

COMUNE DI VALSAMOGGIA
PROVINCIA DI BOLOGNA

PROGETTO OPERE DI
URBANIZZAZIONE PRIMARIA
COMPARTO C1-21
VIA CALAMANDREI
LOC. CREPELLANO

COMMITTENTE

COMUNE DI VALSAMOGGIA

P.IVA 03334231200

Piazza Garibaldi n.1

40053 Bazzano (Bologna)

PROGETTO
DEFINITIVO – ESECUTIVO

SPAZIO RISERVATO ALL'UFFICIO TECNICO

Progettazione

Ing. Lorenzo Donati

Geom. Giuseppe

Lucchini

VIA EMILIA PONENTE 221/a - 40133 BOLOGNA
TEL +39 051 383862 - FAX +39 051 0311588
info@zeroassociati.it - www.zeroassociati.it
C.F. e P.IVA 03271411203

Rilievo planialtimetrico

Geom. Sergio Zaffagnini – studio ONIS

Coordinamento in fase di Progettazione

Geom. Gino Raffaelli – Studio ONIS

Relazione Geologica-Sismica-Geotecnica

Dott. Geol. Matteo Lesi



SCALA

XXXX

DATA

02.02.2022

LAVORO

263

Q

TITOLO ELABORATO

OPERE STRADALI:

XXXXXXXXXXXX

FILE	N.	FASE DI LAVORO	DATA
263-Progetto.dwg	1	PRESENTAZIONE PROGETTO DEFINITIVO – ESECUTIVO	2 FEBBRAIO 2022
	2		
	3		
	4		
	5		



COMUNE DI VALSAMOGGIA

ALLEGATO Q
RELAZIONE GEOLOGICA
RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA
– Il livello di approfondimento –
RELAZIONE GEOTECNICA
ai sensi del D.M. 17-01-18



Committente: Studio Zero Associati, via Emilia 221/a - Bologna

Progettazione: Studio Zero Associati, via Emilia 221/a - Bologna

Località: Comune di Valsamoggia (BO), Loc. Crespellano

Progetto: Opere di Urbanizzazione primaria comparto C1-21 Via Calamandrei, Valsamoggia (BO), Loc. Crespellano

Sasso Marconi (BO), febbraio 2022



ID DOC: 023-22RT09rev00/GLSI

DATA: 09/02/2022

INDICE GENERALE

● PREMESSA.....	4
● RELAZIONE GEOLOGICA.....	5
● RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA mediante approccio semplificato (II livello di approfondimento).....	137
● RELAZIONE GEOTECNICA.....	181
● CONCLUSIONI.....	204

PREMESSA

Nel mese di dicembre 2021 lo Studio di Ingegneria Zero Associati di Bologna ha incaricato lo scrivente di redigere gli elaborati di seguito riportati per il progetto di realizzazione di una strada comunale della lunghezza di circa 150m, nel Comune di Valsamoggia (BO), Loc. Crespellano, nell'ambito del progetto delle opere di urbanizzazione primaria del comparto C1-21.

Data la tipologia di opera e visto che lo scrivente a luglio 2020 ha già eseguito in sito delle indagini geologiche e geofisiche oltre che prove di laboratorio geotecnico, non sono state eseguite ulteriori indagini e si è fatto riferimento all'elaborazione di tali dati.

Lo scopo del presente lavoro è quello di ricostruire le litologie e le caratteristiche fisico-meccaniche del primo sottosuolo dell'area per una corretta realizzazione delle strutture da realizzare.

Gli elaborati di seguito riportati, redatti allo scopo di ottemperare a quanto richiesto dalle Normativa vigente in materia, si pongono i seguenti obiettivi generali che verranno discussi successivamente nel dettaglio:

- Relazione Geologica: indagare e ricostruire le caratteristiche stratigrafiche e meccaniche delle litologie costituenti il primo sottosuolo;
- Relazione sulla Modellazione sismica: ricavare i parametri ed i coefficienti sismici di riferimento secondo un'analisi sismica numerica mediante approccio semplificato (II livello di approfondimento);
- Relazione Geotecnica verificare che rispetto alle resistenze del terreno R_d , quanto previsto in progetto agisca sul terreno di fondazione con carichi E_d tali da essere soddisfatta la disequazione $E_d < R_d$.

RELAZIONE GEOLOGICA

(ai sensi del D.M.17-01-18)

Sasso Marconi (BO), gennaio 2022



INDICE

1. PREMESSA	7
2. NORMATIVA, DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO E <i>SOFTWARE</i> UTILIZZATI.....	8
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, IDROGRAFICO E GEOLOGICO DELL'AREA.....	10
4. ANALISI DEI PIANI NORMATIVI SOVRAORDINATI.....	14
5. INDAGINI PREGRESSE ESEGUITE AL CONTORNO DEL SITO.....	16
6. INDAGINI ESEGUITE IN SITO	21
6.1 PREMESSA	21
6.2 SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO	22
6.3 PROVE PENETROMETRICHE CON PIEZOCONO CPT _u	22
6.4 PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO	23
7. RISULTATI OTTENUTI.....	24
7.1 SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO	24
7.2 PROVE PENETROMETRICHE CON PEIZOCONO (CPT _u).....	24
7.3 PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO	34
8. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO (MGR).....	40
9. CONCLUSIONI.....	42

ALLEGATO

- FOTO INDAGINI ESEGUITE IN SITO;
- SCHEDA STRATIGRAFICA SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO;
- REPORT INDAGINI CPT_u;
- CERTIFICATI PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO;
- CERTIFICATI INDAGINI E PROVE PREGRESSE ESEGUITE IN SITO.

1. PREMESSA

In relazione a quanto riportato nella premessa generale, con il presente elaborato ci si prefigge di:

- verificare le caratteristiche preliminari della zona d'indagine dal punto di vista dei Piani Normativi sovraordinati (P.S.C., P.T.C.P., P.S.A.I. etc. etc.);
- ricostruire uno schema geologico iniziale dell'area mediante l'utilizzo della cartografia disponibile e di eventuali indagini pregresse eseguite in sito e/o al suo contorno;
- inquadrare l'area dal punto di vista geologico mediante apposite indagini in sito;
- individuare i principali parametri fisico meccanici dei terreni del primo sottosuolo mediante l'analisi dei dati ottenuti dalle prove di laboratorio geotecnico eseguite sui campioni prelevati, correlazioni empiriche dalle prove in sito, da dati di letteratura e mediante utilizzo di appositi *software*;
- elaborare un modello geologico di riferimento del primo sottosuolo, riportando in forma media e come intervalli di variazione i valori dei principali parametri fisico meccanici delle unità litologiche discretizzate.

2. NORMATIVA, DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO E *SOFTWARE* UTILIZZATI

Il presente elaborato è stato redatto secondo quanto prescritto dalla normativa nazionale e sulla base di quanto acquisito nei Piani attuativi regionali, provinciali e comunali di seguito riportati:

a) *Normativa nazionale:*

- Decreto Ministeriale 17-01-2018: *"Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni"*,
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: *"Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018. Circolare 21 gennaio 2019, n.7"*,
- D.M. 11 marzo 1988: *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"*.

b) *Normativa regionale-provinciale-comunale:*

- Regione Emilia-Romagna, Autorità di Bacino del Reno, *"Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.S.A.I) Valsamoggia"*, 23 aprile 2008;
- Città Metropolitana di Bologna, *"Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale(P.T.C.P)"* approvato con Delibera del Consiglio Provinciale n.19 del 30/03/04 ed aggiornato alla Variante in materia di riduzione del rischio sismico con Delibera del Consiglio Provinciale del n°57 del 28/10/2013 e successivo aggiornamento aprile 2017;
- Unioni Valli Reno Lavino Samoggia, Comune di Crespellano – *Piano Strutturale Comunale (P.S.C.)*, redatto in forma associata.

E' stata anche consultata e presa in considerazione la seguente cartografia:

- Ministero dell'Ambiente – *Geoportale nazionale*;
- Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico e Sismico dei Suoli, *"Cartografia geologica on-line interattiva"*.

Infine, si è fatto inoltre riferimento ai seguenti testi per l'analisi e l'elaborazione dei dati delle prove in sito:

- Tanzini M., 2014 – *La Relazione Geologica e geotecnica. Caratterizzazione dei terreni e delle rocce per la realizzazione di opere civili ed infrastrutture*, 634pp., Dario Flaccovio Editore,
- Bruschi A., 2012 – *P.G.S. Interpretazione di prove geotecniche in sito*, 315 pp., Dario Flaccovio Editore;
- Bruschi A. e Crippa F.A., 2012 – *Prove geotecniche di laboratorio. Pratica per la soluzione delle problematiche interpretative e di previsione geotecnica*. 125 pp., Dario Flaccovio Editore;

- Riga G., 2011 – *Metodi per stimare le proprietà geotecniche dei terreni*, 208pp., EPC Editore;
- Paternò L.M., 2011 – *La relazione geologica per esempi*, 176 pp., EPC Editore;
- Bruschi A., 2010 – *Prove geotecniche in situ. Guida alla stima delle proprietà geotecniche e loro applicazione*, 665pp., Dario Flaccovio Editore.

e-mail: matteo.lesi@gmail.com PEC: matteo.lesi@pec.it

- Tavola 220NO “Castelfranco Emilia”, scala 1:25.000;
- Sezione 220060 “Bazzano”, scala 1:10.000;
- CTR 220061 alla scala 1:5.000 (Figura 3);
- Foglio catastale 36 mappale 406 (parte), alla scala 1:2.000 (Figura 4).

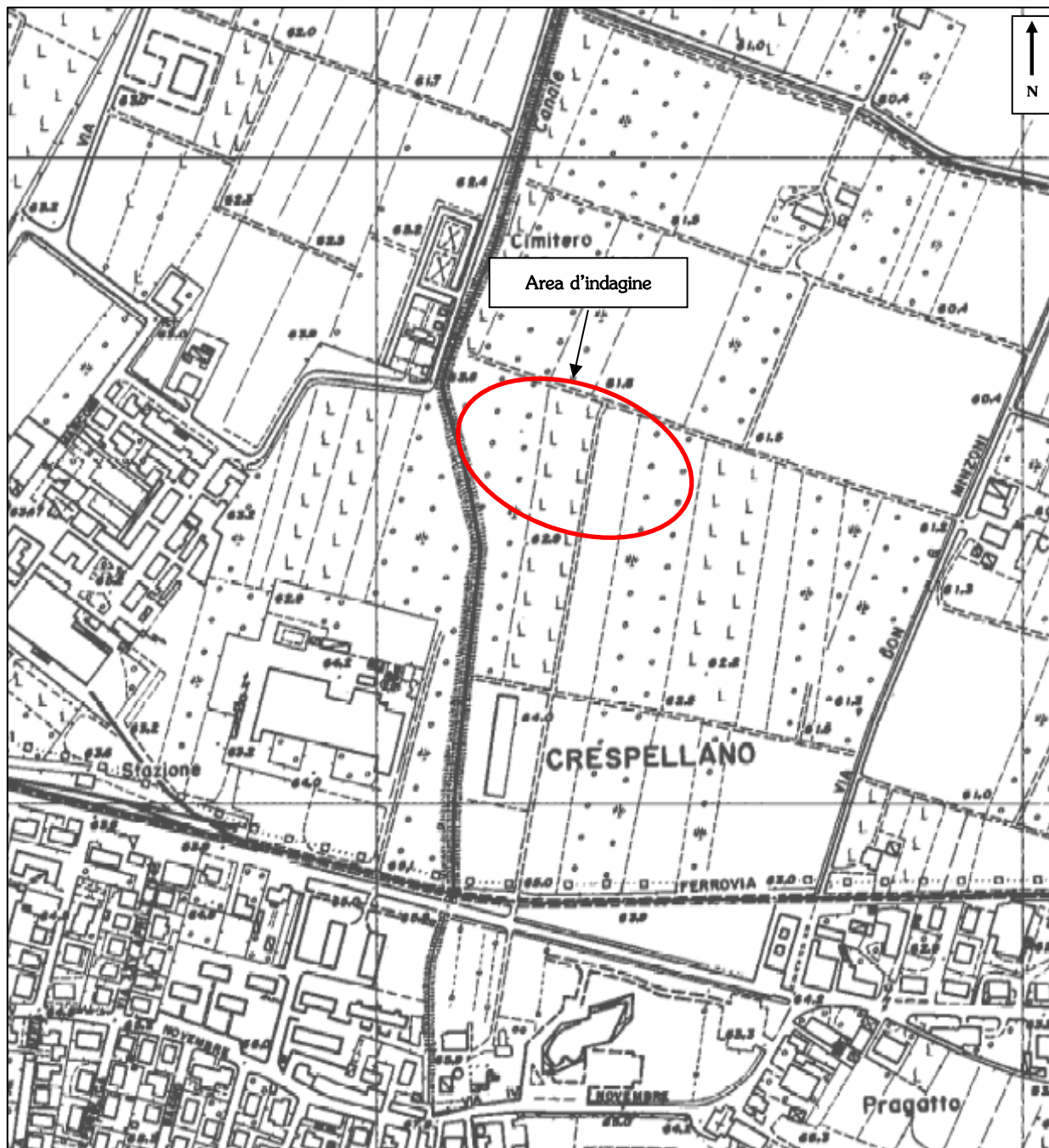


Figura 3 – Stralcio della Sezione CTR-Foglio n.221052, scala 1:5.000, riportante l'inquadramento dell'area d'indagine. (Fonte: Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico e Sismico dei Suoli. Cartografia geologica on-line interattiva, mod.).

Dal punto di vista geomorfologico, l'area d'indagine è ubicata nell'alta pianura padana a circa 500m a nord rispetto ai primi rilievi collinari che si sviluppano lungo la porzione meridionale dell'abitato della località Crespellano.

Per quanto concerne l'idrografia, tutto il suddetto abitato, così come l'area d'indagine, sono ubicati in sinistra del Torrente Samoggia che scorre a circa 4km ad ovest.

La zona in oggetto è bordata ad ovest dal Canale S. Almaso, che corre lungo la via Rio di Crespellano, ed ha direzione all'incirca sud-nord e da fossi agricoli minori che bordano i campi ed hanno andamento perpendicolare tra loro.

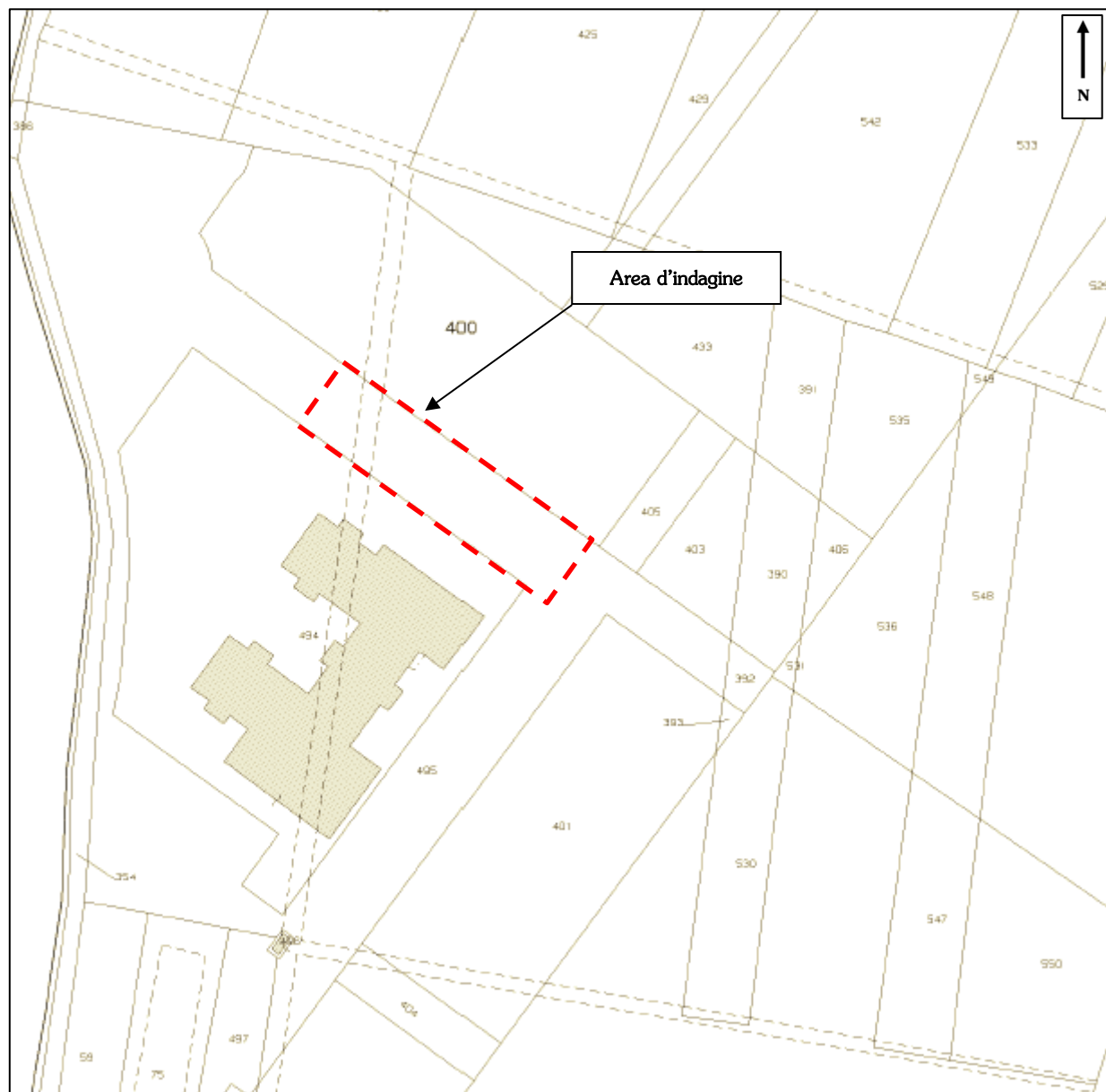


Figura 4 – Stralcio della planimetria catastale Foglio 175, mappale 31, scala 1:2.000, riportante l'inquadratura dell'area d'indagine. (Fonte: Documentazione fornita allo scrivente dal Geom. Nichele, mod.).

Per quanto concerne la geologia locale, come emerge dallo stralcio della carta geologica di Figura 5, l'area d'indagine è caratterizzata dalla presenza di litologie appartenenti alla coperture quaternarie del Subsistema di Ravenna (AES8) costituito limi sabbiosi di piana alluvionale, le cui caratteristiche generali sono di seguito riportate.

SUBSISTEMA DI RAVENNA (AES8 - Età: Pleistocene sup.-Olocene.)

Ghiaie da molto grossolane a fini con matrice sabbiosa, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi, limi e limi sabbiosi, rispettivamente depositi di conoide ghiaiosa, intravallivi terrazzati e di interconoide. Argille, limi ed alternanze limoso-sabbiosi di tracimazione fluviale (piana inondabile, argine, e tracimazioni indifferenziate). Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie

deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico. A tetto suoli, variabili da non calcarei a calcarei, a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente meno di 150 cm, e a luoghi parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0,5 ad 1,5 m, contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a, nel sottosuolo della pianura: depositi argillosi e limosi grigi e grigio scuri, arricchiti in sostanza organica, di piana inondabile non drenata, palude e laguna passanti, verso l'alto, a limi-sabbiosi, limi ed argille bruni e giallastri di piana alluvionale. Il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sugli altri subsintemi e sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità circa 28 metri.



Figura 5 – Stralcio Carta geologica dell'area d'indagine, scala originale 1:5.000 (Fonte: Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico e Sismico dei Suoli. Cartografia geologica on-line interattiva, mod.).

4. ANALISI DEI PIANI NORMATIVI SOVRAORDINATI

Al fine di acquisire ulteriori informazioni sull'area d'indagine e verificare la presenza di eventuali criticità, è stata analizzata la cartografia relativa ai Piani Normativi Sovraordinati riportati nel punto b) del Capitolo 2; di seguito si riassume quanto è emerso per quanto concerne la parte idrografica, idrogeologica e geologica. Per l'analisi della sismica si veda la Relazione sulla modellazione sismica riportata di seguito al presente elaborato.

Nel Piano Stralcio Torrente Samoggia, dalle Tavole del Titolo II – Rischio idraulico ed assetto della rete idrografica, risulta quanto segue:

- *Tavola A: "Localizzazione delle situazioni a rischio elevato e molto elevato", scala 1:50.000, aprile 2008.*
Tutta la zona dell'abitato di Crespellano, compresa l'area d'indagine, non ricade nelle fasce di rischio idraulico che si sviluppano lungo i corsi dei Torrenti Lavino e Samoggia;
- *Tavola 1.2: "Classificazione del reticolo idrografico ed ambiti territoriali normati", scala 1:30.000, aprile 2008.*
Tutta la zona dell'abitato di Crespellano, compresa l'area d'indagine, ricade nelle "Aree soggette al controllo degli apporti d'acqua nel territorio di pianura";
- *Tavola 2.25: "Zonizzazione dei corsi d'acqua collinari tra i Torrenti Samoggia e Lavino", scala 1:5.000, aprile 2008.* Solo nelle valie secondarie alle pendici dei rilievi collinari il Canale S. Almaso presenta delle aree di pertinenza fluviale lungo i suoi fianchi a sud dell'abitato di Crespellano, prima della località Fornace. Il resto del tracciato di suddetto corso d'acqua, compreso il tratto che corre lungo la fascia di confine occidentale dell'area in oggetto, non presenta ulteriori limitazioni o rischi fluviale.

Per quanto concerne il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.), aggiornamento 2017, è emerso quanto segue:

- *Tavola 2a, Foglio III – Rischio da frana, assetto dei versanti e gestione delle acque meteoriche, scala 1:25.000:*
l'area in oggetto ricade, come tutta la fascia pianeggiante, nell'ambito di controllo degli apporti d'acqua in pianura;
- *Tavola 2b nord – Tutela delle acque superficiali e sotterranee, scala 1:50.000.* L'area in oggetto è ubicata all'interno delle "Zone di protezione delle acque sotterranee nel territorio pedecollinare e di pianura" ed appartiene alle Aree di ricarica di tipo B.

Nell'ambito del Piano Strutturale Comunale (P.S.C.) del Comune di Crespellano – Unione Reno Lavino Samoggia, la cartografia del Quadro Conoscitivo, ha restituito le seguenti informazioni:

- *Tavola AB.B2.01a – Carta geomorfologica e geolitologica, scala 1:25.000:* il primo sottosuolo è caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali di conoide e terrazzo, costituiti da sabbie, limi sabbiosi e limi, ghiaie sabbiose e sabbie in corpi canalizzati;
- *Tavola AB.B2.03a – Carta idrogeologica, scala 1:25.000:* l'area in oggetto è attraversata poco a sud dalla isopiezometrica corrispondente a 55m s.l.m. Tenuto conto che la superficie topografica locale ha una quota assoluta pari a circa 63m s.l.m., si può presumere una soggiacenza della falda pari a 8-9m da p.c. La medesima carta mostra come la direzione di flusso locale sia all'incirca SSE-NNW e che tutta la zona sia quella di ricarica del freatico (Figura 6);
- *Tavola CR.B2.02 – Criticità geologiche, scala 1:10.000:* la zona d'indagine, così come tutto l'abitato di Crespellano non ricade in alcuna criticità.

Alla luce di quanto sopra esposto non sono state rilevate criticità idrauliche o pericolosità di tipo geologico in relazione alla lottizzazione residenziale prevista da progetto.

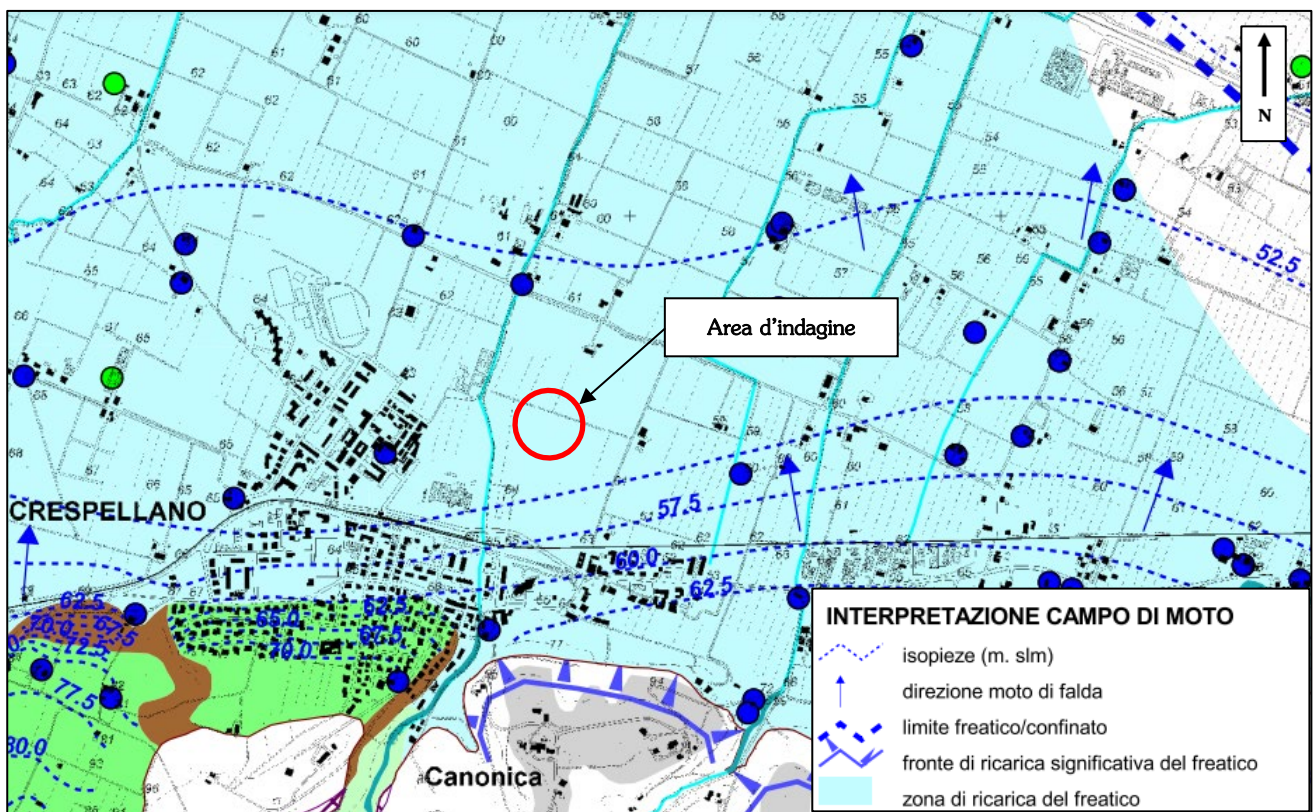


Figura 6 – Stralcio Carta Idrogeologica dell'area d'indagine, scala originale 1:25.000, non in scala (Fonte: Unione Reno-Lavino-Samoggia, P.S.C. in forma associata, Quadro Conoscitivo, Comune di Crespellano – Tavola AB.B2.03A, mod.).

5. INDAGINI PREGRESSE ESEGUITE AL CONTORNO DEL SITO

Con l'intenzione di acquisire informazioni preliminari relative al sottosuolo dell'area in oggetto, è stato consultato il *Database on-line* del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

Come risulta dalla Figura 6 al contorno del sito sono state effettuate le seguenti indagini:

- n.2 sondaggi a carotaggio continuo;
- n.4 prove penetrometriche CPT con punta meccanica.

Le ubicazioni di suddette indagini rispetto all'area oggetto del presente lavoro sono riportate in Figura 7, in Tabella 7.1 si riassumono sinteticamente le informazioni tecniche delle indagini al contorno del sito considerate, mentre in Allegato al presente documento sono consultabili i relativi certificati.

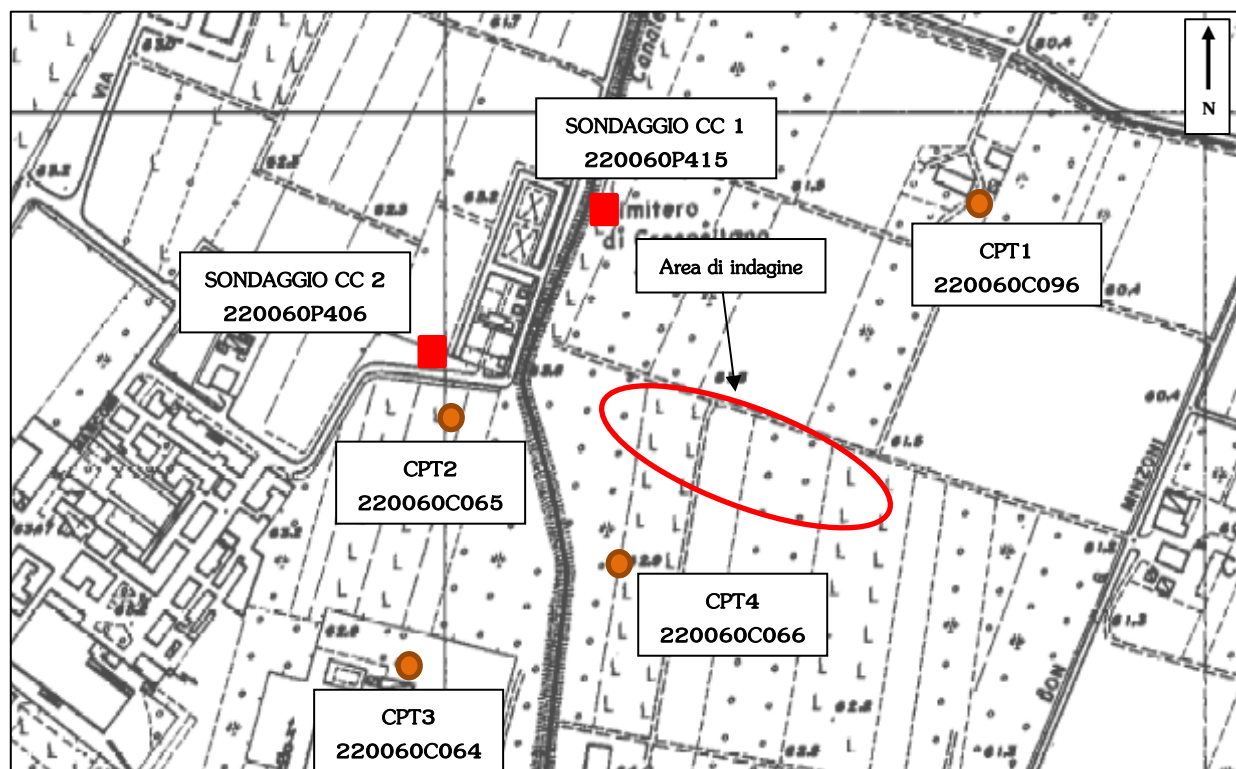


Figura 7 – Ubicazione indagini al contorno, non in scala, con identificativi delle prove descritte nel presente elaborato (Fonte: Regione Emilia-Romagna. Servizio Geologico Sismico e dei Suoli, Database on-line, mod.).

Tabella 5.1 – Specifiche tecniche delle indagini pregresse al contorno del sito.

N	ID SGSS RER	TIPO DI INDAGINE	DATA DI ESECUZIONE	QUOTA (m s.l.m.)	PROF. RAGGIUNTA (m da p.c.)	SOGGIACENZA FALDA (m da p.c.)	DISTANZA DALL'AREA D'INDAGNE
1	220060C096	CPT1	01/01/2013	60.7	6.80	N.R.	220m NNE
2	220060C065	CPT2	08/03/2006	63.6	12.00	7.5	270m W
3	220060C064	CPT3	08/03/2006	63.5	11.00	2.00	290m SW
4	220060C066	CPT4	01/01/2008	62.8	10.00	N.R.	150m SW
5	220060P415	SOND. C.C. 1	18/01/2012	62.50	30.00	12.00	220m NW
6	220060P406	SOND. C.C. 2	05/03/1986	63.8	9.00	N.R.	300m WNW

La ricostruzione stratigrafica secondo il metodo di *Schmertmann (1978)* della prova CPT1 (ID RER 220060C096) eseguita più a nord dell'area d'indagine, ha restituito la presenza di argille sabbiose e limose fino a circa **4.80m** da p.c., profondità oltre la quale sono state rinvenute sabbie addensate con resistenza alla punta maggiore di **100MPa** fino a **6.80m** da p.c.

Per quanto concerne la prova CPT2, (ID RER 220060C065) effettuata ad ovest nei pressi del cimitero di Crespellano, fino a **10.40m** da p.c. è stata riscontrata la netta prevalenza di limo argilloso con due livelli di sabbia limosa decimetrici compresi tra **4.80-5.20m** da p.c. e tra **9.20-9.80m** da p.c.; a partire da **10.40m** da p.c. e fino alla massima profondità indagata di **12.00m** da p.c. sono state rinvenute ghiaie sabbiose con resistenza alla punta qc compresa mediamente tra **80-100kg/cmq** e con alcuni valori superiori a tale intervallo.

Come riportato in Tabella 5.1, la misura della soggiacenza della falda ha restituito un valore di **7.50m** da p.c.

La prova CPT3, (ID RER 220060C064) effettuata ad a sudovest nei pressi di un vecchio stabilimento industriale, anche in questo caso ha restituito fino a **10m** da p.c. la netta prevalenza di limo argilloso con un livello di sabbia limosa di spessore decimetrico compreso tra **2.20-2.60m** da p.c.; a partire da **10.00m** da p.c. e fino alla massima profondità indagata di **11.00m** da p.c. sono state rinvenute ghiaie sabbiose con resistenza alla punta qc superiore a **100kg/cmq**; come riportato in Tabella 5.1, la misura della soggiacenza della falda ha restituito un valore di **2.00m** da p.c.

Anche per quanto concerne la prova CPT4 (ID RER 220060C066), eseguita più a sud per un comparto residenziale, la ricostruzione stratigrafica ha restituito la presenza di argille limose fino a circa **10m** da p.c., profondità oltre la quale sono state rinvenute sabbie senza rilevare le ghiaie precedentemente incontrate nelle altre prove CPT; si segnala nell'intervallo compreso tra **5.20-7.20m** da p.c. la presenza di un livello più limoso e sabbioso che diventa prettamente sabbioso **6.20-6.80m** da p.c.; non si hanno informazioni sulla soggiacenza della falda.

Per il sondaggio a carotaggio continuo 1 (ID RER 220060P415), eseguito nei pressi del confine ovest dell'area d'indagine lungo la via Rio di Crespellano che borda il confine orientale del cimitero e spinto fino a **30m** da p.c., la scheda stratigrafica riporta la seguente successione litologica:

- **0.00-2.60m** da p.c.: limo sabbioso;
- **2.60-5.60m** da p.c.: sabbia limosa;
- **5.60-9.60m** da p.c.: ghiaia media e grossa in matrice sabbiosa;
- **9.60-11.50m** da p.c.: limo argilloso;
- **11.50-13.50m** da p.c.: ghiaia media e grossa in matrice sabbiosa;
- **13.50-14.70m** da p.c.: limo argilloso;
- **14.70-18.30m** da p.c.: ghiaia media e grossa in matrice sabbiosa;
- **18.30-28.30m** da p.c.: limo argilloso;

- 28.30-30.00m da p.c.: ghiaia media e grossa in matrice limoso sabbiosa.

Il piezometro a tubo aperto del tipo Norton installato all'interno del sondaggio, avente profondità pari a 16m da p.c. e fessurato nell'intervallo 3-16m da p.c., ha restituito una misura del livello di falda eseguita nel gennaio 2012 pari a 12.00m da p.c.

Nei due livelli ghiaiosi di maggiore spessore sono state effettuate n.2 prove SPT che hanno fornito i seguenti risultati:

- Livello da 5.60-9.60m da p.c.:
 - intervallo di esecuzione tra 8.00-8.45;
 - N1=17; N2=21; N3=21;
- Livello da 14.70-18.30m da p.c.:
 - intervallo di esecuzione tra 15.00-15.45;
 - N1=9; N2=11; N3=12.

In base ai dati sopra riportati si ottengono i seguenti valori di N_{spt} che rispettivamente permettono di individuare il grado di addensamento e l'angolo di attrito dei due livelli ghiaiosi, e cioè:

- Livello compreso tra 5.60-9.60m da p.c.: $N_{spt}=42$, $D_R=77\%$; grado di addensamento: addensato; $\phi'=44^\circ$;
- Livello compreso tra 14.70-18.30m da p.c.: $N_{spt}=23$, $D_R=54\%$; grado di addensamento: mediamente addensato; $\phi'=42^\circ$;

Il valore N_{spt} è stato ovviamente ricavato trascurando la prima misura N1 e sommando le altre due $N2+N3$; per desumere il grado di addensamento in base al valore calcolato di N_{spt} è stata considerata la trattazione di *Gibbs & Holtz (1951)*.

Il valore della densità relativa D_R è stato calcolato mediante la seguente formula valida per tutti i terreni granulari (*Yoshida e Kokusho, 1988*):

$$D_R = 0.25 \cdot N_{SPT}^{0.46} \cdot \left(100 \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{p_a}\right)^{-0.12}$$

Dove:

- p_a =pressione atmosferica pari a 100kPa;
- σ'_{v0} = pressione litostatica agente in prossimità della profondità di prova (per quanto riguarda il peso di volume è stato considerato un valore medio pari a 18kN/mc).

Per quanto riguarda invece il calcolo per la stima dell'angolo di attrito efficace delle ghiaie si è fatto riferimento alla correlazione di *Schmertmann (1977)* per ghiaia media e fine e sabbia e ghiaia poco limosa che risulta essere:

$$\phi' = 38^\circ + 0.08 \cdot D_R.$$

Il sondaggio a carotaggio continuo 2 (ID RER 220060P406), eseguito nei pressi dello spigolo sudovest del cimitero di Crespellano e spinto fino a 9m da p.c., riporta la seguente successione litologica:

- 0.00–1.00m da p.c.: limo argilloso debolmente sabbioso;
- 1.00–2.50m da p.c.: limo abbondantemente sabbioso;
- 2.50–6.00m da p.c.: limo leggermente sabbioso;
- 6.00–7.50m da p.c.: limo sabbioso;
- 7.50–9.00m da p.c.: limo argilloso-sabbioso.

Per quanto concerne eventuali livelli di falda, nella scheda stratigrafica riportata in Allegato non sono stati rilevati dati di misura al riguardo.

All'interno del sondaggio è stato prelevato un campione nell'intervallo di profondità compreso tra 2.40–2.90m da p.c., all'interno del livello limoso-sabbioso, sul quale sono state effettuate delle prove di laboratorio geotecnico che in sintesi hanno restituito i seguenti risultati:

- CARATTERISTICHE FISICHE NATURALI:
 - Densità naturale: $\gamma_n = 18.5 \text{ kN/mc}$;
 - Densità secca: $\gamma_d = 15.5 \text{ kN/mc}$;
 - Umidità naturale: $w = 19.1 \%$;
- PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD IN SCATOLA DI CASAGRANDE:
 - Coesione efficace: $c' = 0.4 \text{ kg/cmq}$;
 - Angolo di attrito efficace: $(\phi)' = 22^\circ$;
- PROVA EDOMETRICA:
 - Coefficiente $c_v = 1.38 \times 10^{-3} \text{ cmq/sec}$;
 - Coefficiente $m_v = 1.6 \times 10^{-2} \text{ cmq/kg}$;
 - Permeabilità $k = 2.2 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$.

Le indagini preliminari sopra riportate forniscono un quadro preliminare del primo sottosuolo dell'area secondo il seguente modello:

- 0.00–10/12m da p.c.: limoso argilloso e/o argilla limosa con sparsi spessori decimetrici limoso-sabbiosi o prettamente sabbiosi a varie profondità e soprattutto attorno ai 2/4–6/8m da p.c., con il sondaggio 1 che ha evidenziato la presenza di un livello prettamente ghiaioso dello spessore di circa 4m tra 5.60–9.60m da p.c.
- 10/12–18m da p.c.: ghiaia da fine a grossolana in matrice sabbiosa con possibili livelli argillosi al suo interno;

- 18-28m da p.c.: limo argilloso;
- >28m da p.c.: ghiaia da fine a grossolana in matrice sabbiosa.

In prima battuta si può pertanto asserire che nella porzione superficiale le litologie prevalenti siano quelle fini argillose e limose a comportamento meccanico prevalente coesivo a cui seguono a partire da 10-12m da p.c. quelle grossolane a comportamento meccanico incoerente come le ghiaie in matrice sabbiosa.

Per quanto concerne la soggiacenza della falda i valori risultano essere variabili e discordanti tra loro; in particolare pare esserci in alcune zone una falda superficiale attorno ai 2m da p.c. ed una più profonda, attorno a 12m da p.c. come indicato nel sondaggio a carotaggio continuo 1 (ID RER 220060P415).

Le indagini geologiche eseguite e discusse nei Capitoli a seguire, avranno lo scopo di verificare se suddette ipotesi iniziali di successione litostratigrafica e soggiacenza di falda relative alle zone al contorno valgano o meno anche per l'area oggetto del presente lavoro.

6. INDAGINI ESEGUITE IN SITO

6.1 PREMESSA

Vengono di seguito considerate e discusse le indagini eseguite dallo scrivente nel luglio ed agosto 2020 per la caratterizzazione del sottosuolo della lottizzazione residenziale adiacente alla strada in progetto:

- n.6 prove CPTu penetrometriche con piezocono eseguite dalla Ditta Geotea S.r.l. di San Lazzaro di Savena (BO);
- n.6 misure con freatimetro nel foro di prova al termine della prova;
- n.4 prelievi di campioni indisturbati da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico;
- n.1 sondaggio a carotaggio continuo attrezzato con piezometro eseguito dall'impresa esecutrice Soilter di Anzola dell'Emilia (BO);
- n.2 prove SPT eseguite dalla medesima ditta;
- n.1 indagine geofisica attiva tramite stendimento MASW-REMI eseguita dalla Ditta Geotea S.r.l. di San Lazzaro di Savena (BO);
- n.1 indagine geofisica di tipo passivo tramite misura HVSr eseguita dalla medesima Ditta.

Le ubicazioni di suddette prove all'interno dell'area in oggetto sono riportate in Figura 8; le foto di esecuzione delle CPTu, del prelievo dei campioni, i certificati delle indagini in sito e quelli di laboratorio sono invece riportate in Allegato.

Nella presente Relazione si discuteranno le indagini geologiche, le prove di laboratorio geotecnico ed i loro esiti; per quanto concerne quelle geofisiche si rimanda alla Relazione sulla Modellazione sismica riportata successivamente.

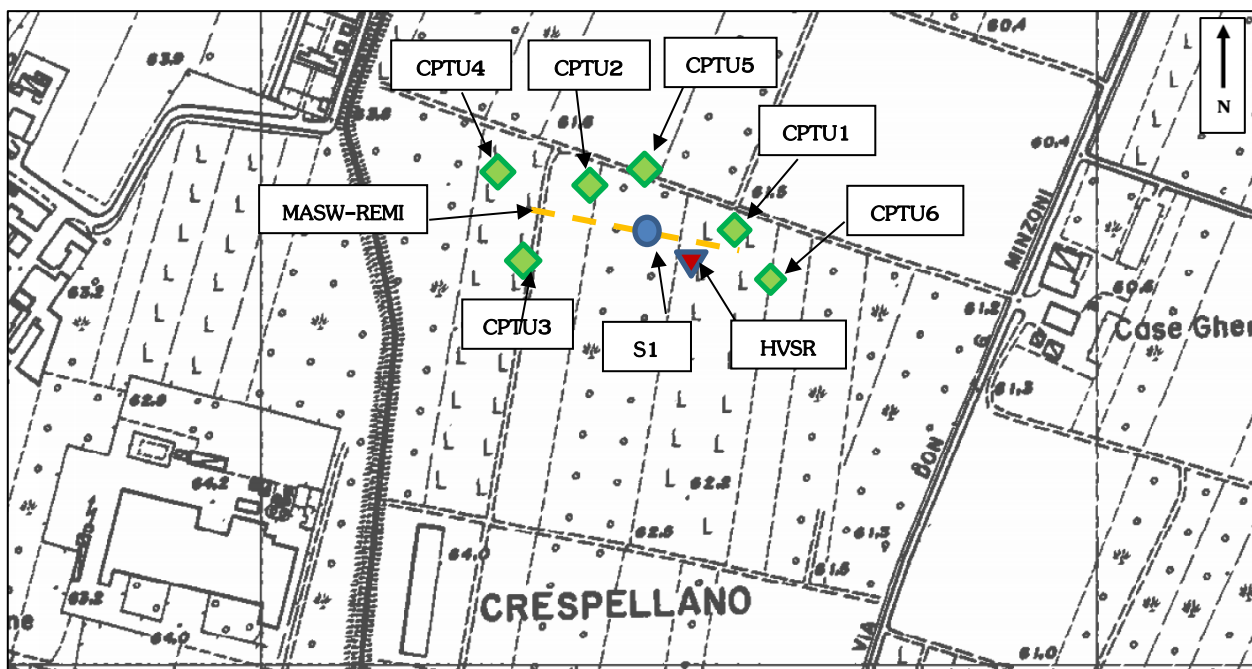


Figura 8 – Ubicazione delle indagini eseguite nell'area di progetto, scala 1:5000 (Fonte: Regione Emilia-Romagna. Servizio Geologico Sismico e dei Suoli, Database on-line, mod.).

6.2 SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO

E' stato effettuato un sondaggio a carotaggio continuo profondo 20m da p.c. con un carotiere ambientale avente diametro di 101mm e rivestimenti 127mm.

Le carote estratte sono state messe in cassette catalogatrici di 5m ciascuna e su ognuna di esse è stata effettuata la foto e la stratigrafia; nel foro di sondaggio è stato prelevato un campione indisturbato, denominato S1-C1, ad una profondità compresa tra 11.50÷12.00m da p.c.

Nei due livelli ghiaiosi di maggiore spessore sono state effettuate n.2 prove SPT che hanno fornito i seguenti risultati:

- prova n1 eseguita a partire da 9.20m da p.c.:
 - intervallo di esecuzione tra 9.20-9.65m da p.c.;
 - N1=5; N2=10; N3=10;
- prova n.2 eseguita a partire da 14.00m da p.c.:
 - intervallo di esecuzione tra 14.00-14.45;
 - N1=13; N2=20; N3=21.

Al termine della perforazione nel foro di sondaggio è stato installato un piezometro a tubo aperto del tipo Norton avente diametro 2", cieco da piano campagna fino a 10m di profondità e fessurato da 10m a 20m da p.c.; nella porzione filtrante è stato inserito ghiaino siliceo, mentre in quella cieca, dopo la sigillatura di circa 1m con bentonite è stato inserito cemento.

Una volta eseguito lo spurgo nei giorni successivi è stato misurato il livello di falda misura all'interno del tubo piezometrico mediante sonda freaticometrica.

6.3 PROVE PENETROMETRICHE CON PIEZOCONO CPTu

Le indagini CPTu sono state effettuate con due mezzi aventi le seguenti caratteristiche:

- Sonda Pagani GC63 da 100kN;
- Penetrometro da 20t montato su camion Bremac 4x4.

Le caratteristiche delle due punte utilizzate sono di seguito riassunte:

- Tipologia punta; G1-CPL2IN TecnoPenta;
- Sistema di acquisizione: D1-PEN8 TecnoPenta;
- Diametro punta: 35.7mm;
- Area punta: 10cmq;
- Area manicotto: 150cmq;
- Velocità media di avanzamento: 2cm/s.

Nelle prove CPTu l'infissione delle aste a velocità costante permette l'acquisizione della resistenza di punta q_c , dell'attrito laterale f_s , della pressione dei pori U e dell'inclinazione delle aste ogni 2cm; mediante pc portatile ed apposito software è stato possibile visionare i dati durante l'esecuzione delle prove per avere un'idea preliminare delle litologie attraversate.

Le profondità raggiunte dalle prove eseguite sono di seguito riassunte:

- Prova CPTu1: 15.00m da p.c.;
- Prova CPTu2: 13.30m da p.c.;
- Prova CPTu3: 15.00m da p.c.;
- Prova CPTu4: 14.00m da p.c.;
- Prova CPTu5: 15.00m da p.c.;
- Prova CPTu6: 13.10m da p.c.;

Al termine dell'esecuzione, dopo aver estratto le aste d'infissione e la punta con relativo manicotto, nei fori di prova sono stati inseriti tubi in plastica diametro 1" opportunamente fessurati lungo i bordi per il rilievo della falda mediante sonda freaticometrica.

Durante l'esecuzione delle prove CPTu sono stati prelevati i seguenti campioni indisturbati di terreno da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico:

- CPTu1-C1, prelevato tra 2.00-2.60m da p.c.;
- CPTu3-C3, prelevato tra 1.90-2.50m da p.c.;
- CPTu4-C4, prelevato tra 2.00-2.60m da p.c.

6.4 PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO

Presso il laboratorio geotecnico della Ditta Geotea S.r.l. di San Lazzaro di Savena (BO), autorizzato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti per il Settore terre, su ciascun campione prelevato sono state effettuate le seguenti prove:

- Caratteristiche fisiche naturali: peso dell'unità di volume secco, peso dell'unità di volume umido e contenuto naturale d'acqua;
- Granulometria completa tramite setacciatura e densimetro;
- Limiti di *Atterberg*: Limite Liquido e Limite Plastico;
- Prova edometrica con determinazione del coefficiente c_v ;
- Prova di taglio diretto consolidato e drenato in scatola di Casagrande;
- *Pocket penetrometer* e *Torvane*.

7. RISULTATI OTTENUTI

7.1 SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO

Il sondaggio a carotaggio continuo ha restituito la seguente stratigrafia:

- 0.00÷1.10m da p.c.: limo argilloso, consistente. Nei primi 0.20m presenza di radici e frustoli vegetali. Colore marrone;
- 1.10÷1.60m da p.c.: limo sabbioso, consistente. Colore marrone chiaro;
- 1.60÷2.10m da p.c.: sabbia limosa, addensata. Colore marrone con presenza di striature rossastre.
- 2.10÷4.80m da p.c.: limo argilloso, consistente. Colore marrone.
- 4.80÷7.10m da p.c.: sabbia limosa, addensata. Colore marrone. Presenti lenti di ghiaia media arrotondata in matrice sabbioso-limosa da 5.00-5.20m; da 5.70-6.00m; da 7.00-7.10m.
- 7.10÷8.70m da p.c.: limo sabbioso, addensato. Colore marrone chiaro.
- 8.70÷12.00m da p.c.: limo argilloso, consistente. Colore marrone chiaro.
- 12.00÷15.00m da p.c.: ghiaia centimetrica in matrice sabbioso limosa. Colore marrone chiaro. Livelli sabbioso limosi da 12.70-12.80m e da 13.20-13.30m.
- 15.00÷20.00m da p.c.: ghiaia da fine a grossolana con ciottoli da subangolari ad arrotondati, in matrice sabbiosa fine e grossolana. Colore marrone chiaro. Presenza di un livello limoso argilloso tra 17.80-18.20m.

Le elaborazioni delle prove SPT eseguite restituiscono i seguenti risultati:

- Livello da 9.20-9.65m da p.c.: $N_{spt}=23$, $D_R=57\%$; grado di addensamento: mediamente addensato; $\phi'=42^\circ$;
- Livello da 14.00-14.45m da p.c.: $N_{spt}=43$, $D_R=77\%$; grado di addensamento: addensato; $\phi'=44^\circ$;

Le formule per ricavare i dati sopra riportati sono le medesime del Capitolo 5.

Il rilievo della falda all'interno del piezometro ha restituito un valore di soggiacenza pari a 14.26m da p.c.

7.2 PROVE PENETROMETRICHE CON PEIZOCONO (CPTu)

Per la prova CPTu1 gli andamenti della resistenza alla punta q_c , dell'attrito laterale f_s , del rapporto d'attrito R_f sono riportati in Figura 9, l'andamento della pressione nei pori U e la pressione idrostatica U_0 sono riportati in Figura 10 mentre la ricostruzione stratigrafica delle litologie attraversate con la profondità, in accordo con i metodi di *Robertson e Wride* e di *Jefferies e Been*, è visibile in Figura 11.

Allo stesso modo per la prova CPTu2 gli andamenti della resistenza alla punta q_c , dell'attrito laterale f_s , del rapporto d'attrito R_f sono riportati in Figura 12, l'andamento della pressione nei pori U e la pressione idrostatica U_0 sono riportati in Figura 13 mentre la ricostruzione stratigrafica delle litologie attraversate con la profondità, in accordo con i metodi di *Robertson e Wride* e di *Jefferies e Been*, è visibile in Figura 14.

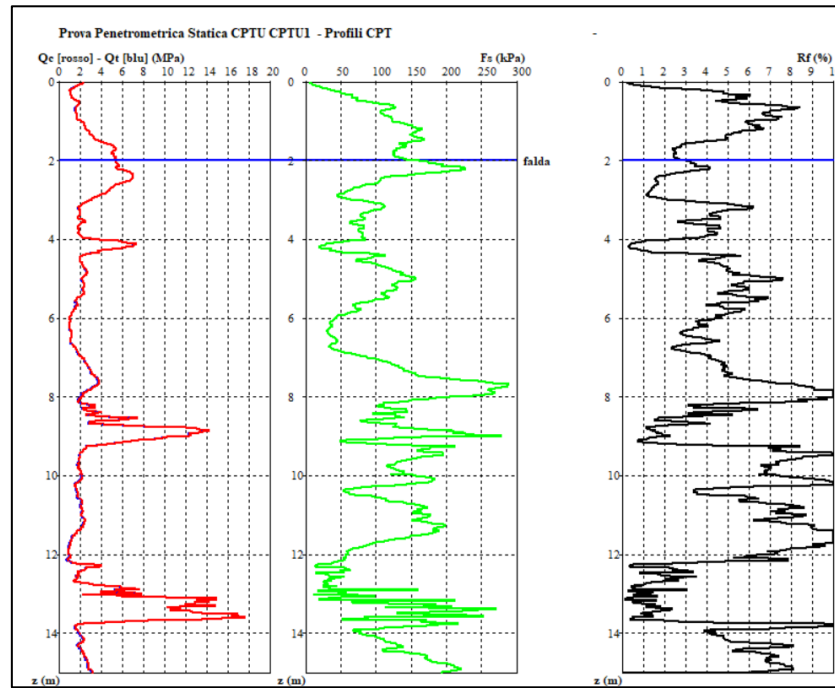


Figura 9– Andamento della resistenza alla punta q_c , di attrito laterale f_s e $R_f(\%)$ secondo il metodo di Schmertmann per la prova CPTu1 (Fonte: Elaborazione mediante il software P.G.S – Prove Geotecniche in sito, del Dott. A. Bruschi, Dario Flaccovio Editore).

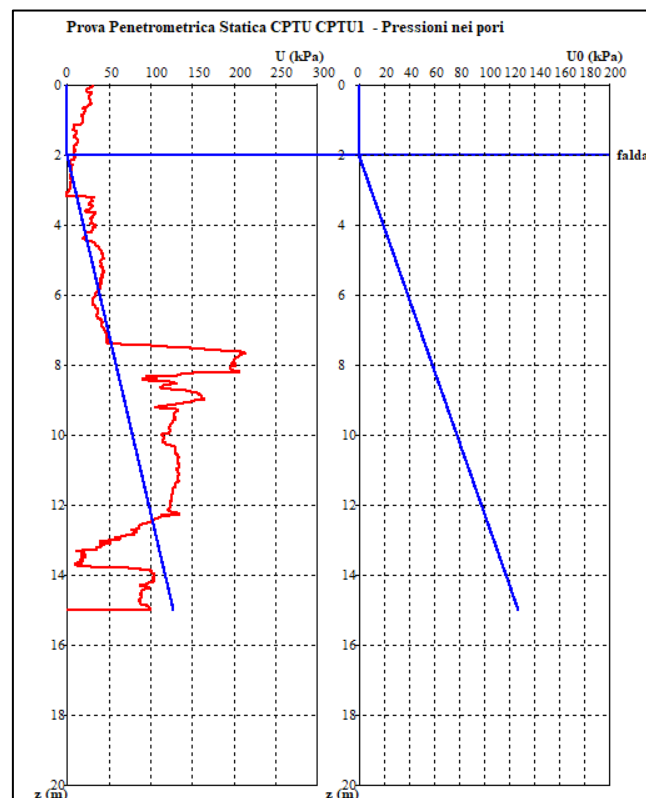


Figura 10 – Andamento della pressione nei pori e la pressione idrostatica per la prova CPTu1 (Fonte: Elaborazione mediante il software P.G.S – Prove Geotecniche in sito, del Dott. A. Bruschi, Dario Flaccovio Editore).

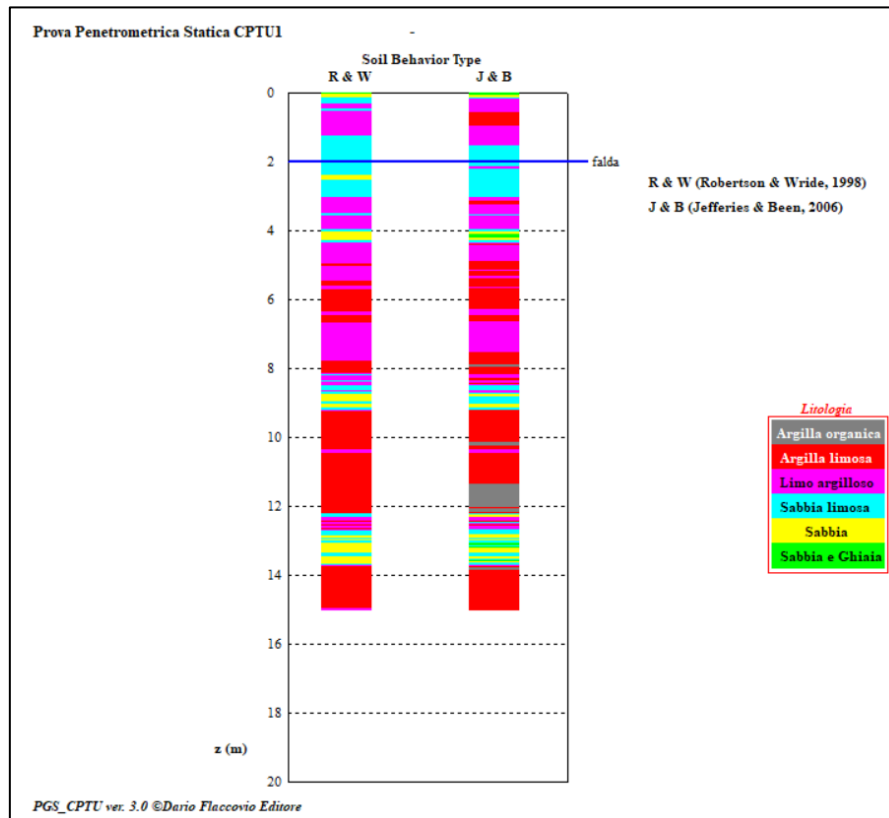


Figura 11 – Ricostruzione della stratigrafia della prova CPTu1 (Fonte: Elaborazione mediante il software P.G.S – Prove Geotecniche in sito, del Dott. A. Bruschi, Dario Flaccovio Editore).

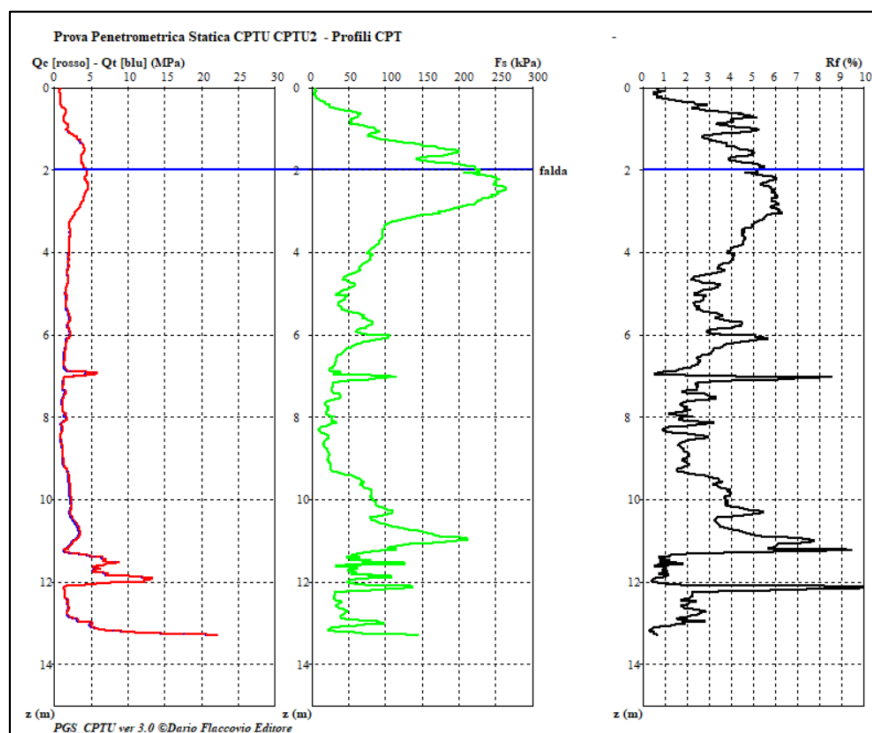


Figura 12 – Andamento della resistenza alla punta q_c , di attrito laterale f_s e $R_f(\%)$ secondo il metodo di Schmertmann per la prova CPTu2 (Fonte: Elaborazione mediante il software P.G.S – Prove Geotecniche in sito, del Dott. A. Bruschi, Dario Flaccovio Editore).

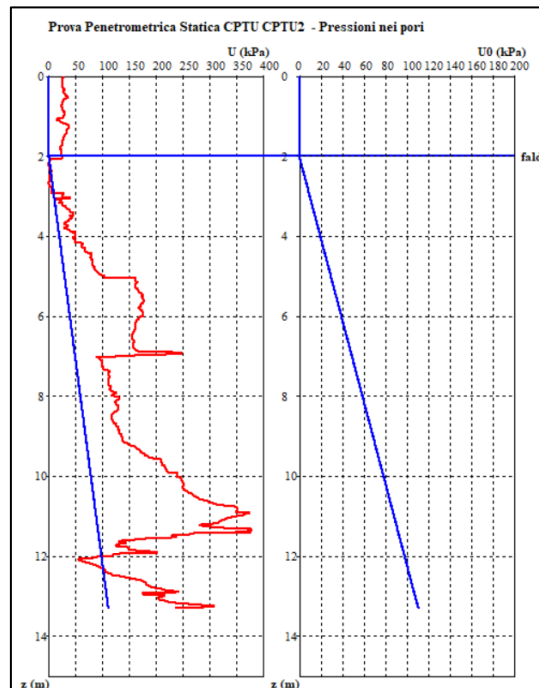


Figura 13 – Andamento della pressione nei pori e la pressione idrostatica per la prova CPTu2 (Fonte: Elaborazione mediante il software P.G.S – Prove Geotecniche in sito, del Dott. A. Bruschi, Dario Flaccovio Editore).

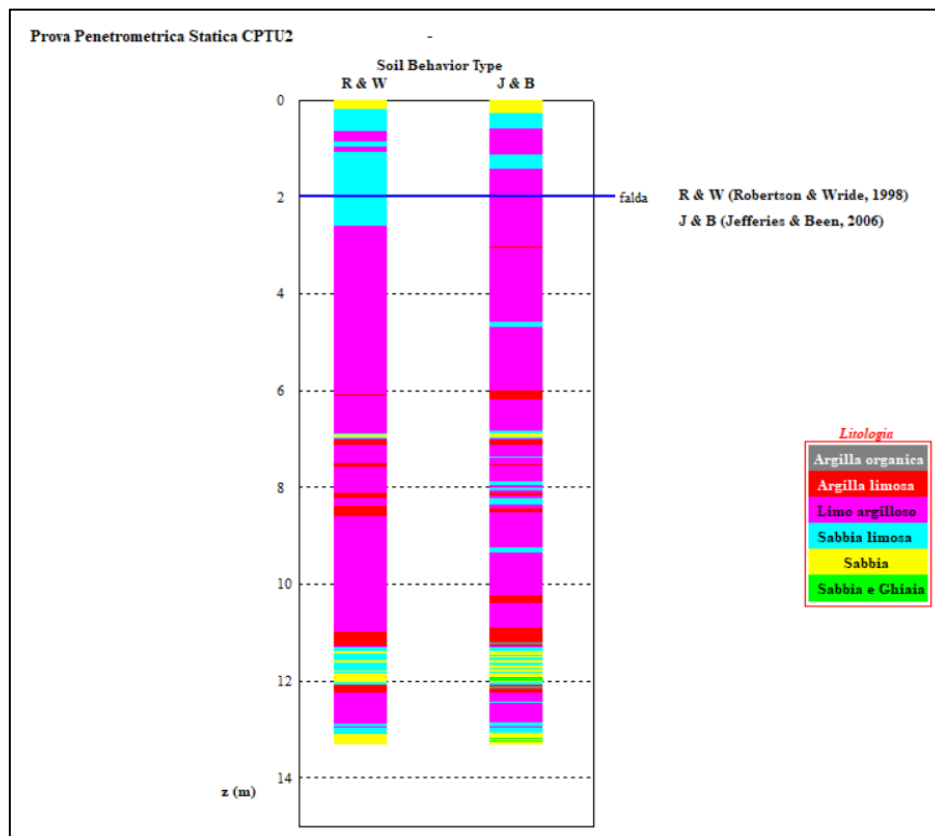


Figura 14 – Ricostruzione della stratigrafia della prova CPTu2 (Fonte: Elaborazione mediante il software P.G.S – Prove Geotecniche in sito, del Dott. A. Bruschi, Dario Flaccovio Editore).

Per la prova CPTu3 gli andamenti della resistenza alla punta q_c , dell'attrito laterale f_s , del rapporto d'attrito R_f sono riportati in Figura 15, l'andamento della pressione nei pori U e la pressione idrostatica U_0 sono riportati in Figura 16 mentre

la ricostruzione stratigrafica delle litologie attraversate con la profondità, in accordo con i metodi di *Robertson e Wride* e di *Jefferies e Been*, è visibile in Figura 17.

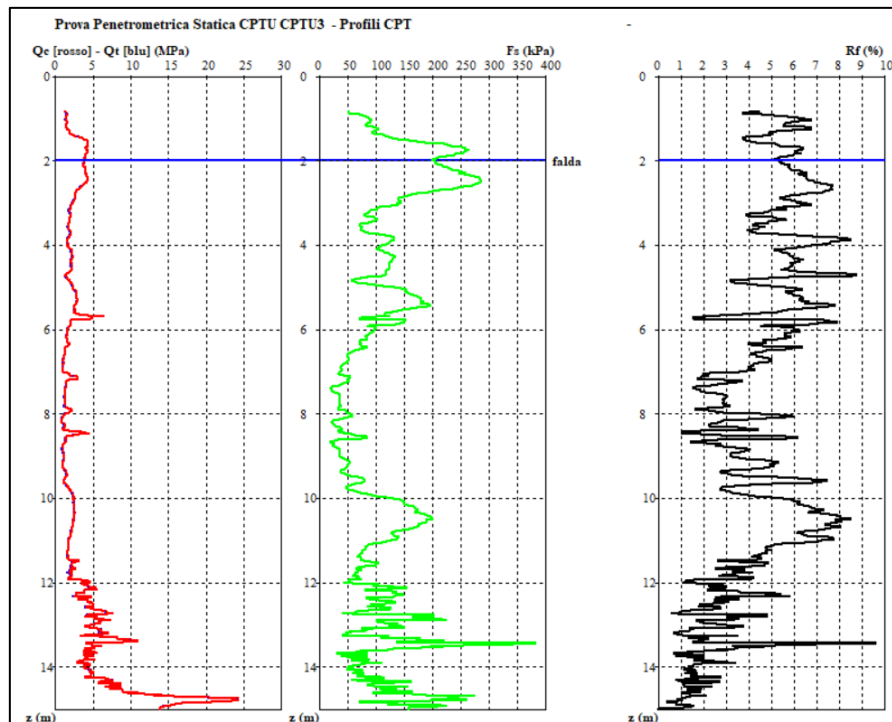


Figura 15 – Andamento della resistenza alla punta q_c , di attrito laterale f_s e $RF(\%)$ secondo il metodo di Schmertmann per la prova CPTu3 (Fonte: Elaborazione mediante il software P.G.S – Prove Geotecniche in sito, del Dott. A. Bruschi, Dario Flaccovio Editore).

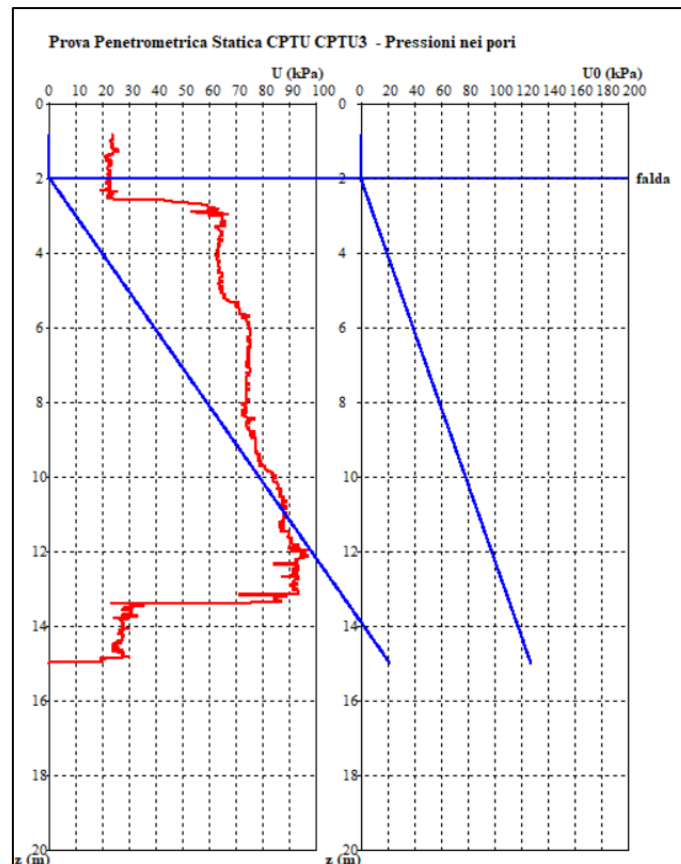


Figura 16 – Andamento della pressione nei pori e la pressione idrostatica per la prova CPTu3 (Fonte: Elaborazione mediante il software P.G.S – Prove Geotecniche in sito, del Dott. A. Bruschi, Dario Flaccovio Editore).

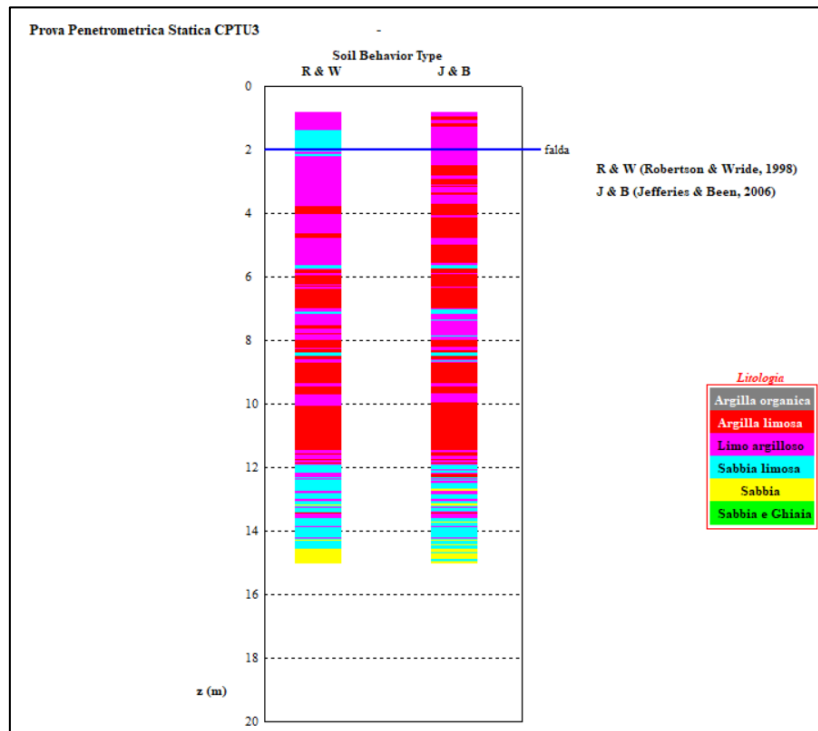


Figura 17 – Ricostruzione della stratigrafia della prova CPTu3 (Fonte: Elaborazione mediante il software P.G.S – Prove Geotecniche in sito, del Dott. A. Bruschi, Dario Flaccovio Editore).

Per la prova CPTu4 gli andamenti della resistenza alla punta q_c , dell'attrito laterale f_s , del rapporto d'attrito R_f sono riportati in Figura 18, l'andamento della pressione nei pori U e la pressione idrostatica U_0 sono riportati in Figura 19 mentre la ricostruzione stratigrafica delle litologie attraversate con la profondità, in accordo con i metodi di *Robertson e Wride* e di *Jefferies e Been*, è visibile in Figura 20.

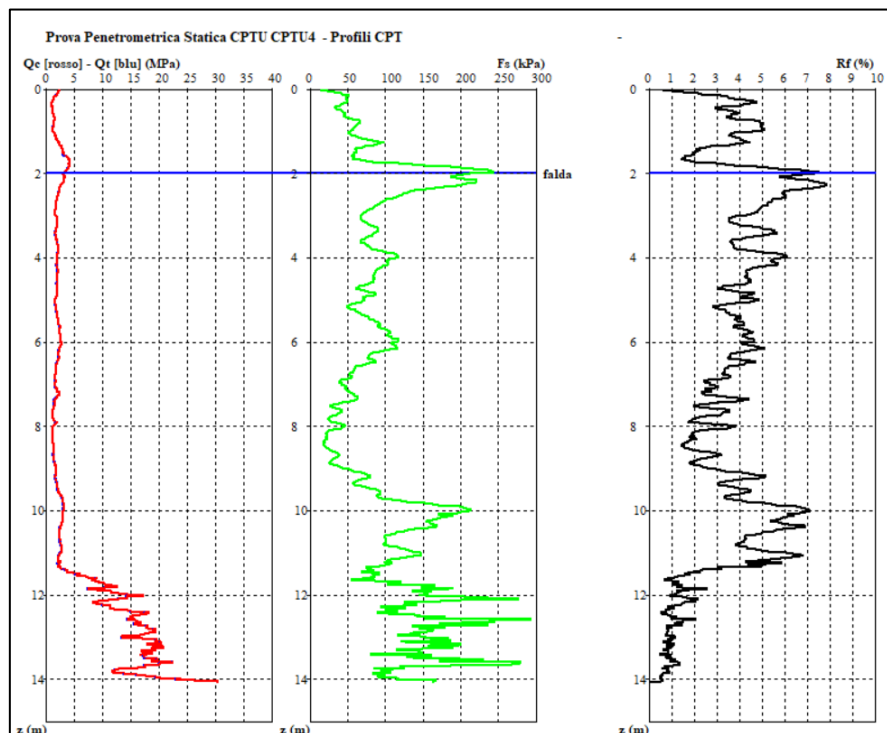


Figura 18 – Andamento della resistenza alla punta q_c , di attrito laterale f_s e $R_f(\%)$ secondo il metodo di Schmertmann per la prova CPTu4 (Fonte: Elaborazione mediante il software P.G.S – Prove Geotecniche in sito, del Dott. A. Bruschi, Dario Flaccovio Editore).

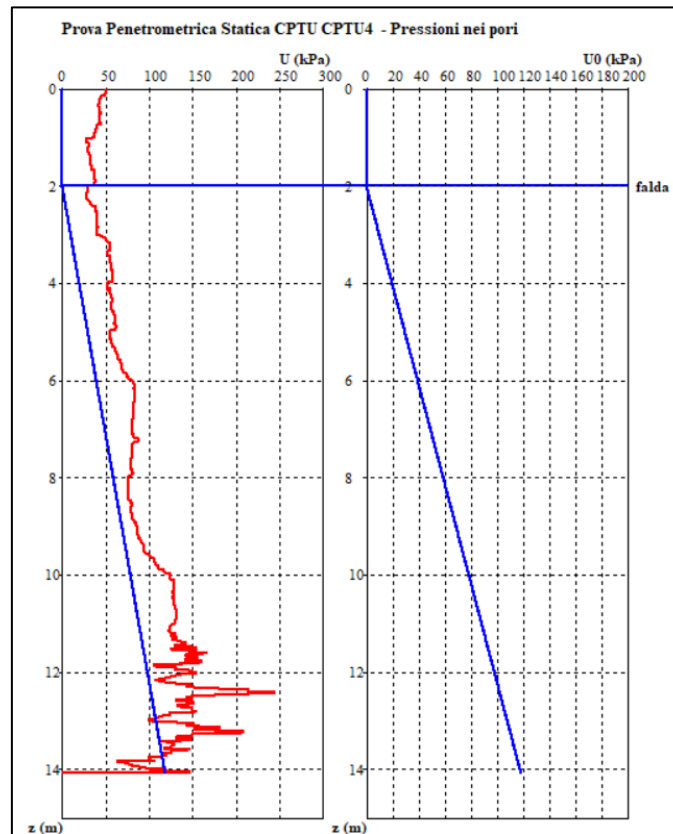


Figura 19 – Andamento della pressione nei pori e la pressione idrostatica per la prova CPTu4 (Fonte: Elaborazione mediante il software P.G.S – Prove Geotecniche in sito, del Dott. A. Bruschi, Dario Flaccovio Editore).

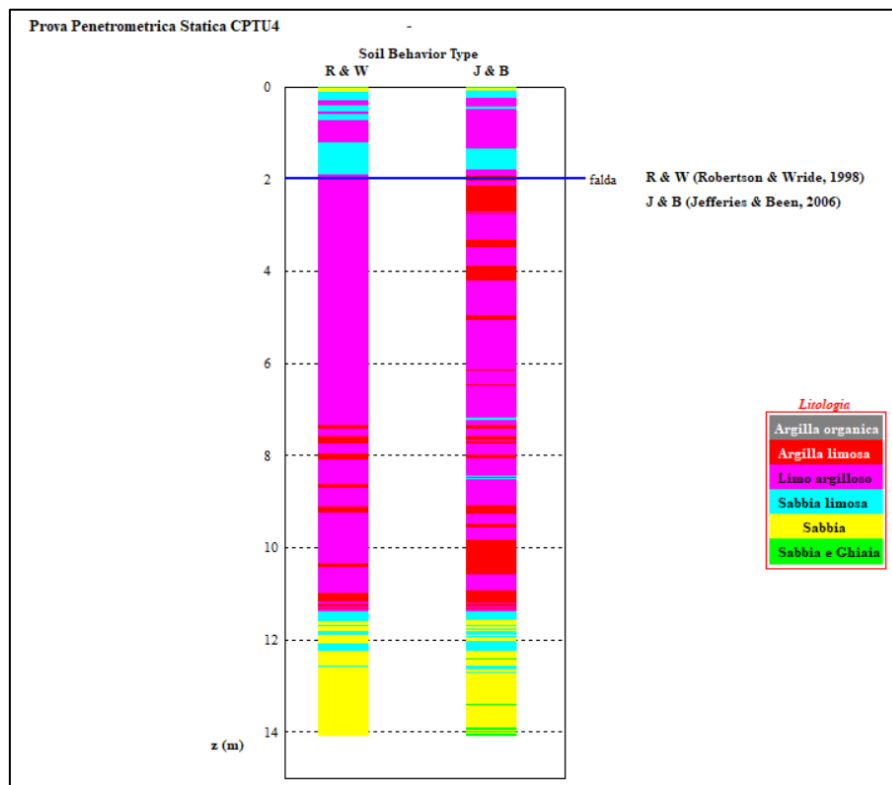


Figura 20 – Ricostruzione della stratigrafia della prova CPTu4 (Fonte: Elaborazione mediante il software P.G.S – Prove Geotecniche in sito, del Dott. A. Bruschi, Dario Flaccovio Editore).

Per la prova CPTu5 gli andamenti della resistenza alla punta q_c , dell'attrito laterale f_s , del rapporto d'attrito R_f sono riportati in Figura 21, l'andamento della pressione nei pori U e la pressione idrostatica U_0 sono riportati in Figura 22 mentre la ricostruzione stratigrafica delle litologie attraversate con la profondità, in accordo con i metodi di *Robertson e Wride* e di *Jefferies e Been*, è visibile in Figura 23.

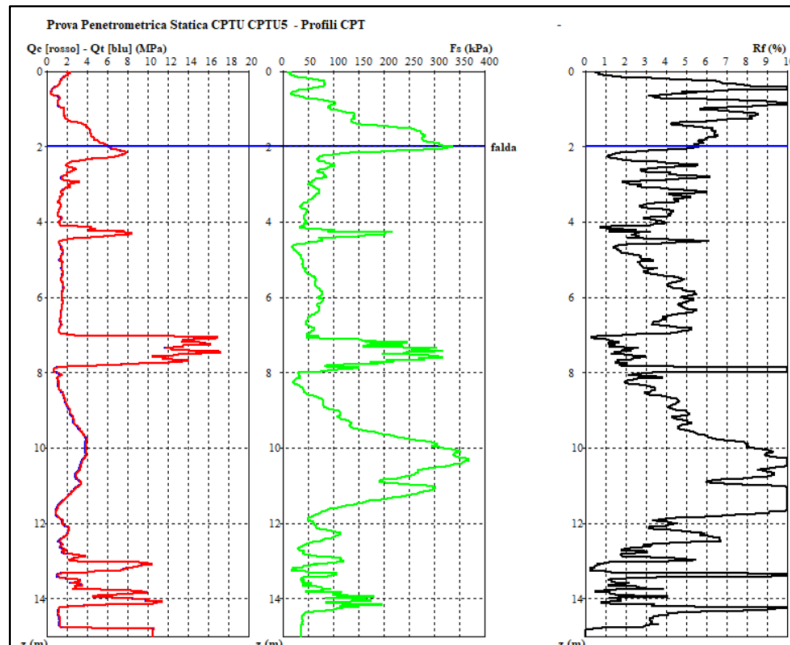


Figura 21 – Andamento della resistenza alla punta q_c , di attrito laterale f_s e $R_f(\%)$ secondo il metodo di Schmertmann per la prova CPTu5 (Fonte: Elaborazione mediante il software P.G.S – Prove Geotecniche in sito, del Dott. A. Bruschi, Dario Flaccovio Editore).

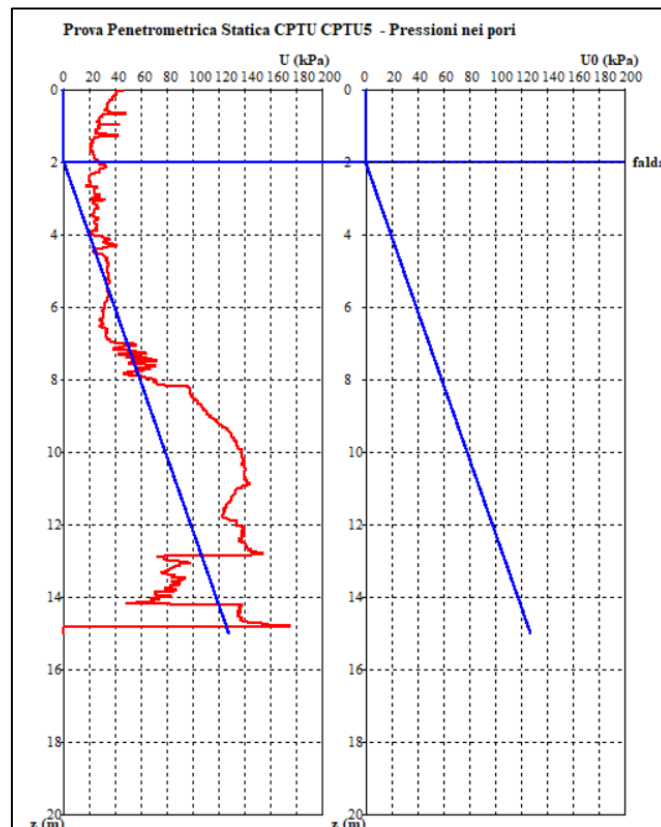


Figura 22 – Andamento della pressione nei pori e la pressione idrostatica per la prova CPTu5 (Fonte: Elaborazione mediante il software P.G.S – Prove Geotecniche in sito, del Dott. A. Bruschi, Dario Flaccovio Editore).

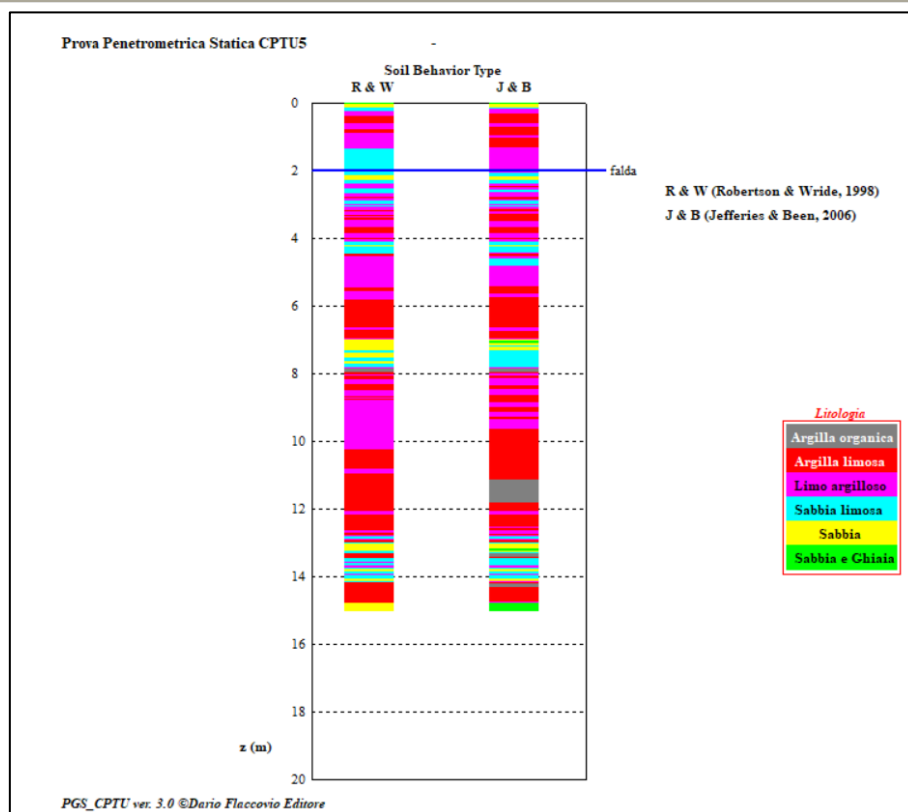


Figura 23 – Ricostruzione della stratigrafia della prova CPTu5 (Fonte: Elaborazione mediante il software P.G.S – Prove Geotecniche in sito, del Dott. A. Bruschi, Dario Flaccovio Editore).

Per la prova CPTu6 gli andamenti della resistenza alla punta q_c , dell'attrito laterale f_s , del rapporto d'attrito R_f sono riportati in Figura 24, l'andamento della pressione nei pori U e la pressione idrostatica U_0 sono riportati in Figura 25 mentre la ricostruzione stratigrafica delle litologie attraversate con la profondità, in accordo con i metodi di Robertson e Wride e di Jefferies e Been, è visibile in Figura 26.

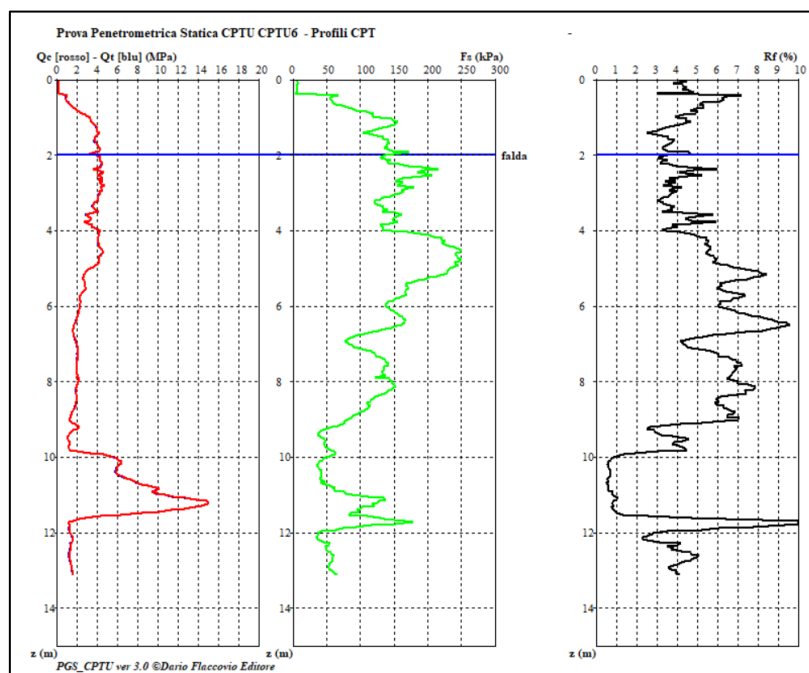


Figura 24 – Andamento della resistenza alla punta q_c , di attrito laterale f_s e $R_f(\%)$ secondo il metodo di Schmertmann per la prova CPTu6 (Fonte: Elaborazione mediante il software P.G.S – Prove Geotecniche in sito, del Dott. A. Bruschi, Dario Flaccovio Editore).

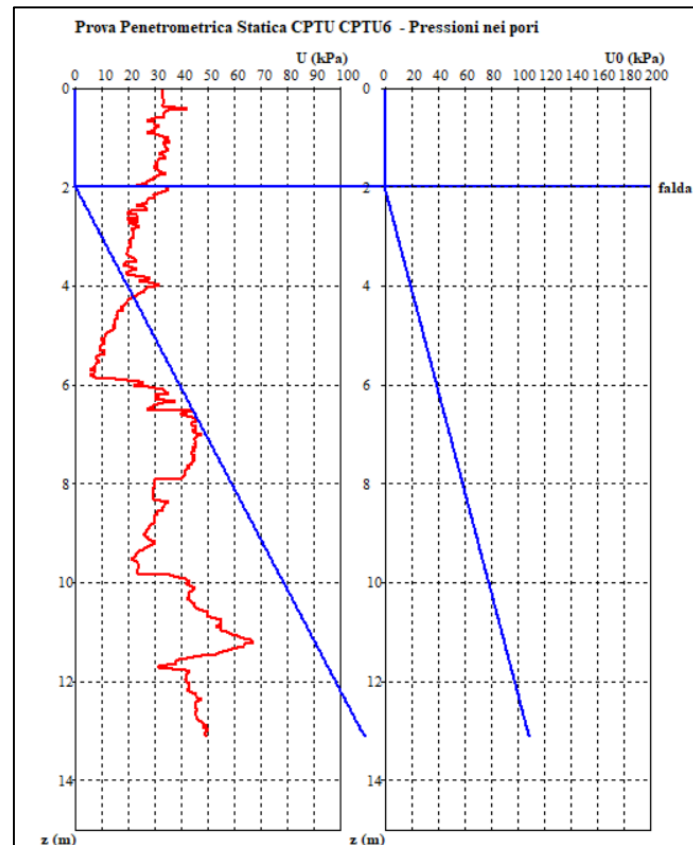


Figura 25 – Andamento della pressione nei pori e la pressione idrostatica per la prova CPTu6 (Fonte: Elaborazione mediante il software P.G.S – Prove Geotecniche in sito, del Dott. A. Bruschi, Dario Flaccovio Editore).

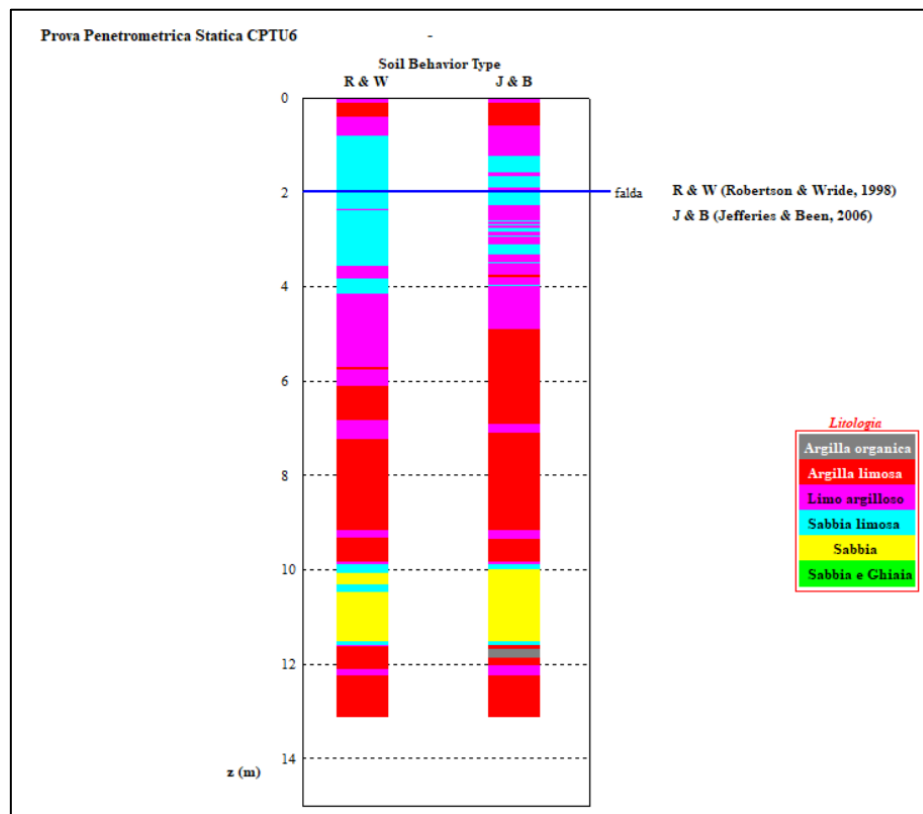


Figura 26 – Ricostruzione della stratigrafia della prova CPTu6 (Fonte: Elaborazione mediante il software P.G.S – Prove Geotecniche in sito, del Dott. A. Bruschi, Dario Flaccovio Editore).

I risultati delle indagini sono ben confrontabili tra loro come valori di resistenza alla punta Q_c e attrito laterale F_s , come successione litologiche e come spessori delle medesime; in tutte le prove è stata considerata una soggiacenza della falda superficiale a 2m da p.c.

Dalle prove CPTu, complessivamente, per circa 12m da p.c. la litologia è costituita prevalentemente da argilla limosa e/o limo argilloso, ad eccezione della prova CPTu5, che presenta alcuni orizzonti sabbiosi e/o limoso sabbiosi tra circa 2.08÷2.66m, 4.12÷4.84m e 7.00÷7.82m da p.c.; successivamente attorno ai 10÷12m da p.c. sono state rinvenute sabbie e ghiaie.

7.3 PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Le prove eseguite sul campione indisturbato, denominato S1-C2, prelevato nei pressi del sondaggio S1 ad una profondità compresa tra 11.50÷12.00m da p.c. hanno restituito gli esiti riportati sinteticamente in Tabella 7.1.

Il suddetto campione ha inoltre restituito i seguenti valori dei Limiti di *Atterberg* (Figura 27):

- limite liquido: $LL = 43.6\%$;
- limite plastico: $LP = 17.3\%$.

Tabella 7.1 – Risultati delle prove di laboratorio geotecnico eseguite sul campione prelevato nell'area d'indagine.

ID CAMPIONE	CLASSE	PROFONDITA' DI PRELIEVO (m da p.c.)	CARATTERISTICHE NATURALI		DESCRIZIONE CAMPIONE	PROVE PRELIMINARI		PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD	
			DENSITA' NATURALE E SECCA INIZIALI (γ , kg/m ³)	UMIDITA' INIZIALE (w, %)		P.P (kg/m ²)	T.V. (kg/m ²)	COESIONE EFFICACE (c' , kPa)	ANGOLO DI ATTRITO INTERNO (ϕ' , °)
S1-C2	Q4	11.50÷12.00	2066.87; 1722.50	19.99	Limo argilloso di colore marrone	>6kg/cm ² -	>2kg/cm ² -	19.50	25.29

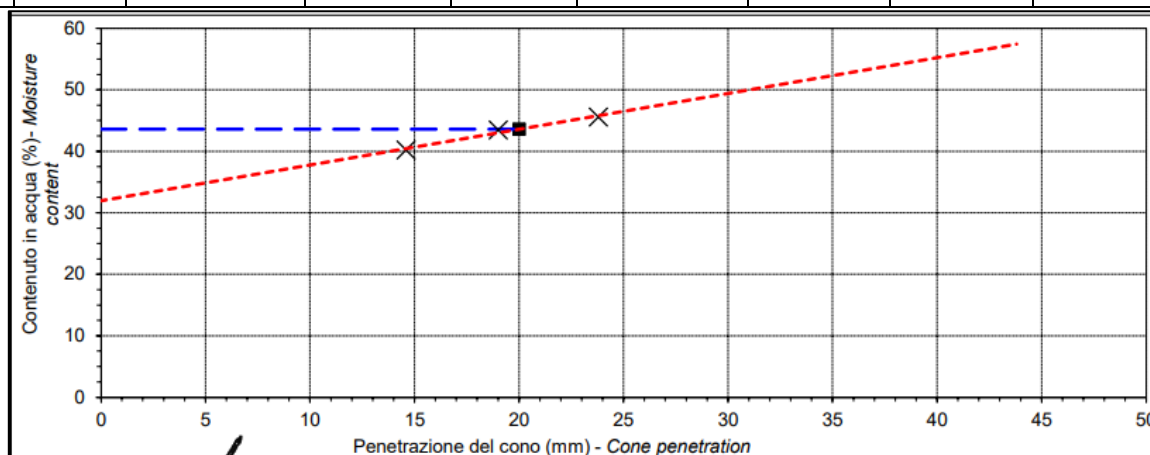


Figura 27 – Determinazione del Limite Liquido (Fonte: Geotecnica S.r.l., San Lazzaro di Savena - BO).

In base ai dati ricavati dalle prove di laboratorio si possono calcolare i seguenti indici:

- Indice di plasticità $IP = LL - LP = 26.3$;

- Indice di consistenza $I_c = (LL - W) / IP = 1.01$;
- Indice di liquidità: $Il = (W - LP) / IP = 1 - I_c = 0.10$

Il primo indice è un parametro fondamentale del terreno ed individua il contenuto d'acqua per cui un determinato terreno si trova allo stato plastico, risultando minimo nel caso dei terreni sabbiosi e massimo per i sedimenti argillosi attivi; in generale al crescere di LL aumenta il grado di permeabilità ed il grado di compressibilità del terreno, mentre in prossimità del valore di LP diminuisce la tenacità del terreno.

In base al valore ricavato il terreno è classificabile come plastico.

L'indice di consistenza I_c definisce il grado di consistenza, o compattezza, di un determinato terreno in funzione dell'umidità naturale; pertanto all'aumentare del suo valore corrisponde un aumento di resistenza del terreno alle azioni di taglio.

In particolare nel caso in cui $I_c \leq 0$, ovvero quando l'umidità naturale è maggiore del LL, il terreno presenta caratteristiche di resistenza al taglio estremamente contenute o nulle e pertanto dal punto di vista geotecnico è un terreno scadente.

Nel caso in cui il valore di $I_c \geq 1$, quindi con $W < LL$, si è in presenza di terreni da consistenti a molto consistenti, ovvero in grado di opporre una buona resistenza al taglio. In base al calcolo effettuato risulta che $I_c = 1.01$ e pertanto, poiché $W < LL$, il terreno è da considerare come solido; nel caso dell'indice di liquidità il valore prossimo allo 0 indica un terreno molto consistente.

In definitiva l'analisi incrociata tra umidità naturale W di un deposito ed i suoi limiti di liquidità e plasticità fornisce importanti indicazioni preliminari circa il comportamento meccanico di un determinato terreno; nel caso in questione risulta un terreno del primo sottosuolo molto plastico, solido e molto consistente. Inoltre poiché il valore di W è prossimo ad LP il deposito è da considerare sovraconsolidato. Dalla Carta di Casagrande che mette in relazione il Limite Liquido con l'Indice di Plasticità risulta che il terreno indagato ricade nella categoria dell'argilla inorganica di media plasticità (CI), come riportato in Figura 28.

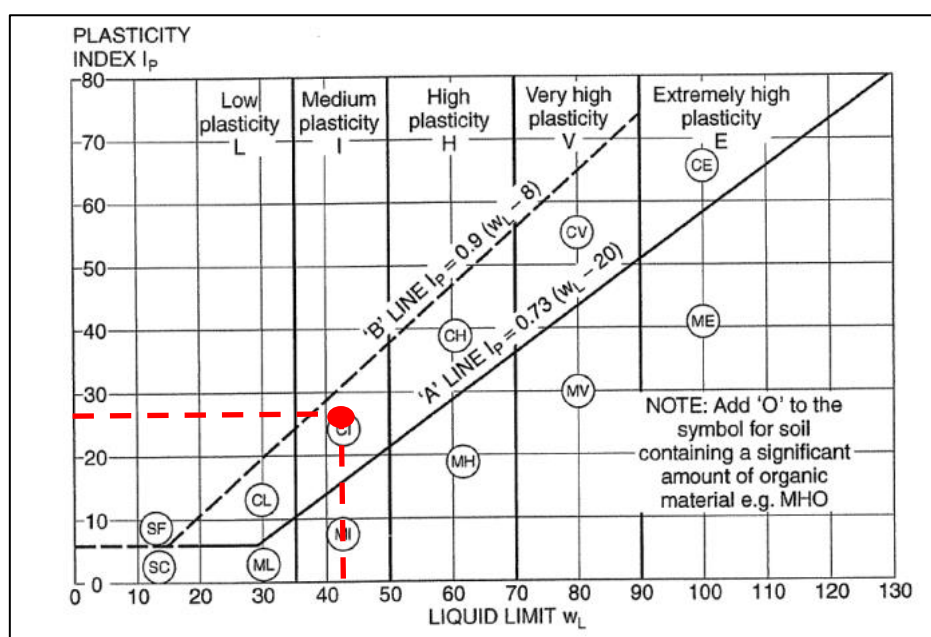


Figura 28 – Individuazione della classe di appartenenza del campione prelevato C1 prelevato alla profondità compresa tra 11.50÷12.00m da p.c. sulla Carta di plasticità di Casagrande.

Il grafico sforzi-deformazioni dei tre provini utilizzati per la prova di Taglio Consolidata e Drenata ha evidenziato come si tratti di terreni sovraconsolidati caratterizzati da un valore di coesione efficace pari a $c' = 19.50 \text{ kPa}$ e da un angolo di attrito interno ($\phi' = 25.29^\circ$) come riportato in Figura 29; i tre provini hanno restituito degli sforzi a rottura rispettivamente pari a 71.21 kPa, 101.14 kPa e 163.90 kPa.

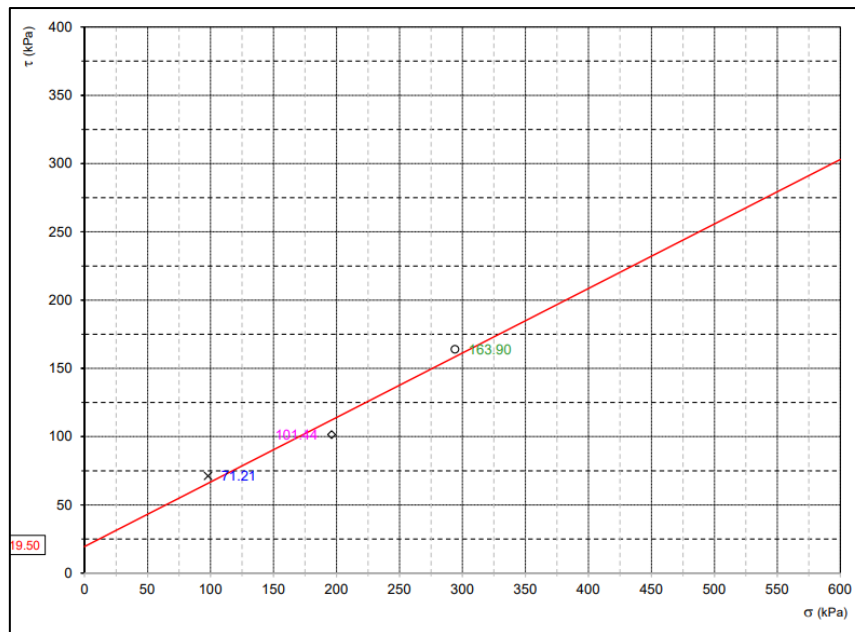


Figura 29– Risultati della prova di Taglio diretto Consolidata e drenata eseguita sul campione S1-C1 prelevato alla profondità compresa tra 11.50÷12.00m da p.c. (Fonte: Geotea S.r.l., San Lazzaro di Savena - BO).

Gli esiti della prova edometrica sono riportati in Figura 30 e quelli per determinare il coefficiente di consolidazione in Figura 31:

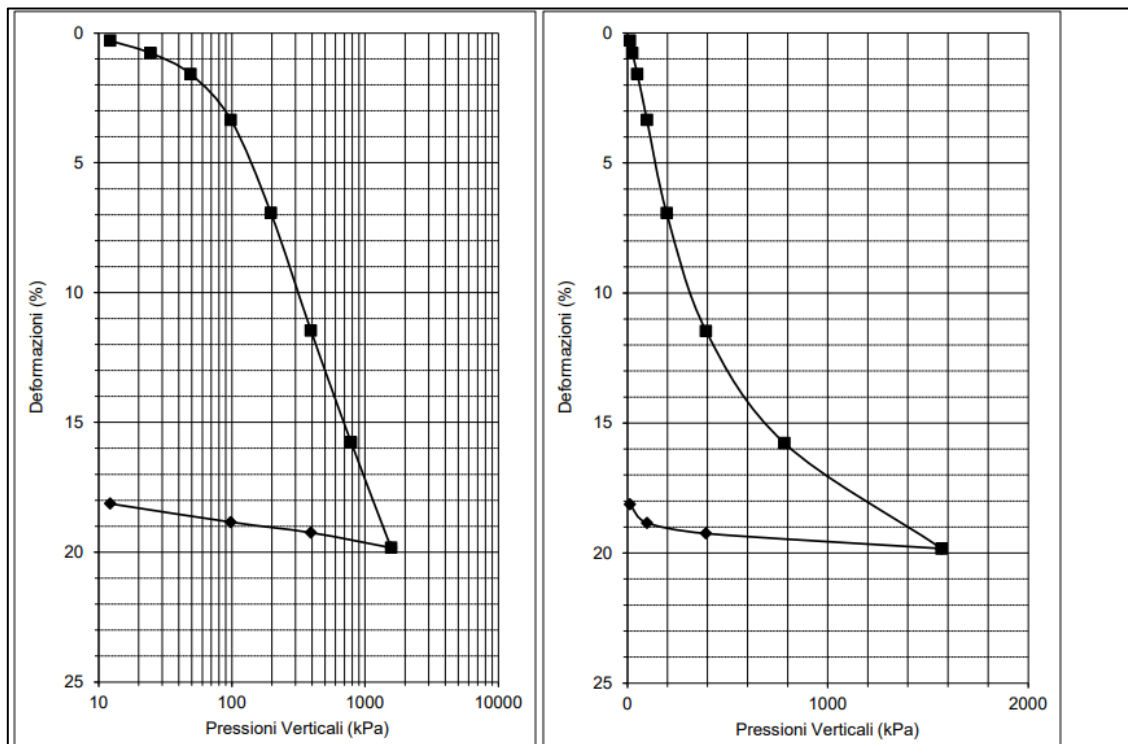


Figura 30– Risultati della prova edometrica eseguita sul campione S1-C1 prelevato alla profondità compresa tra 11.50÷12.00m da p.c. (Fonte: Geotea S.r.l., San Lazzaro di Savena - BO).

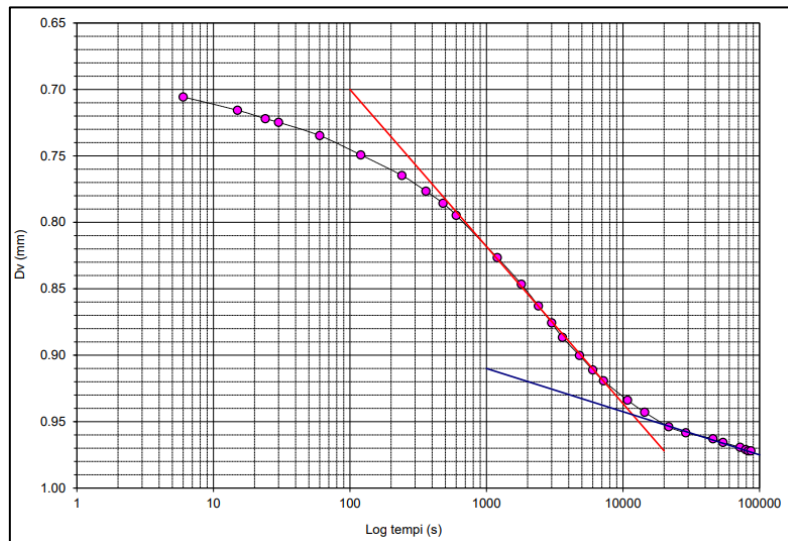


Figura 31 – Risultati della prova di consolidazione eseguita sul campione S1-C1 prelevato alla profondità compresa tra 11.50÷12.00m da p.c. (Fonte: Geotea S.r.l., San Lazzaro di Savena - BO).

La curva granulometrica in Figura 32 mostra come si tratti di un terreno prevalentemente limoso- argilloso.

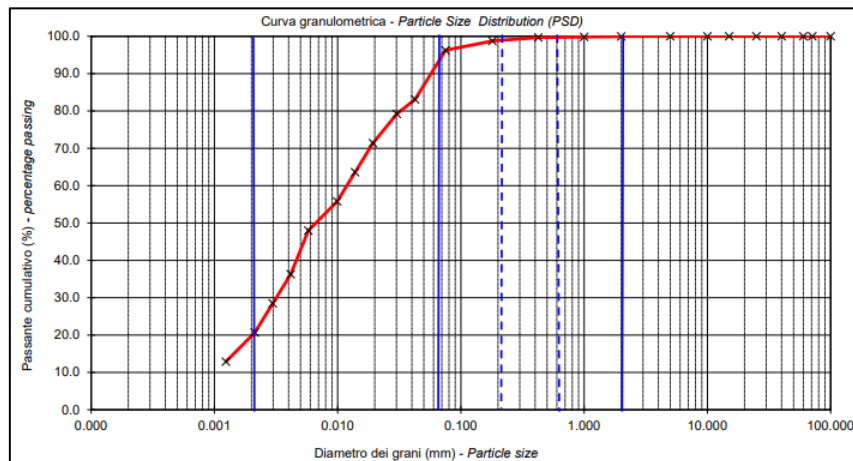


Figura 32 – Risultati della prova granulometrica eseguita sul campione S1-C1 prelevato alla profondità compresa tra 11.50÷12.00m da p.c. (Fonte: Geotea S.r.l., San Lazzaro di Savena - BO).

La sintesi degli esiti delle prove di laboratorio geotecnico effettuate sui campioni CPTu1-C1, CPTu3-C3 e CPTu4-C4 sono riportati in Tabella 7.3.

Il campione CPTu1-C1 ha inoltre restituito i seguenti valori dei Limiti di Atterberg (Figura 33):

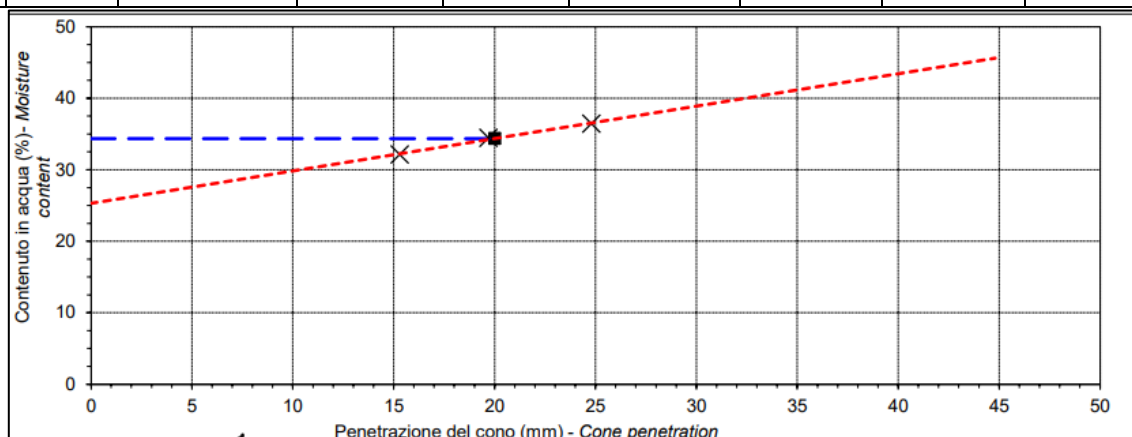
- limite liquido: LL= 34.4%;
- limite plastico: LP=17.3%.

Dai Limiti di Atterberg per la prova CPTU1, campione C1, si possono calcolare i seguenti indici:

- Indice di plasticità IP= LL-LP= 17.1;
- Indice di consistenza Ic= (LL-W)/IP=1.34;
- Indice di liquidità: Il=(W-LP)/IP= 1-Ic=-0.34.

Tabella 7.3 – Risultati delle prove di laboratorio geotecnico eseguite sui campioni delle prove CPTU prelevati nell'area d'indagine.

ID CAMPIONE	CLASSE	PROFONDITA' DI PRELIEVO (m da p.c.)	CARATTERISTICHE NATURALI		DESCRIZIONE CAMPIONE	PROVE PRELIMINARI		PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD	
			DENSITA' NATURALE E SECCA INIZIALI (γ , kg/m ³)	UMIDITA' INIZIALE (w, %)		P.P (kg/m ²)	T.V. (kg/m ²)	COESIONE EFFICACE (c', kPa)	ANGOLO DI ATTRITO INTERNO (ϕ' , °)
C1	Q5	2.00÷2.60	2011.56; 1805.29	11.43	Limo argilloso debolmente sabbioso di colore marrone. Consistente.	4.5-4.8 kg/cm ²	>2kg/cm ²	4.68	27.71
C3	Q5	1.90÷2.50	1941.01; 1668.91	16.30	Limo argilloso di colore marrone molto consistente da essiccamento	>6kg/cm ²	>2kg/cm ²	20.05	26.42
C4	Q5	2.00÷2.60	1935.64; 1638.00	18.17	Limo argilloso di colore marrone	2.5-2.5 kg/cm ²	0.8kg/cm ²	12.96	26.26

**Figura 33** – Determinazione del Limite Liquido (Fonte: Geotea S.r.l., San Lazzaro di Savena - BO).

In base al calcolo effettuato risulta che $I_c=1.34$ e pertanto, poiché $W < LL$, il terreno è da considerare come solido; nel caso dell'indice di liquidità il valore prossimo allo 0 indica un terreno molto consistente; inoltre poiché il valore di W è prossimo ad LP il deposito è da considerare sovraconsolidato.

Il campione CPTU3-C3 ha invece restituito i seguenti valori dei Limiti di Atterberg (Figura 34):

- limite liquido: $LL=45.7\%$;
- limite plastico: $LP=19.8\%$.

Dai Limiti di Atterberg ricavati dalla prova CPTU3, campione C3 si possono calcolare i seguenti indici:

- Indice di plasticità $IP=LL-LP=25.9$;

- Indice di consistenza $I_c = (LL - W) / IP = 1.13$;
- Indice di liquidità: $Il = (W - LP) / IP = 1 - I_c = -0.13$

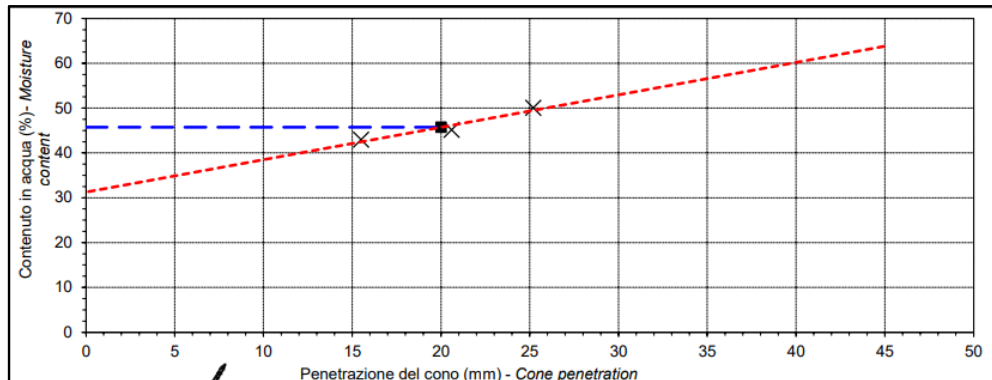


Figura 34 – Determinazione del Limite Liquido (Fonte: Geotea S.r.l., San Lazzaro di Savena - BO).

In base al calcolo effettuato risulta che $I_c = 1.13$ e pertanto, poiché $W < LL$, il terreno è da considerare come solido; nel caso dell'indice di liquidità il valore prossimo allo 0 indica un terreno molto consistente; inoltre poiché il valore di W è prossimo ad LP il deposito è da considerare sovraconsolidato.

Il campione CPTU4-C4 ha invece restituito i seguenti valori dei Limiti di Atterberg (Figura 35):

- limite liquido: $LL = 35.6\%$;
- limite plastico: $LP = 14.8\%$.

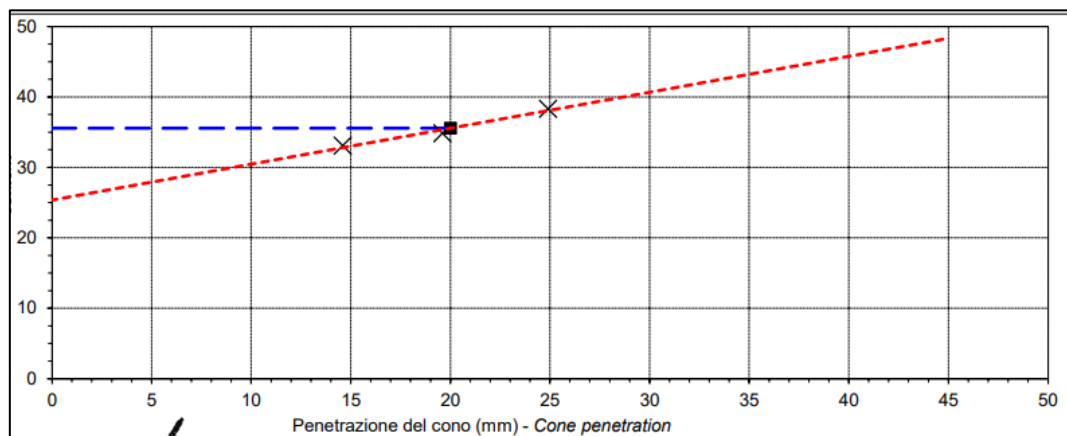


Figura 35 – Determinazione del Limite Liquido (Fonte: Geotea S.r.l., San Lazzaro di Savena - BO).

Dai risultati dei Limiti di Atterberg per la prova CPTU4, campione C4 si possono calcolare i seguenti indici:

- Indice di plasticità $IP = LL - LP = 20.8$;
- Indice di consistenza $I_c = (LL - W) / IP = 0.84$;
- Indice di liquidità: $Il = (W - LP) / IP = 1 - I_c = 0.16$

In base al calcolo effettuato risulta che $I_c = 0.84$ e pertanto, poiché $W < LL$, il terreno è da considerare come solido plastico; nel caso dell'indice di liquidità il valore prossimo allo 0 indica un terreno molto consistente; inoltre poiché il valore di W è prossimo ad LP il deposito è da considerare sovraconsolidato.

8. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO (MGR)

In una prima fase del presente lavoro, per la definizione di un modello geologico preliminare di scala generale si è proceduto alla consultazione della cartografia tecnica dei Piani Normativi Sovraordinati e successivamente di quella geologica del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna per quanto concerne le indagini pregresse eseguite al contorno del sito.

Per la ricostruzione del modello geologico dell'area, nel periodo luglio-agosto 2020 sono state effettuate le indagini e prove discusse nei Capitoli 6 e 7 per la lottizzazione residenziale adiacente alla strada in progetto; tali prove vengono utilizzate per la redazione del presente lavoro.

Date le caratteristiche litologiche riscontrate si è in grado di stabilire;

- un modello geologico di dettaglio dell'area d'indagine;
- le litologie prevalenti;
- l'eventuale andamento della falda nel terreno;
- i parametri fisico-meccanici dei terreni del sottosuolo restituiti come valori medi/puntuali.

Riferendosi al piano campagna, in generale risulta un *pattern* stratigrafico locale in cui al di sotto del terreno superficiale agricolo dello spessore di circa 0.60m, sono state rinvenute argille limose e/o limi argillosi mediamente consistenti con livelli decimetrici sparsi a diverse profondità di limo sabbioso o prettamente sabbiosi che in alcuni casi hanno spessori di un metro e oltre.

A partire da circa 10-12m da p.c. sono state rinvenute le sabbie e ghiaie addensate fino alla fine delle indagini eseguite in sito.

Per quanto concerne la falda nell'area d'indagine si può asserire quanto segue:

- le misure freatiche eseguite all'interno delle prove CPTu nelle litologie superficiali hanno restituito livelli a varie profondità comprese tra 2-3m da p.c., mentre alcune delle prove non hanno evidenziato la presenza di acqua;
- il sondaggio a carotaggio continuo attrezzato a piezometro avente ha invece restituito una soggiacenza di circa 14m da p.c.

Si tratta pertanto di due livelli differenti afferenti a falde diverse; in particolare il più superficiale è riferibile ad una circolazione idrica nei limi sabbiosi o nelle sabbie limose rinvenute nei primi metri; il secondo invece più profondo è attribuibile ad una vera propria falda con livello presente durante tutto l'anno idrologico ed alimentata da monte, il cui serbatoio è costituito dalle ghiaie sabbiose riscontrate dal sondaggio.

Pertanto si ritiene la falda profonda quella effettivamente di riferimento locale, mentre quella superficiale intermittente con possibile sviluppo limitato lateralmente e legata alla stagionalità delle piogge e quindi non si esclude che tale livello possa alzarsi o abbassarsi in funzione delle precipitazioni.

Tuttavia, visto che la cartografia idrogeologica del PSC riporta una soggiacenza pari a circa **8-9m** da p.c., dato che sono stati rilevati nelle indagini in sito livelli più o meno sabbiosi saturi o parzialmente saturi a varie profondità, a scopo cautelativo viene considerata una soggiacenza della falda superficiale pari a **2-3m** da p.c. anche se effimera e probabilmente stagionale

In merito ai parametri fisico meccanici riportati in Tabella si specifica quanto segue:

- il peso dell'unità di volume γ o la coesione non drenata c_u (per i terreni coesivi), di ciascun orizzonte litologico individuato sono indicati come intervallo min-max e valore medio e sono stati ricavati direttamente elaborando i dati delle prove CPTu eseguite;
- i valori di coesione efficace c' e l'angolo di attrito ϕ' per l'orizzonte litologico n.1 argilloso e argilloso limoso derivano dalle prove di laboratorio geotecnico eseguite sui vari campioni;
- le stime dell'angolo di attrito ϕ' per i livelli ghiaiosi derivano dai risultati delle prove SPT eseguite nel foro del sondaggio a carotaggio continuo.

Tabella 8.1 – Modello Geologico di Riferimento (MGR) del primo sottosuolo e relativi parametri fisico-meccanici, restituiti come valori min-max e medi, oltre che da letteratura scientifica.

N ORIZZONTE	PROFONDITA' (m da p.c.)	LITOLOGIA	PESO DELL'UNITA' DI VOLUME (γ , kN/m ³)	COESIONE NON DRENATA (c_u , kPa)	COESIONE EFFICACE (c' , kPa)	ANGOLO DI ATTRITO INTERNO (ϕ°)
0	0.00-0.60	Terreno agricolo/vegetale	-	-	-	-
1	0.60÷10.00/12.00	Argilla e Argilla limosa con livelli sparsi di limo sabbioso e sabbia limosa	Min-max: 11.20÷21.20 med: 18.75	Min-max: 2.00÷129.70 med: 50.46	4.2; 19.5; 4.7; 20.05; 12.96	22°; 25.29°; 26.42°; 26.26°; 27.71°
2	10.00/12.00÷20.00	Ghiaia da fine a grossolana in matrice sabbioso limosa	Min-max: 17.50÷21.60 med: 19.76	-	-	42°; 44°
<i>Falda superficiale: 2-3m da p.c.</i> <i>Falda profonda: di 14m da p.c.</i>						

9. CONCLUSIONI

La presente Relazione Geologica è stata redatta ai sensi del D.M. 17-01-18 per caratterizzare il sottosuolo di un terreno agricolo ubicato nel Comune di Valsamoggia (BO), sul quale è prevista la realizzazione di una strada adiacente ad una lottizzazione residenziale.

L'analisi dei Piani Normativi Sovraordinati quali P.S.A., P.T.C.P. e P.S.C. non ha evidenziato particolari pericolosità di tipo geologico e/o idrogeologico; dalla cartografia geologica della Regione Emilia-Romagna è emerso come i terreni appartengano a coperture quaternarie di piana alluvionale argillosi, limosi e sabbiosi del Subsistema di Ravenna (AES8).

Per inquadrare preliminarmente l'area sono state prese in considerazione le indagini geologiche pregresse eseguite al contorno del sito.

Per la caratterizzazione del sottosuolo locale ci si è avvalsi di indagini geologiche eseguite nella zona della lottizzazione adiacente alla strada oggetto del presente lavoro; in particolare sono state effettuate n.1 sondaggio a carotaggio continuo spinto fino a 20m da p.c. nel quale è stato successivamente installato un piezometro a tubo aperto, e n.6 prove penetrometriche con piezocono CPTU spinte fino alla profondità compresa tra 13-15.00m da p.c.; non stati inoltre prelevati n.4 campioni indisturbati, tutti sottoposti a prove di laboratorio geotecnico per la determinazione dei principali parametri fisico-meccanici del primo sottosuolo.

Il modello geologico ricostruito per l'area d'indagine è contraddistinto dalla presenza in superficie di argille e/o argille limose mediamente consistenti con livelli più sabbiosi mediamente addensati e di spessore decimetrico privi di continuità laterale fino a circa 10-12m da p.c., profondità oltre la quale sono presenti litologie granulari del tipo ghiaioso in matrice sabbiosa a comportamento meccanico incoerente.

La falda è stata rilevata nei fori di prova delle CPTu a varie profondità comprese tra 2-3m da p.c. e nel piezometro del sondaggio S1 a circa 14m da p.c.

Dal punto di vista geologico si ritiene pertanto di avere un quadro oggettivo dello stato di fatto che deve essere implementato con la modellazione sismica al fine di poter escludere criticità nella zona oggetto del presente lavoro.

Sasso Marconi (BO), gennaio 2022



RELAZIONE GEOLOGICA

(ai sensi del D.M.17-01-18)

ALLEGATO

- FOTO INDAGINI ESEGUITE IN SITO;
- SCHEDA STRATIGRAFICA SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO;
- REPORT INDAGINI CPTu;
- CERTIFICATI PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO;
- CERTIFICATI INDAGINI E PROVE PREGRESSE ESEGUITE IN SITO.

Sasso Marconi (BO), gennaio 2022





Foto 1 – Esecuzione Prova CPTu1.



Foto 2 – Esecuzione Prova CPTu2.



Foto 3 – Esecuzione Prova CPTu3.



Foto 4 – Esecuzione Prova CPTu4.



Foto 5 – Esecuzione Prova CPTu5.



Foto 6 – Esecuzione Prova CPTu6.



Foto 7 – Esempio di installazione di tubo per il rilievo della falda superficiale nella Prova CPTu2.



Foto 8 – Prelievo del campione CPTu1-C1.



Foto 9 – Prelievo del campione CPTu3-C3.



Foto 10 – Prelievo del campione CPTU4-C4.



Foto 11 – Esecuzione Sondaggio S1.



Foto 12 – Sondaggio S1. Cassetta 1, profondità da 0.00 a 5.00m da p.c.



Foto 13 - Sondaggio S1. Cassette 2, profondità da 5.00 a 10.00m da p.c.



Foto 14 - Sondaggio S1. Cassette 3, profondità da 10.00 a 15.00m da p.c.



Foto 15 - Sondaggio S1. Cassette 4 profondità da 15.00 a 20.00m da p.c.



Foto 13 – Sondaggio S1; esecuzione prova SPT1



Foto 14 – Sondaggio S1. Esecuzione prova SPT2.



Foto 15 – Sondaggio S1. Prelievo campione C2.



Foto 15 – Sondaggio S1. Installazione tubo piezometrico.



Foto 16 – Sondaggio S1. Inserimento ghiaio siliceo nell'intercapedine rivestimento-porzione di tubo piezometrico fessurato.



Foto 17 – Sondaggio S1. Inserimento bentonite al di sopra del ghiaino siliceo.



Foto 18 – Sondaggio S1. Inserimento del cemento al di sopra del tappo bentonitico.

Legenda

<div>R v</div>	Rivestimento
<div>A r s</div>	Profondità dell'acqua (r=rinvenimento; s=stabilizzazione)
<div>Pz</div>	Piezometri
<div>metri</div>	Scala metrica ed eventuali limiti delle battute
<div>Litologia</div>	Simbolo litologico
<div>Campioni</div>	Campioni (numero, tipo, profondità testa e profondità scarpa) (Ind=indisturbato; Dis=disturbato; SDi=Semi disturbato; She=Shelby; Den=Denison Ost=Osterberg; Maz=Mazier; Crp=Craps; nk3=NK3)
<div>SPT N</div>	Prova S.P.T.
<div>Prof. m</div>	Profondità, in metri, della base dello strato
<div>DESCRIZIONE</div>	Descrizione della litologia dello strato



Tubo cieco



Finestrato



Cella drenaggio



Elettrico

Stratigrafia N. 1

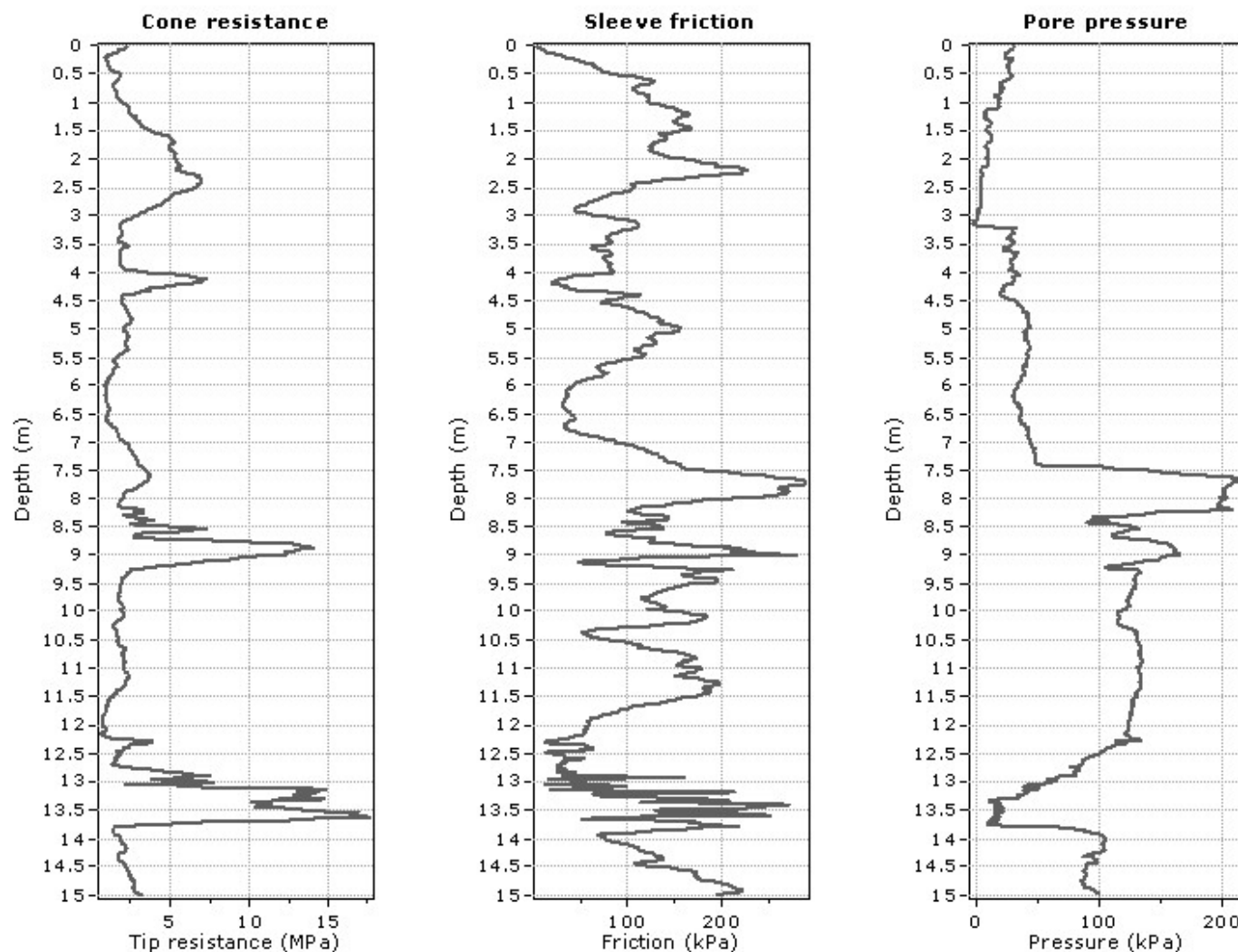
Committente: Studio Labò										Scala 1:100
Oggetto Lavori: Lottizzazione residenziale										Data: 5-6/08/2020
Località: Valsamoggia loc. Crespellano (BO)										Coordinate: /
Impresa esecutrice: Soilter										Quota: 63m s.l.m.
Attrezzatura: Sondaggio a cc. Diametri: carotiere: 101mm, rivestimenti:152mm										Redattore: Dott. Geol. Matteo Lesi
R v	A r s	Pz	metri	Litologia	Campioni	SPT	N	Prof. m	DESCRIZIONE	
			1					1,10	Limo argilloso consistente. Nei primi 0.20m presenza di radici e frustoli vegetali. Colore marrone.	
			2					1,60	Limo sabbioso, consistente. Colore marrone chiaro.	
			2,10					2,10	Sabbia limosa, addensata. Colore marrone con presenza di striature rossastre.	
			3						Limo argilloso, consistente. Colore marrone.	
			4							
			5					4,80		
			6						Sabbia limosa, addensata. Colore marrone. Presenti lenti di ghiaia media arrotondata in matrice sabbioso-limosa da 5.00-5.20m; da 5.70-6.00m; da 7.00-7.10m.	
			7					7,10		
			8						Limo sabbioso, addensato. Colore marrone chiaro.	
			9					8,70		
			10			5-10-13	23		Limo argilloso, consistente. Colore marrone chiaro.	
			11							
			12			1) ind 150 1200		12,00		
			13						Ghiaia centimetrica in matrice sabbioso limosa. Colore marrone chiaro. Livelli sabbioso limosi da 12.70-12.80m e da 13.20-13.30m.	
			14							
			15			13-20-21		15,00		
			16						Ghiaia da fine a grossolana con ciottoli da subangolari ad arrotondati, in matrice sabbiosa fine e grossolana. Colore marrone chiaro. Presenza di un livello limoso argilloso tra 17.80-18.20m.	
			17							
			18							
			19							
			20					20,00		

Stratigrafia N. 1

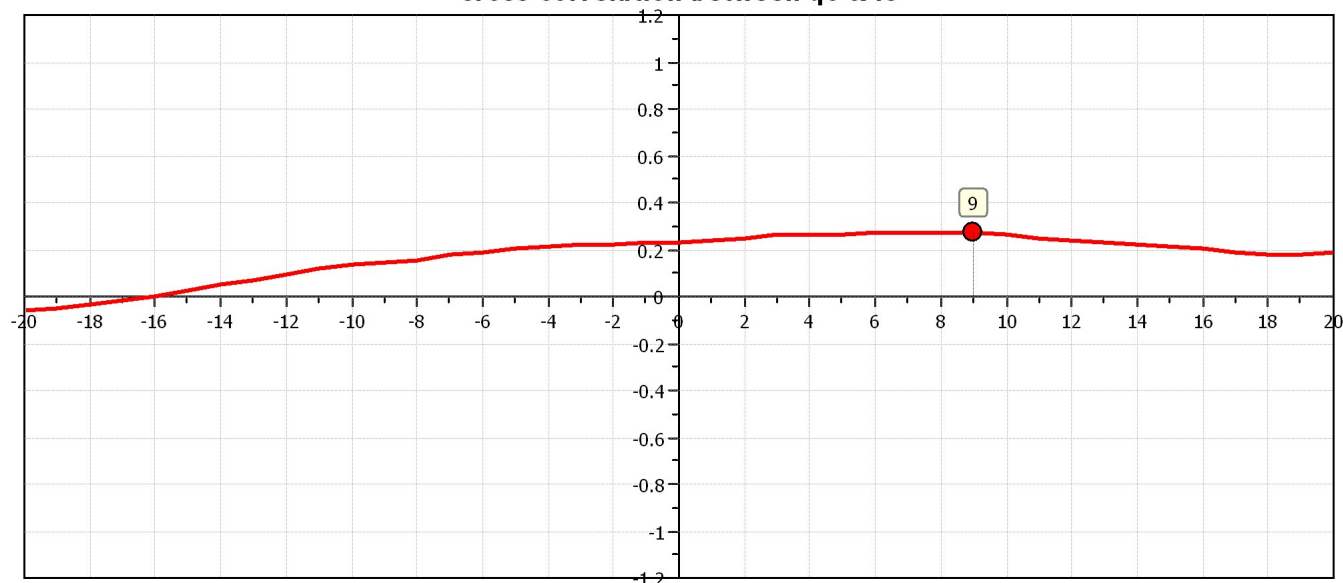
Committente: Studio Labò	Scala 1:100
Oggetto Lavori: Lottizzazione residenziale	Data: 5-6/08/2020
Località: Valsamoggia loc. Crespellano (BO)	Coordinate: /
Impresa esecutrice: Soilter	Quota: 63m s.l.m.
Attrezzatura: Sondaggio a cc. Diametri: carotiere: 101mm, rivestimenti:152mm	Redattore: Dott. Geol. Matteo Lesi

Misure piezometriche in foro

N.	Giorno	Ora	Livello (m)	Profondità (m)	Rivestim. (m)
1	06/08/2020		13.41		
2	22/10/2020		14.26		



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).

Cross correlation between q_c & f_s 



GEOTEA SRL
VIA della TECNICA 57/A4
S. LAZZARO DI SAVENA (BO)
www.geoteasrl.it

CPT: CPTU1

Total depth: 15.00 m, Date: 23/07/2020

Surface Elevation: 0.00 m

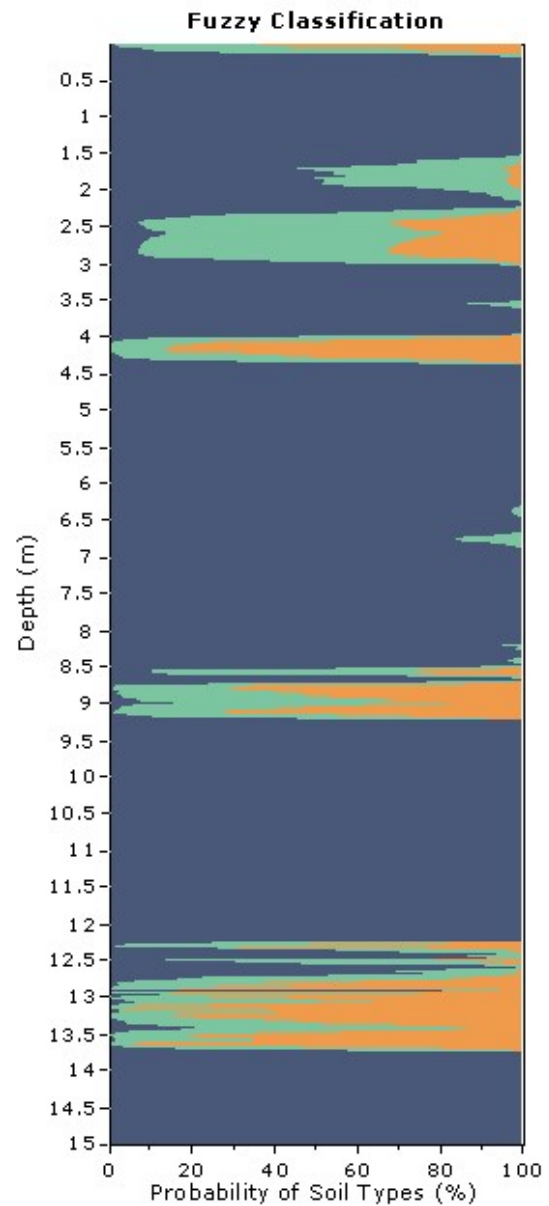
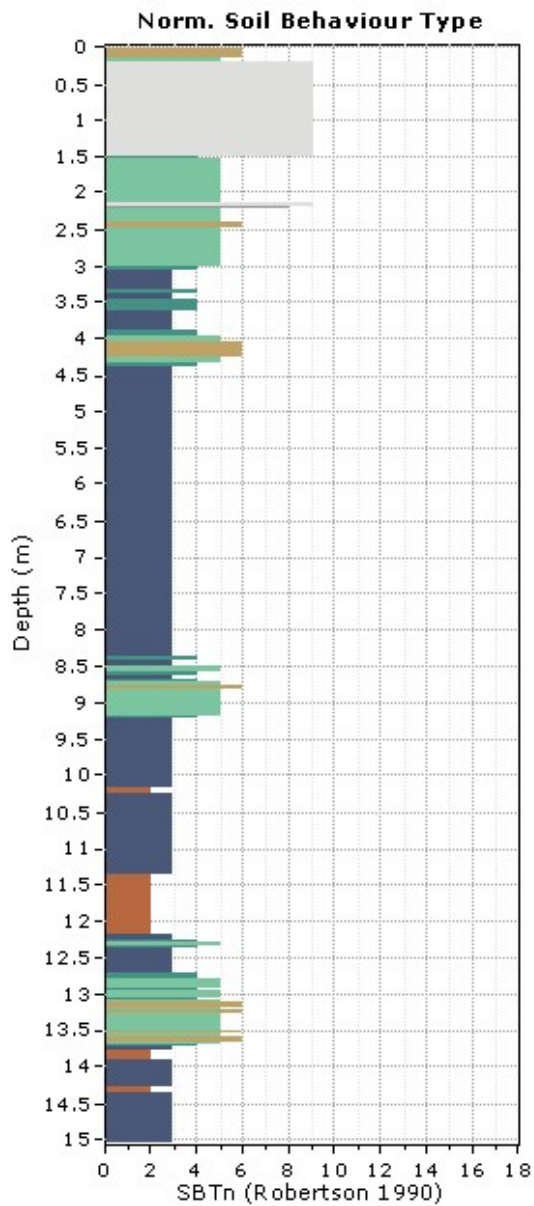
Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: G-CPLS-G1 1401019

Cone Operator: Geol. Brancaleoni

Project: 20.235 - LABO' SRL

Location: LOTTIZZAZIONE CREPELLANO (BO)





GEOTEA s.r.l.
Geologia Territorio Ambiente

GEOTEA SRL

VIA della TECNICA 57/A4
S. LAZZARO DI SAVENA (BO)
www.geoteasrl.it

Project: 20.235 - LABO' SRL

Location: LOTTIZZAZIONE CREPELLANO (BO)

CPT: CPTU1

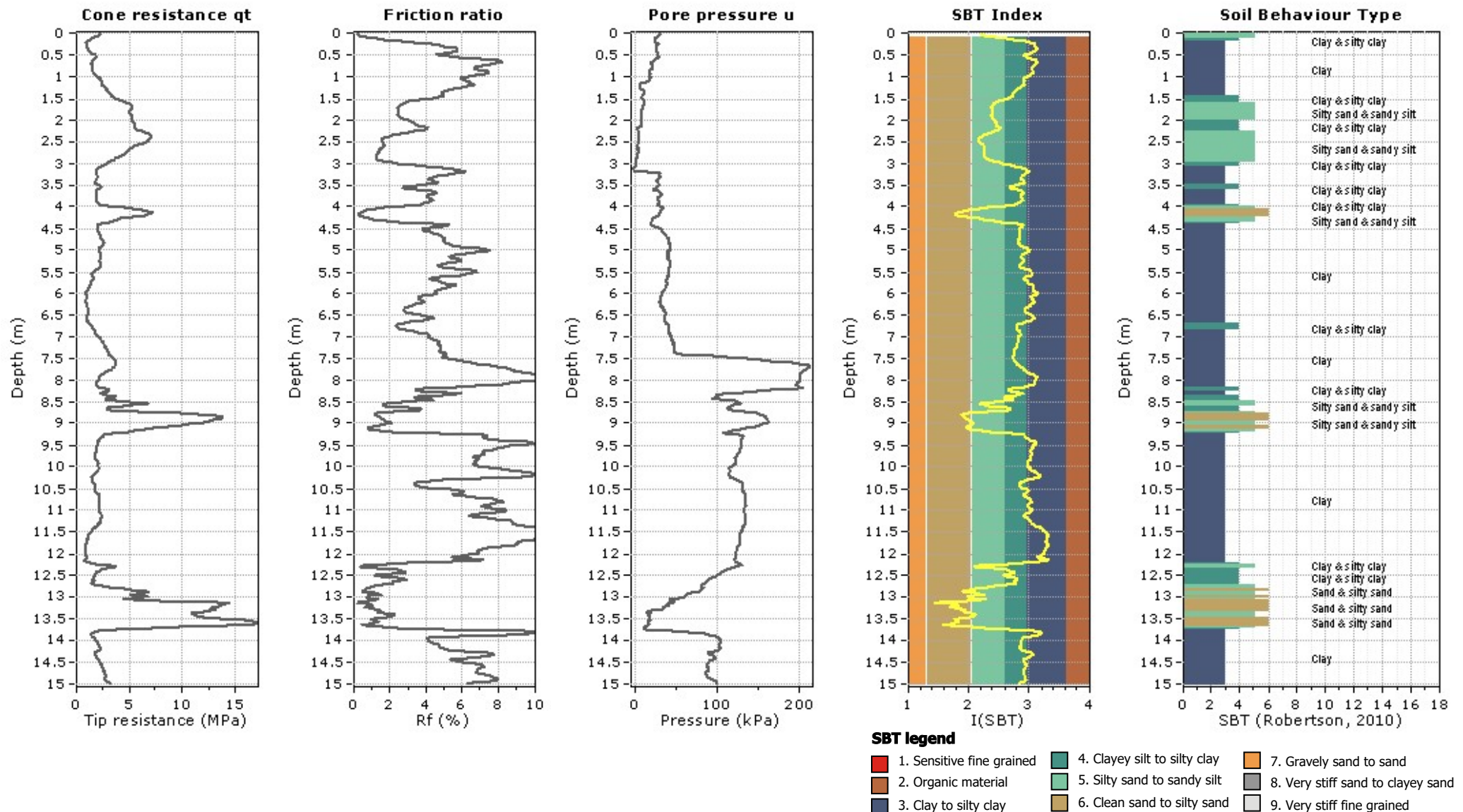
Total depth: 15.00 m, Date: 23/07/2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: G-CPLS-G1 1401019

Cone Operator: Geol. Brancaloni





GEOTEA s.r.l.
Geologia Territorio Ambiente

GEOTEA SRL

VIA della TECNICA 57/A4

S. LAZZARO DI SAVENA (BO)

www.geoteasrl.it

Project: 20.235 - LABO' SRL

Location: LOTTIZZAZIONE CRESPPELLANO (BO)

CPT: CPTU1

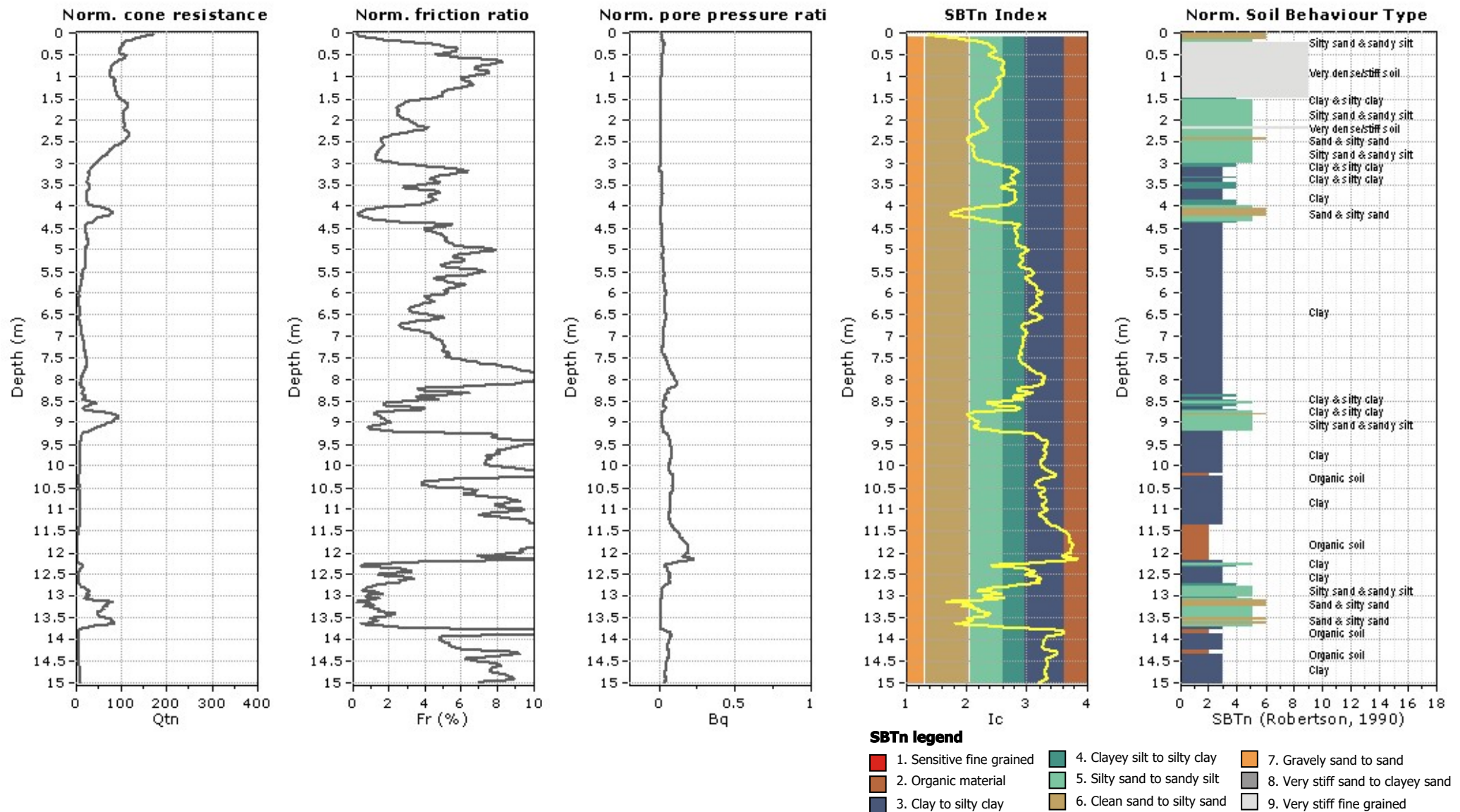
Total depth: 15.00 m, Date: 23/07/2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: G-CPLS-G1 1401019

Cone Operator: Geol. Brancaloni





GEOTEA s.r.l.
Geologia Territorio Ambiente

GEOTEA SRL

VIA della TECNICA 57/A4

S. LAZZARO DI SAVENA (BO)

www.geoteasrl.it

Project: 20.235 - LABO' SRL

Location: LOTTIZZAZIONE CRESPPELLANO (BO)

CPT: CPTU1

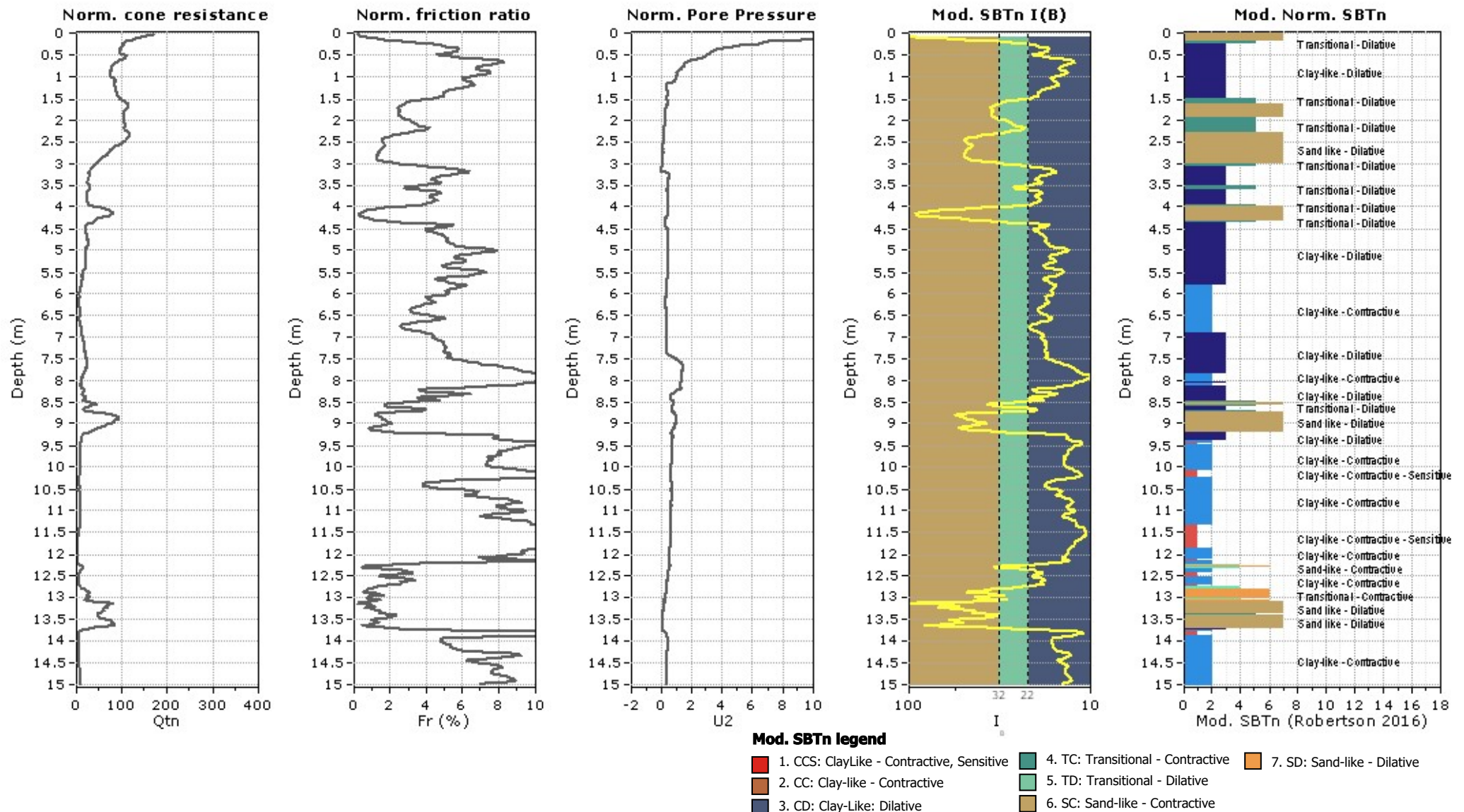
Total depth: 15.00 m, Date: 23/07/2020

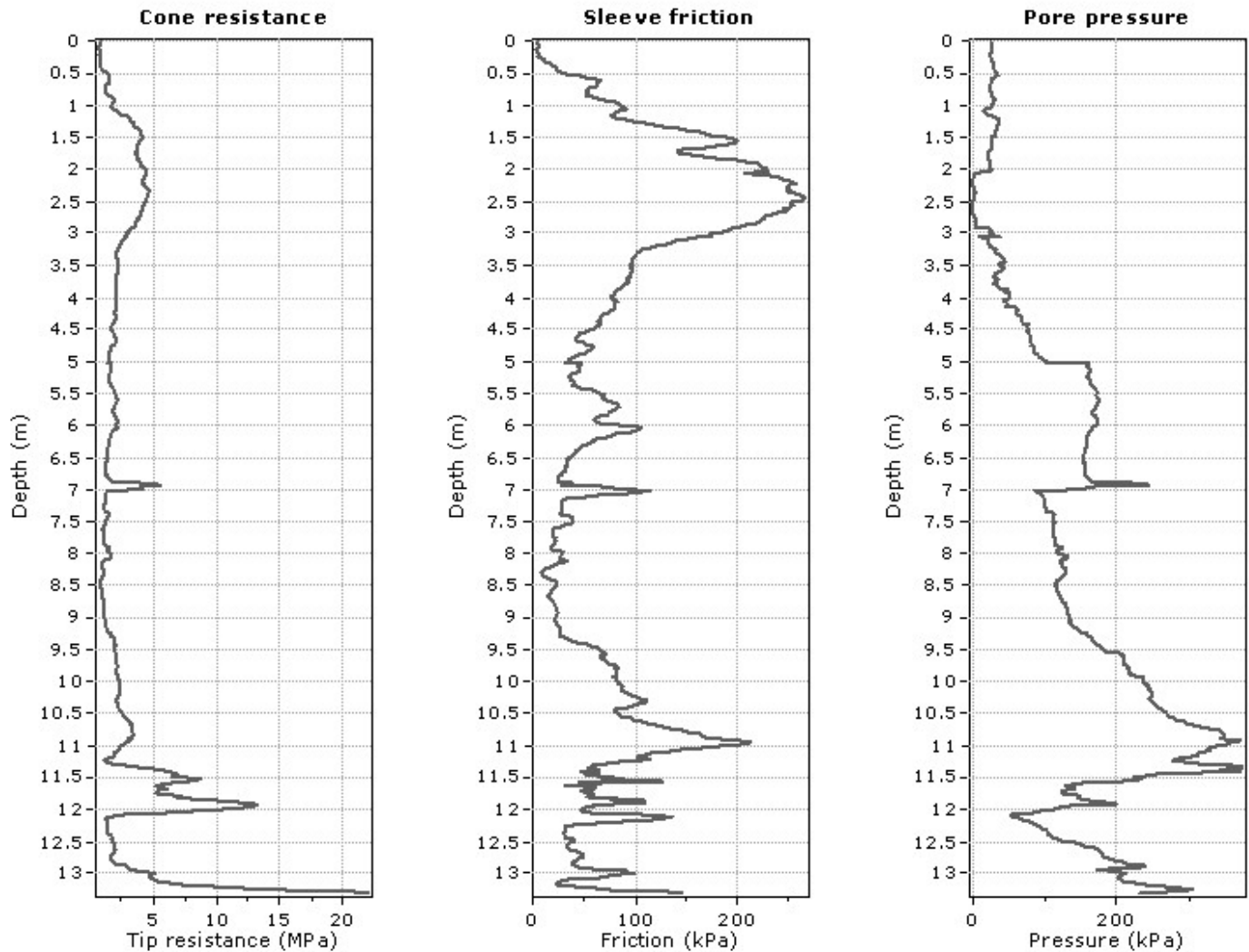
Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

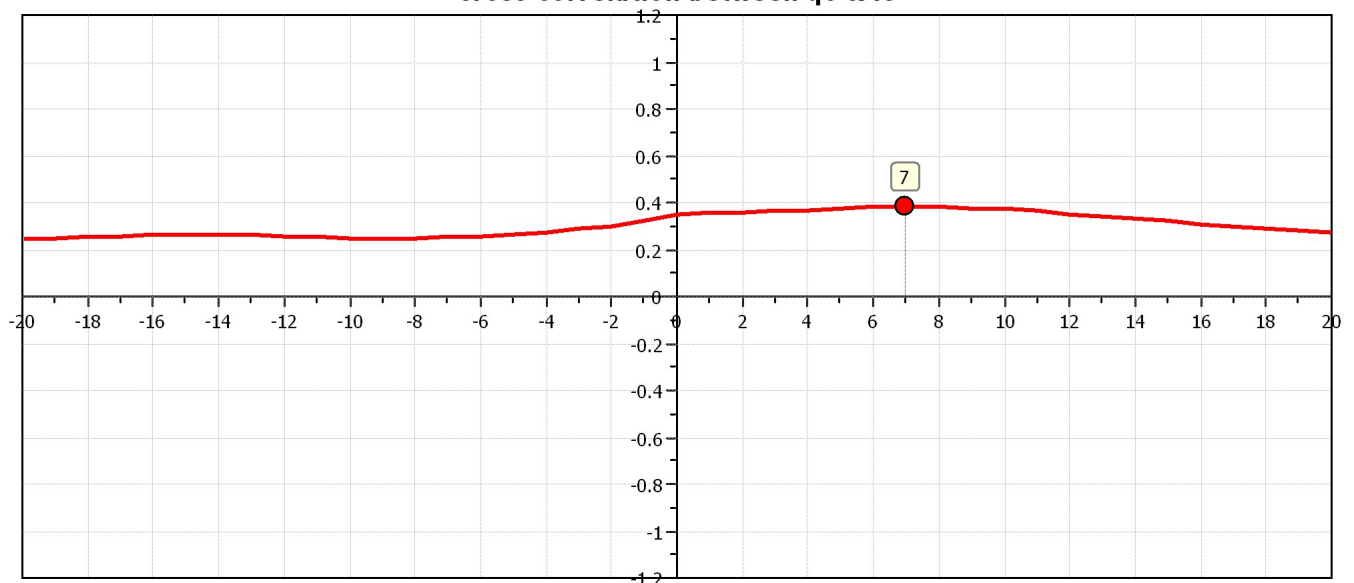
Cone Type: G-CPLS-G1 1401019

Cone Operator: Geol. Brancaloni





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).

Cross correlation between q_c & f_s 



GEOTEA SRL
VIA della TECNICA 57/A4
S. LAZZARO DI SAVENA (BO)
www.geoteasrl.it

CPT: CPTU2

Total depth: 13.30 m, Date: 23/07/2020

Surface Elevation: 0.00 m

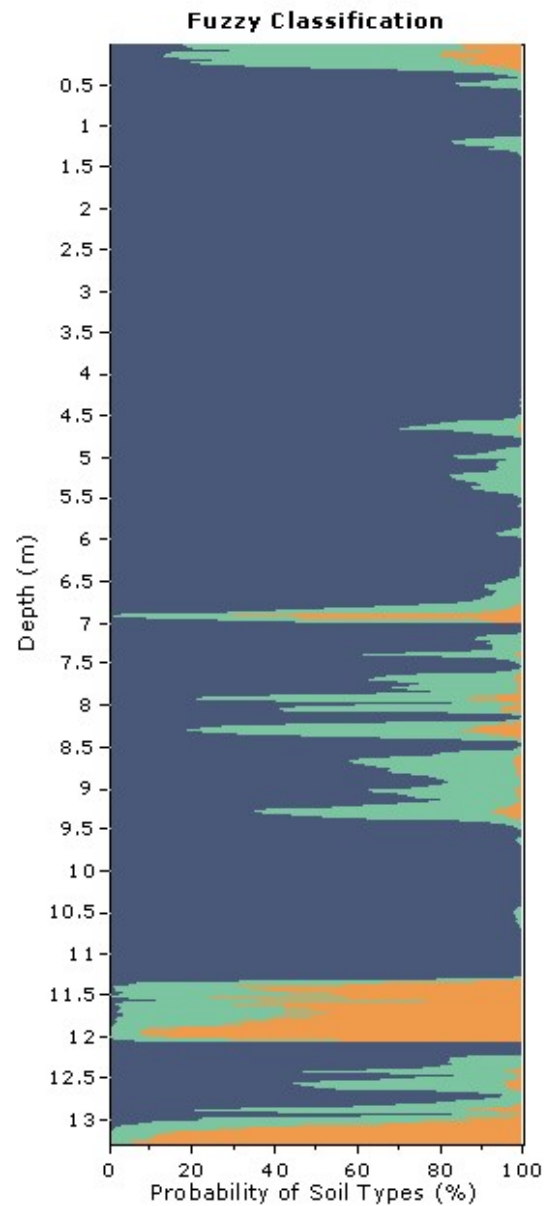
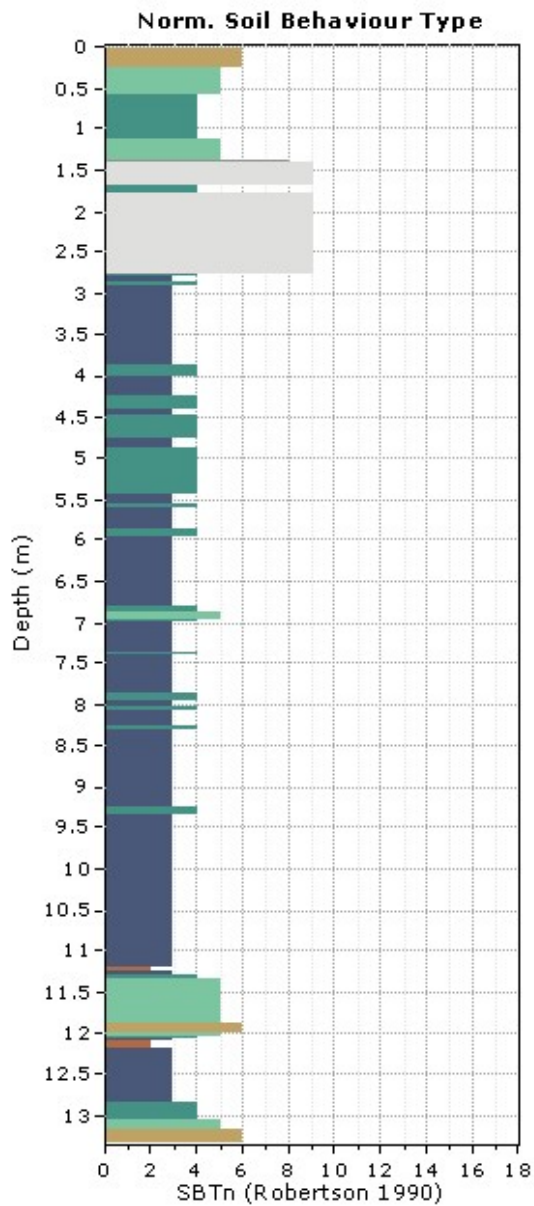
Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: G1-CPLS D 200614

Cone Operator: Geol. Cumoli-Menna

Project: 20.235 - LABO' SRL

Location: LOTTIZZAZIONE CREPELLANO (BO)





GEOTEA s.r.l.
Geologia Territorio Ambiente

GEOTEA SRL

VIA della TECNICA 57/A4
S. LAZZARO DI SAVENA (BO)
www.geoteasrl.it

Project: 20.235 - LABO' SRL

Location: LOTTIZZAZIONE CREPELLANO (BO)

CPT: CPTU2

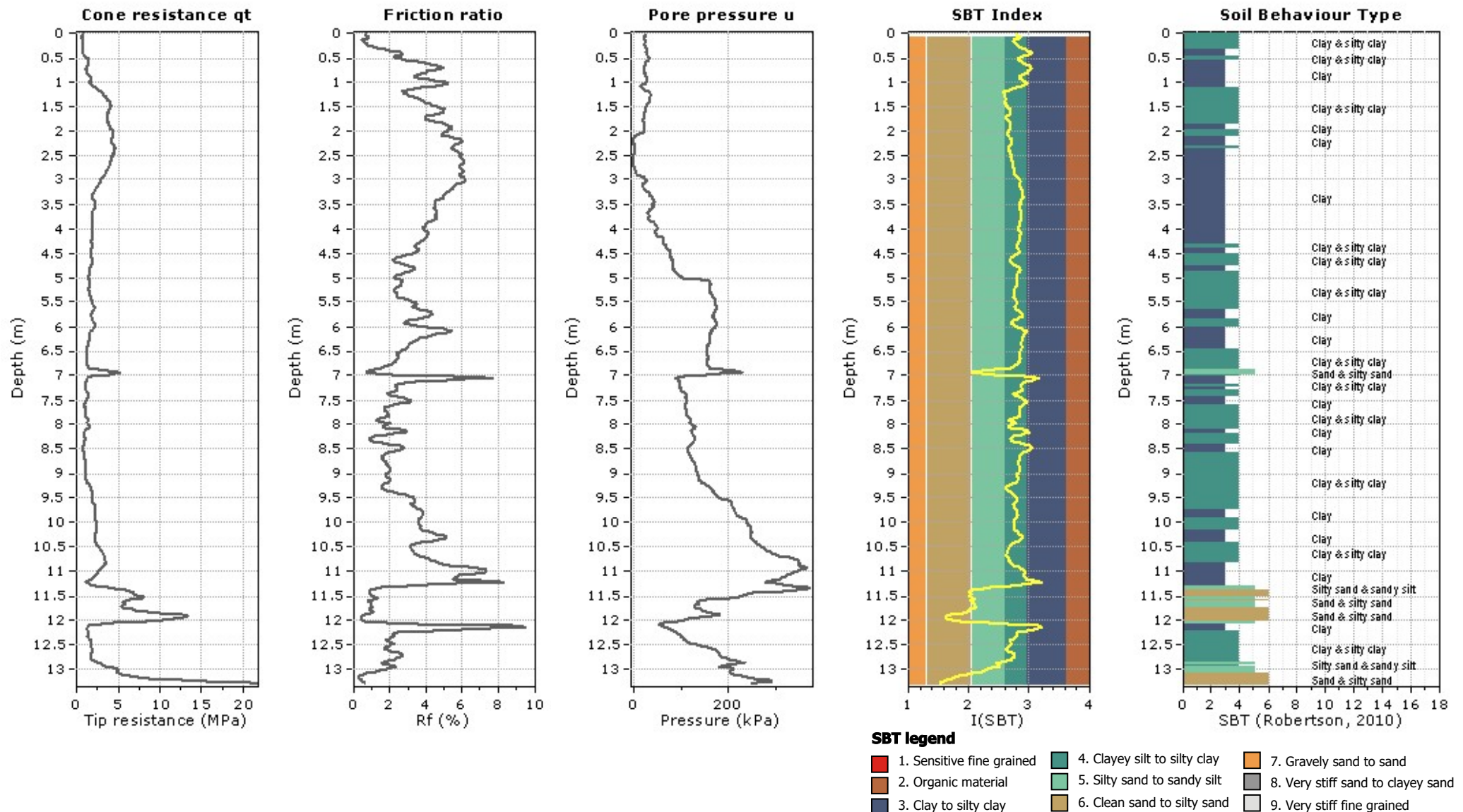
Total depth: 13.30 m, Date: 23/07/2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: G1-CPLS D 200614

Cone Operator: Geol. Cumoli-Menna





GEOTEA s.r.l.
Geologia Territorio Ambiente

GEOTEA SRL

VIA della TECNICA 57/A4

S. LAZZARO DI SAVENA (BO)

www.geoteasrl.it

CPT: CPTU2

Total depth: 13.30 m, Date: 23/07/2020

Surface Elevation: 0.00 m

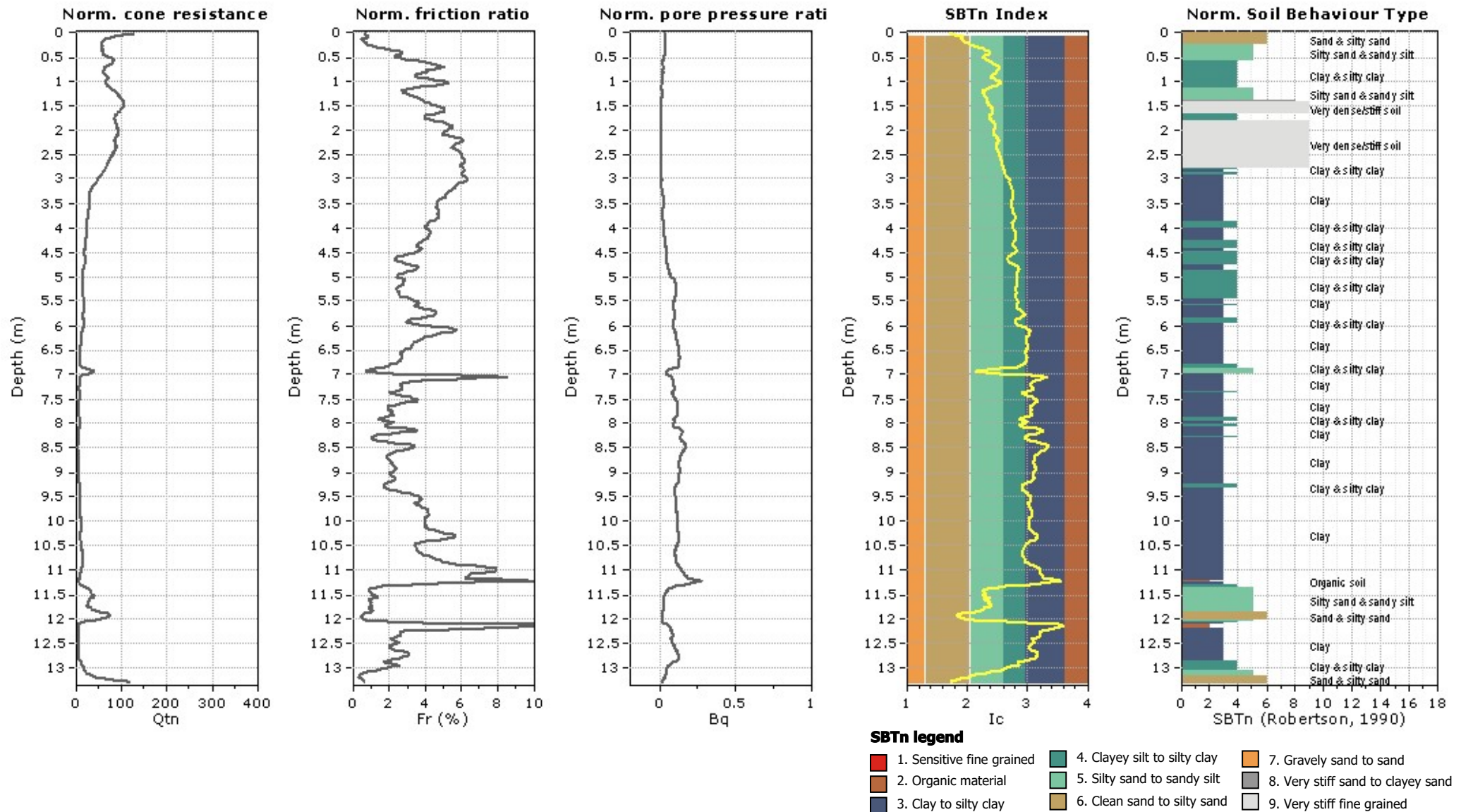
Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: G1-CPLS D 200614

Cone Operator: Geol. Cumoli-Menna

Project: 20.235 - LABO' SRL

Location: LOTTIZZAZIONE CRESPPELLANO (BO)





GEOTEA s.r.l.
Geologia Territorio Ambiente

GEOTEA SRL

VIA della TECNICA 57/A4

S. LAZZARO DI SAVENA (BO)

www.geoteasrl.it

Project: 20.235 - LABO' SRL

Location: LOTTIZZAZIONE CREPELLANO (BO)

CPT: CPTU2

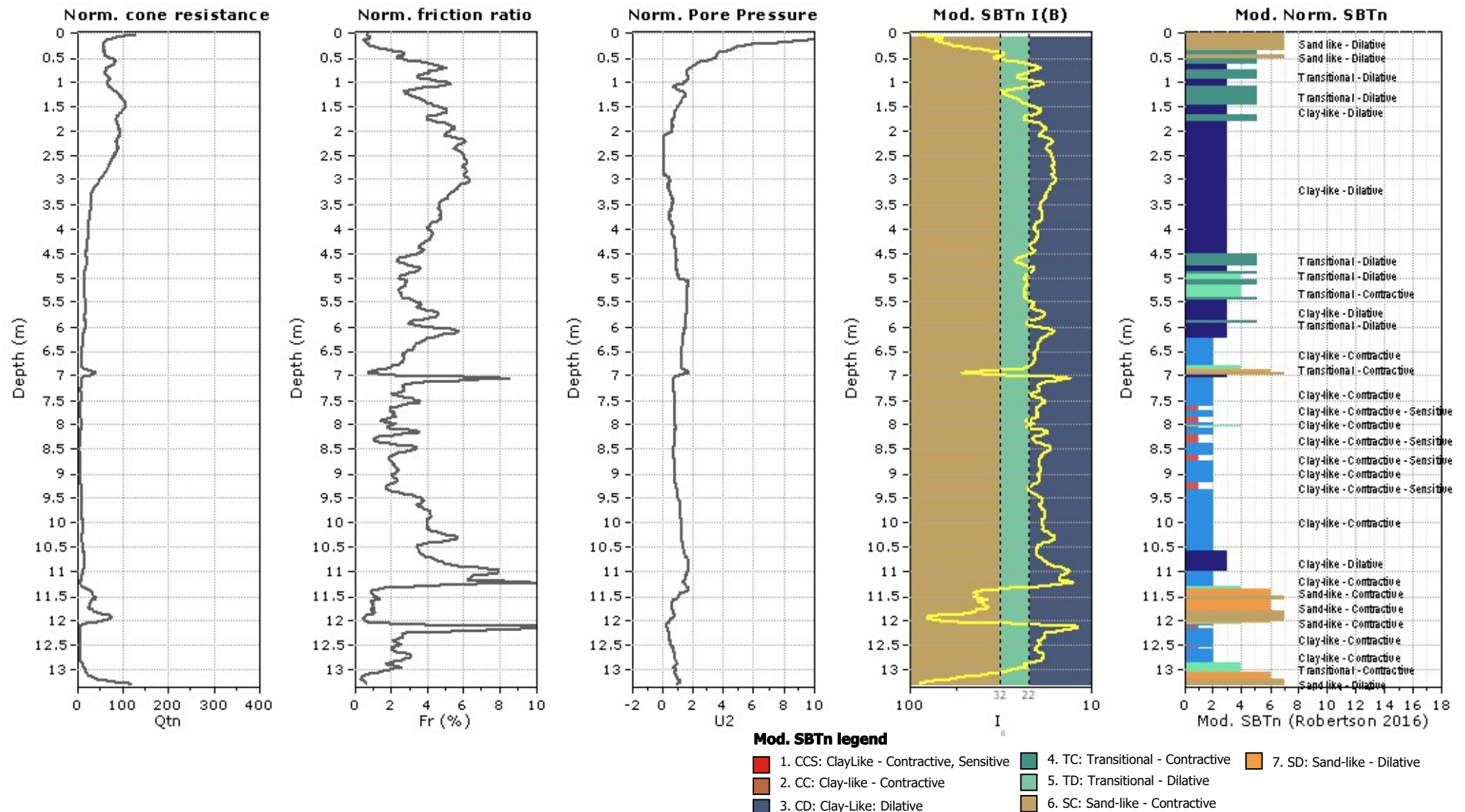
Total depth: 13.30 m, Date: 23/07/2020

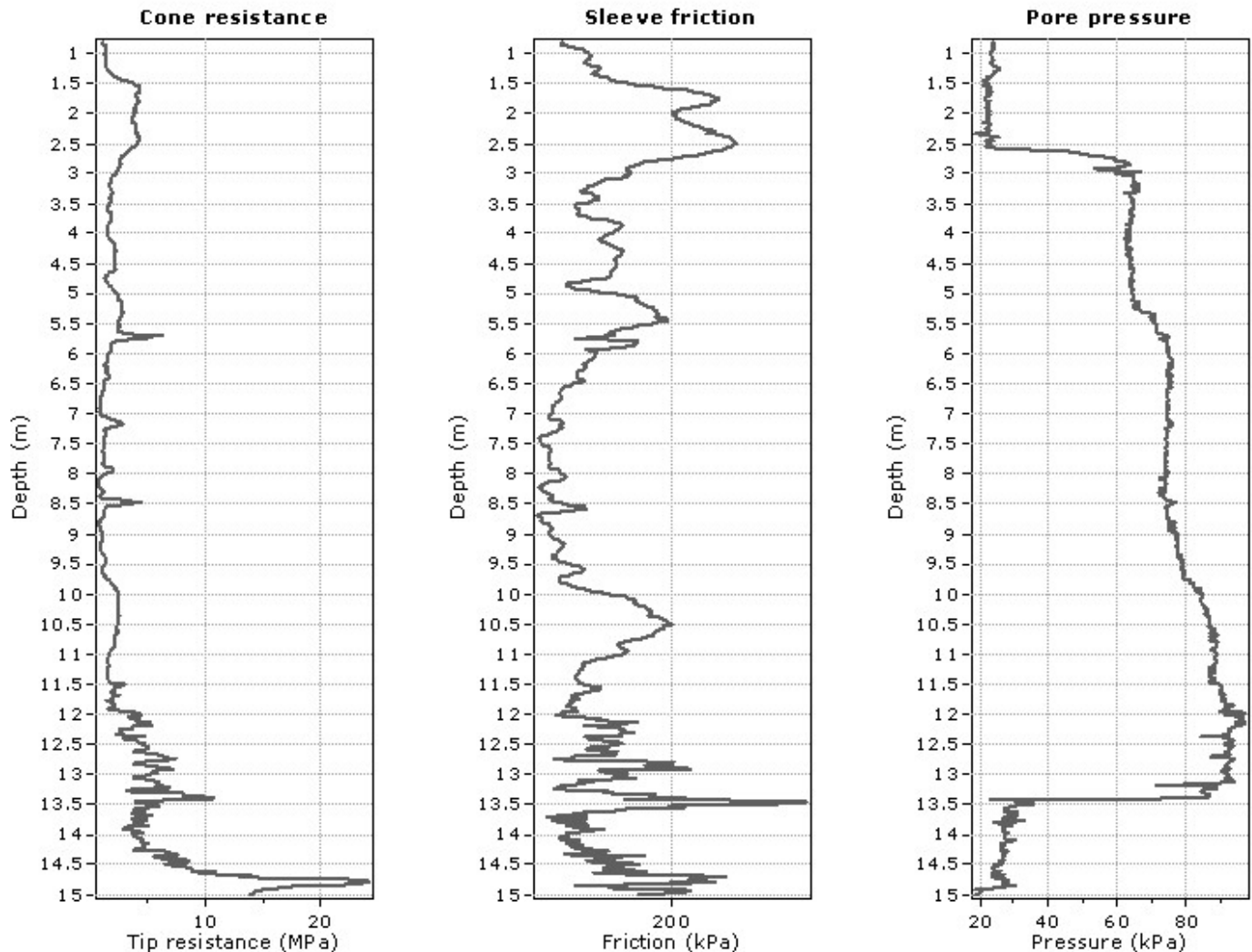
Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

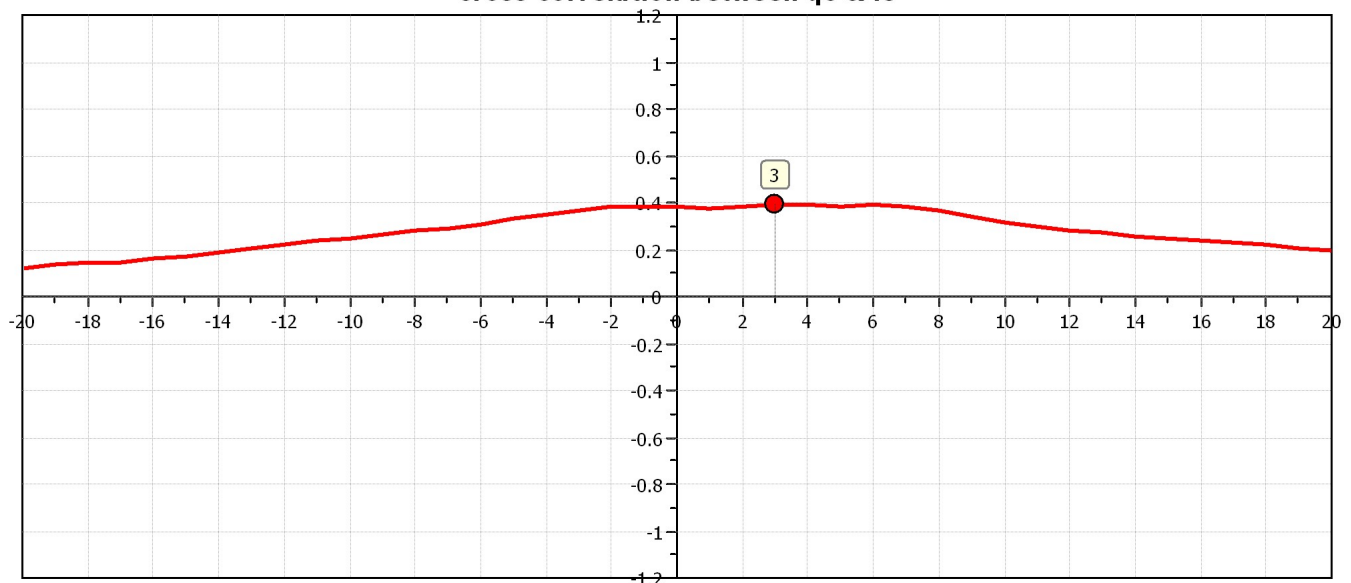
Cone Type: G1-CPLS D 200614

Cone Operator: Geol. Cumoli-Menna





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).

Cross correlation between q_c & f_s 



GEOTEA SRL
VIA della TECNICA 57/A4
S. LAZZARO DI SAVENA (BO)
www.geoteasrl.it

CPT: CPTU3

Total depth: 15.00 m, Date: 23/07/2020

Surface Elevation: 0.00 m

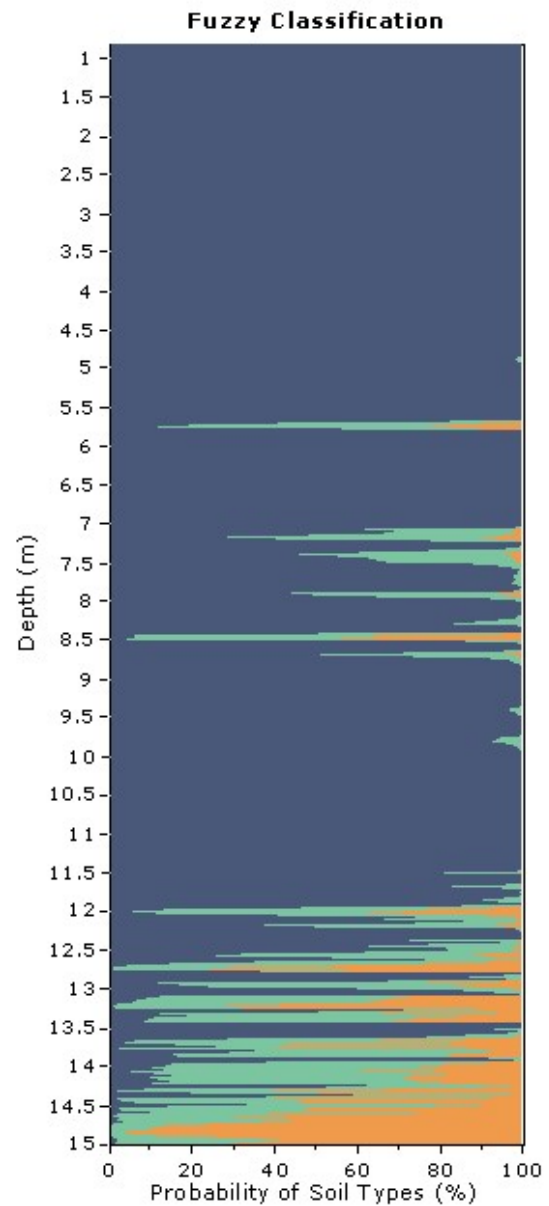
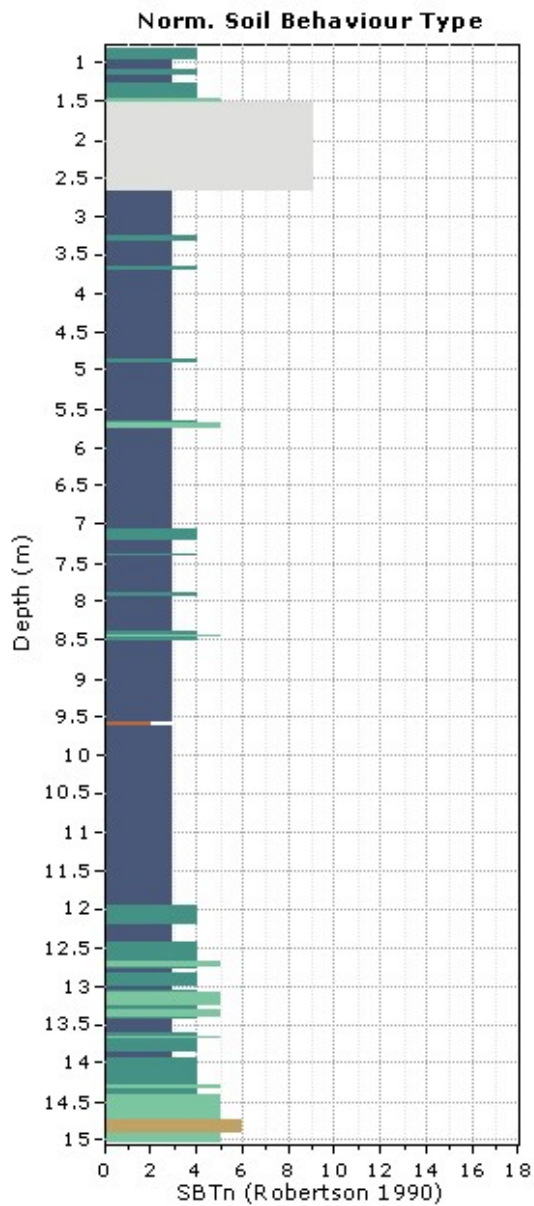
Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: G1-CPLS 141019

Cone Operator: Geol. Brancaleoni

Project: 20.235 - LABO' SRL

Location: LOTTIZZAZIONE CREPELLANO (BO)





GEOTEA s.r.l.
Geologia Territorio Ambiente

GEOTEA SRL

VIA della TECNICA 57/A4

S. LAZZARO DI SAVENA (BO)

www.geoteasrl.it

Project: 20.235 - LABO' SRL

Location: LOTTIZZAZIONE CREPELLANO (BO)

CPT: CPTU3

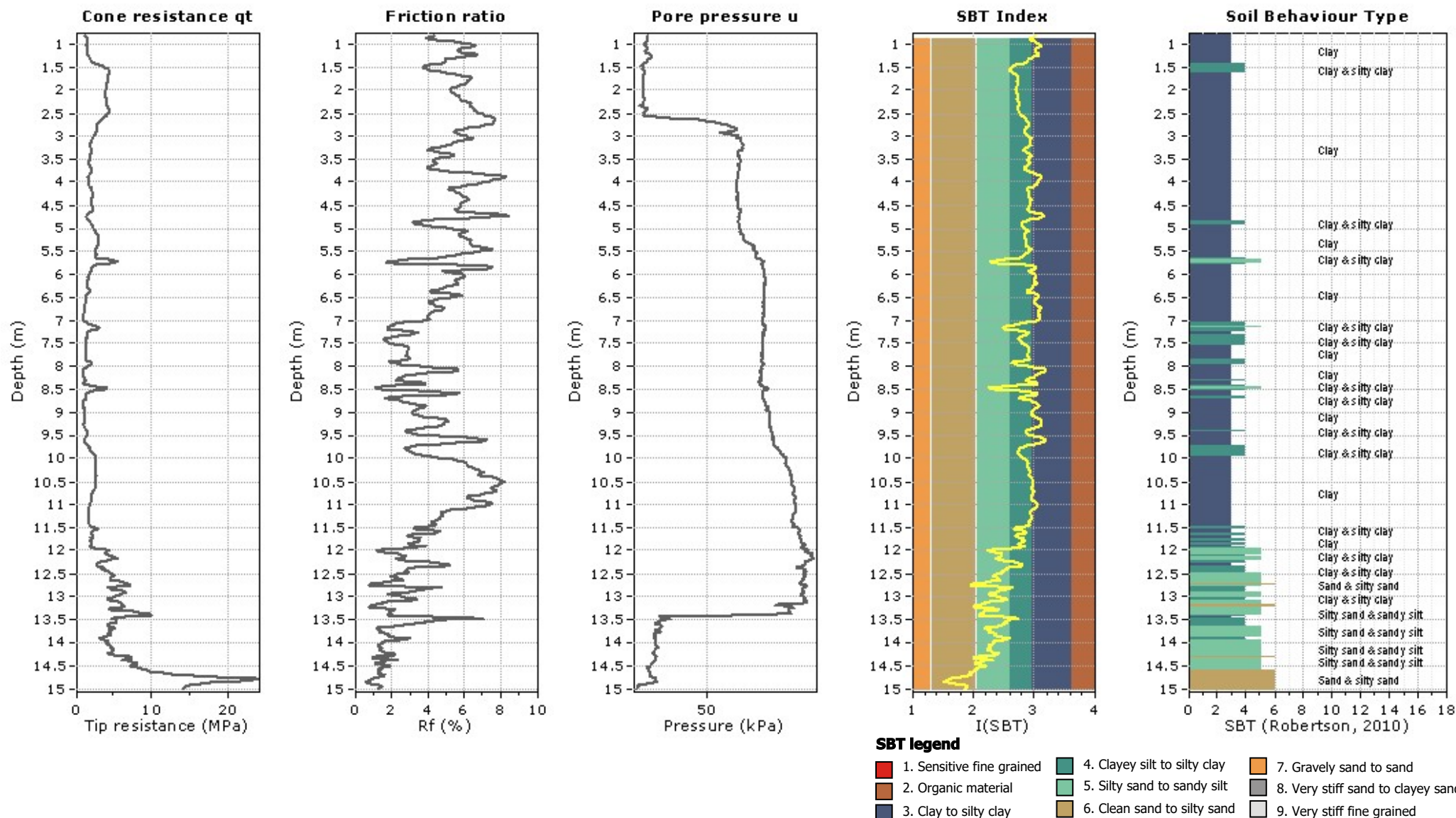
Total depth: 15.00 m, Date: 23/07/2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: G1-CPLS 141019

Cone Operator: Geol. Brancaloni





GEOTEA s.r.l.
Geologia Territorio Ambiente

GEOTEA SRL

VIA della TECNICA 57/A4
S. LAZZARO DI SAVENA (BO)
www.geoteasrl.it

CPT: CPTU3

Total depth: 15.00 m, Date: 23/07/2020

Surface Elevation: 0.00 m

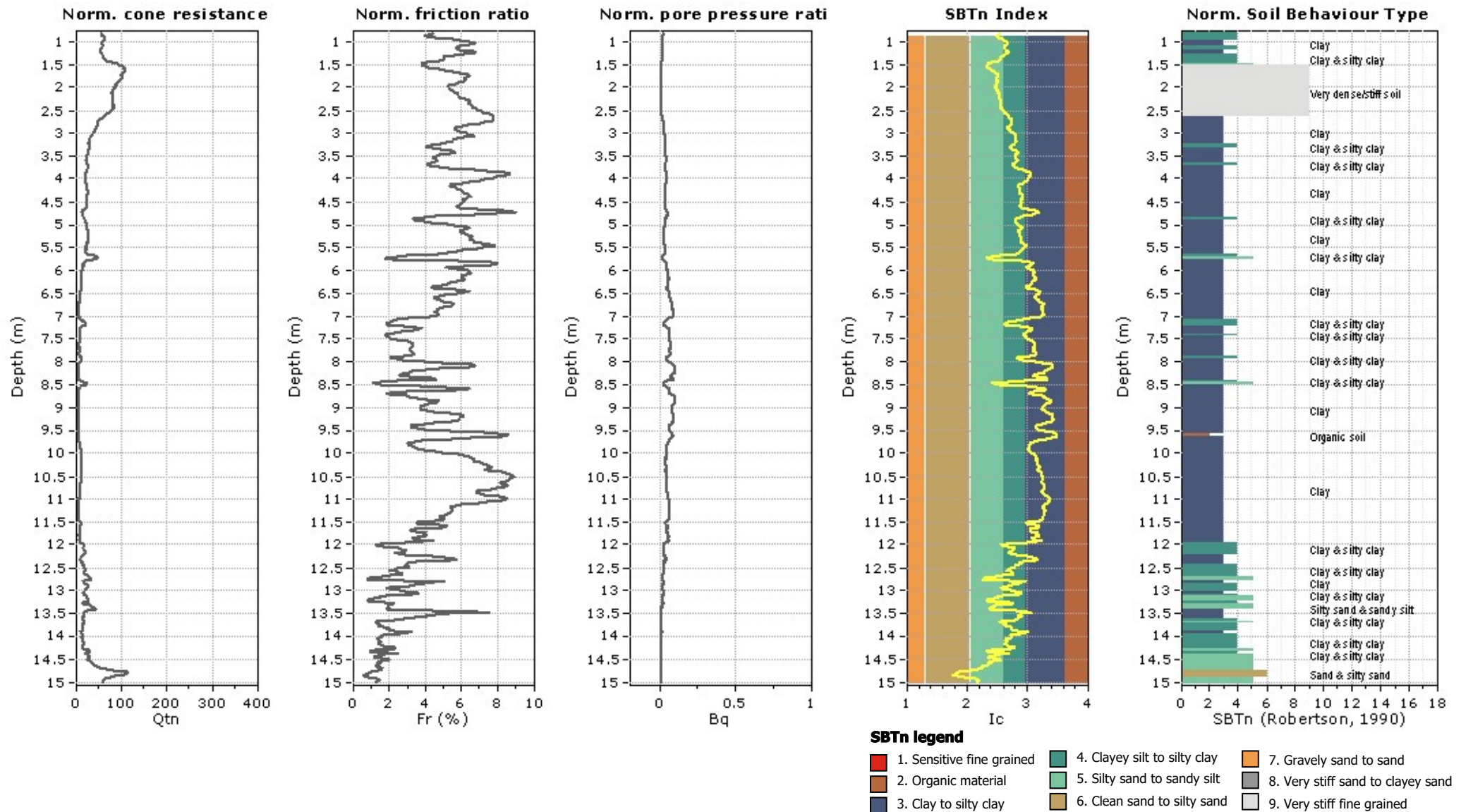
Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: G1-CPLS 141019

Cone Operator: Geol. Brancaloni

Project: 20.235 - LABO' SRL

Location: LOTTIZZAZIONE CRESPPELLANO (BO)



**GEOTEA SRL**

VIA della TECNICA 57/A4

S. LAZZARO DI SAVENA (BO)

www.geoteasrl.it

CPT: CPTU3

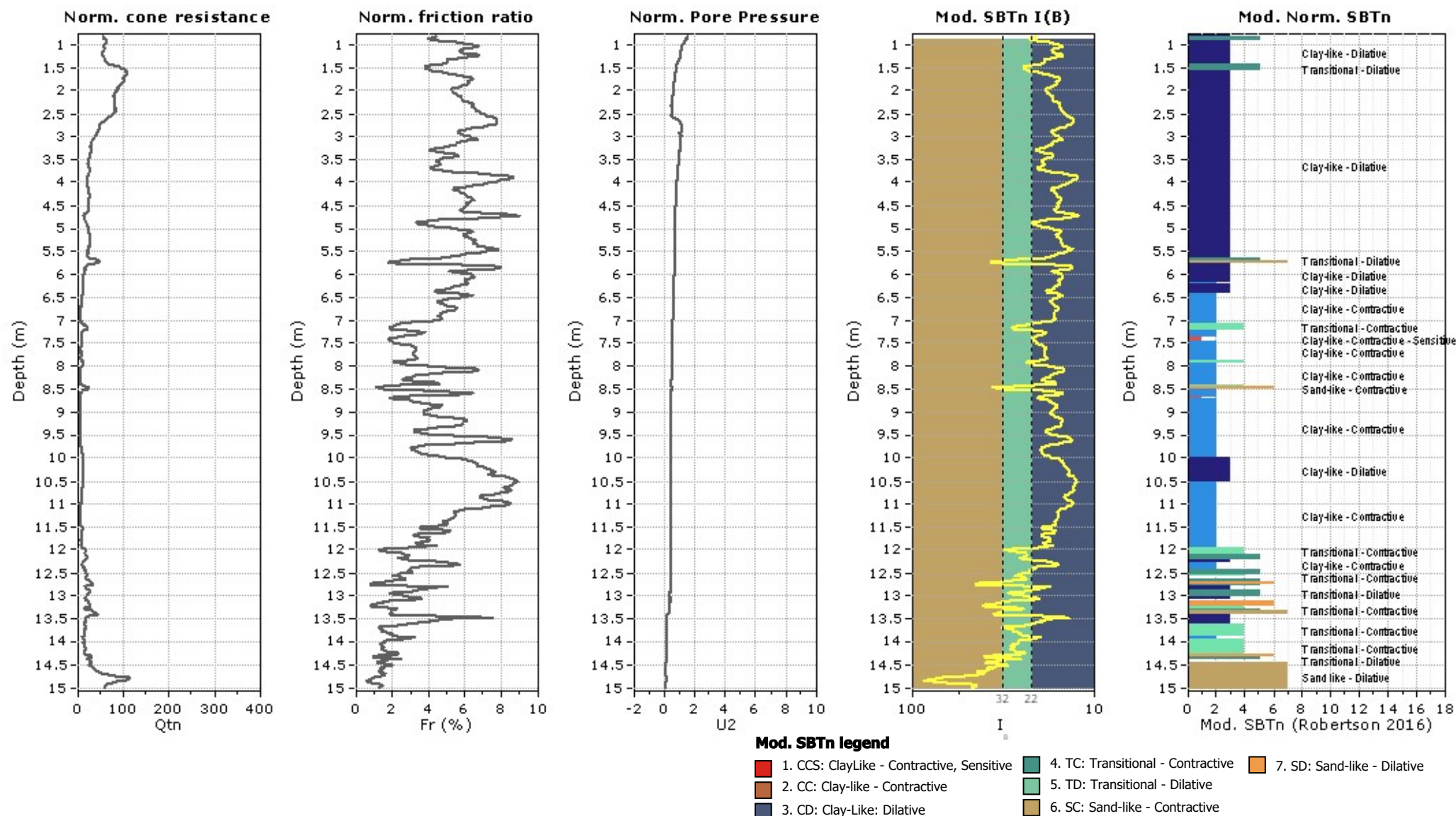
Total depth: 15.00 m, Date: 23/07/2020

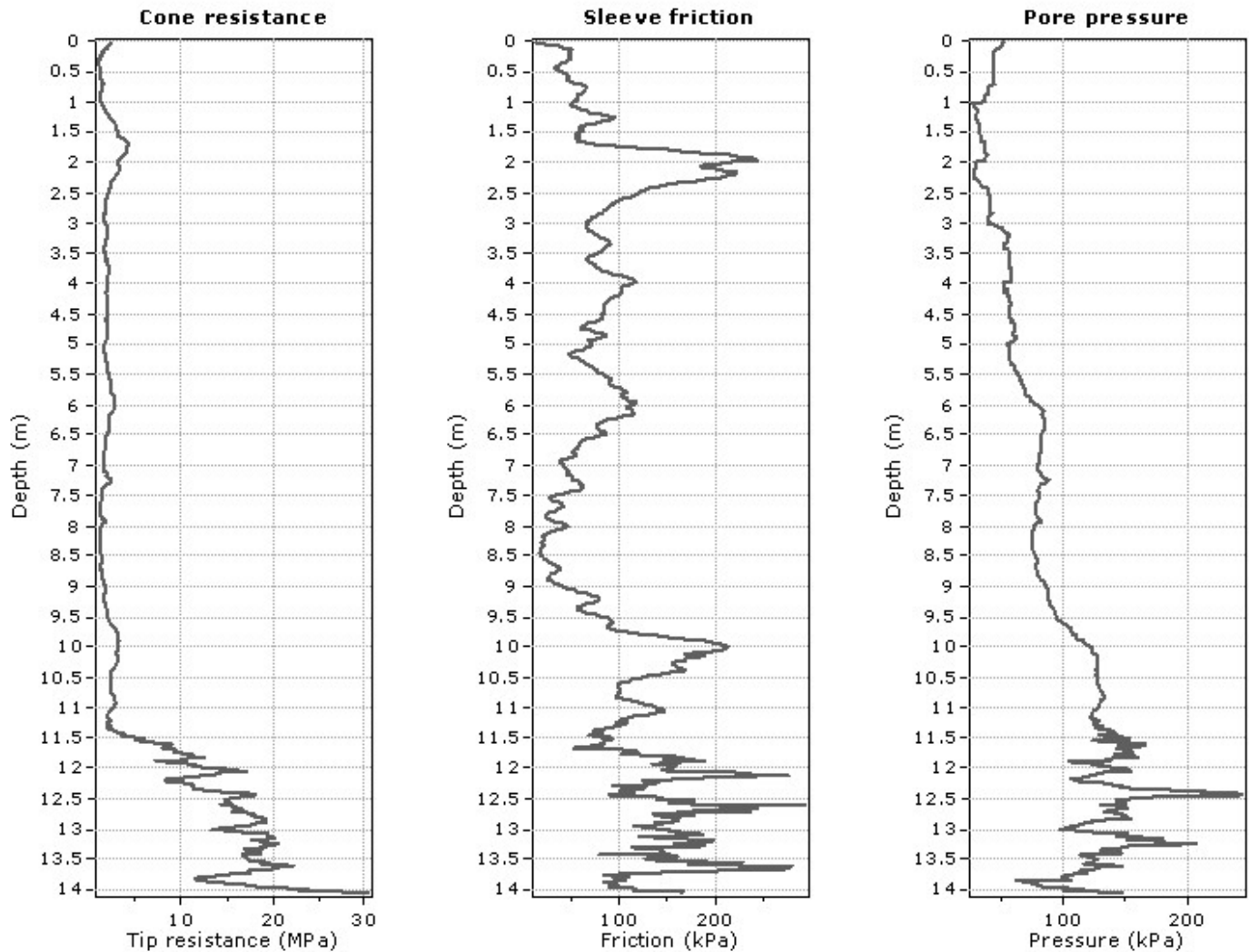
Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

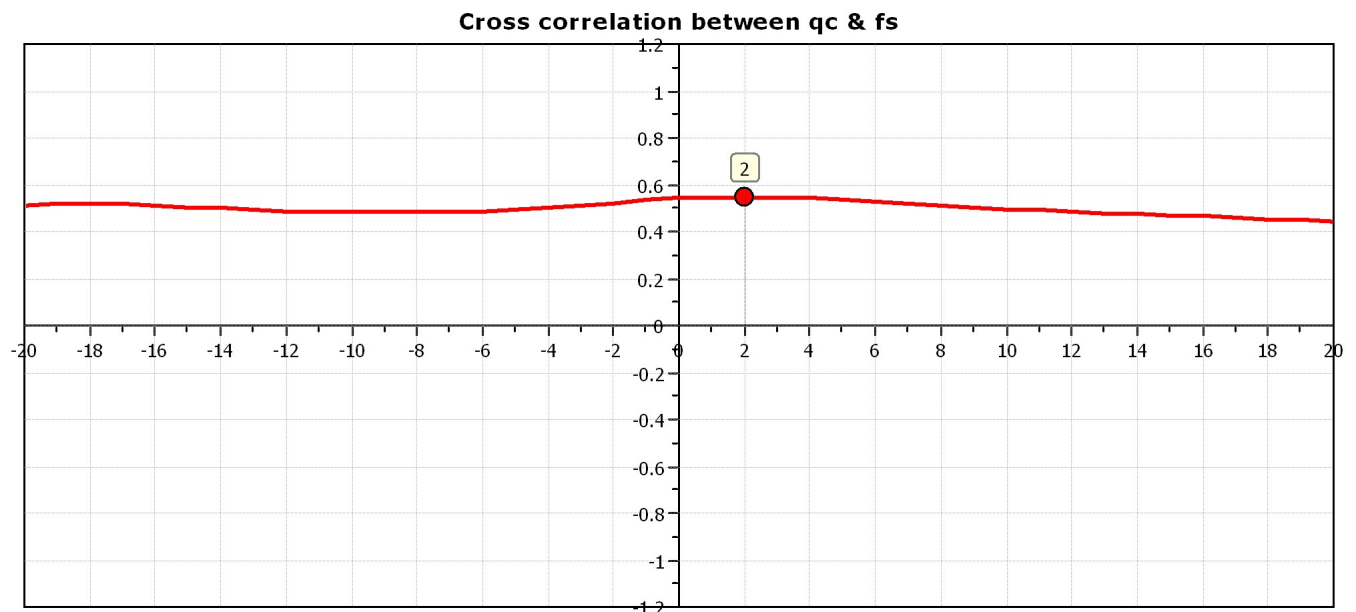
Cone Type: G1-CPLS 141019

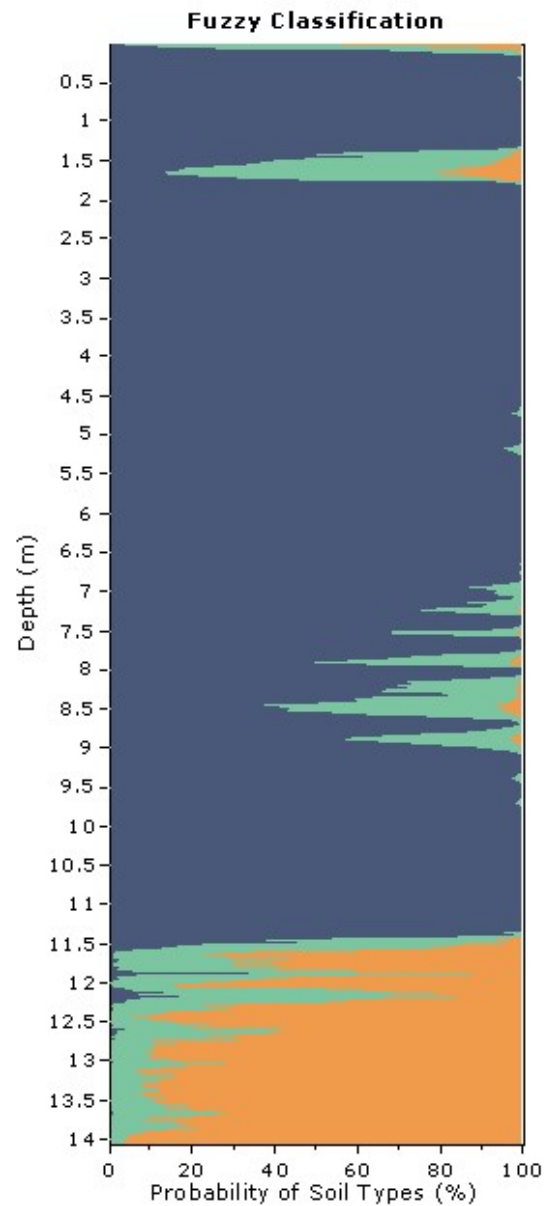
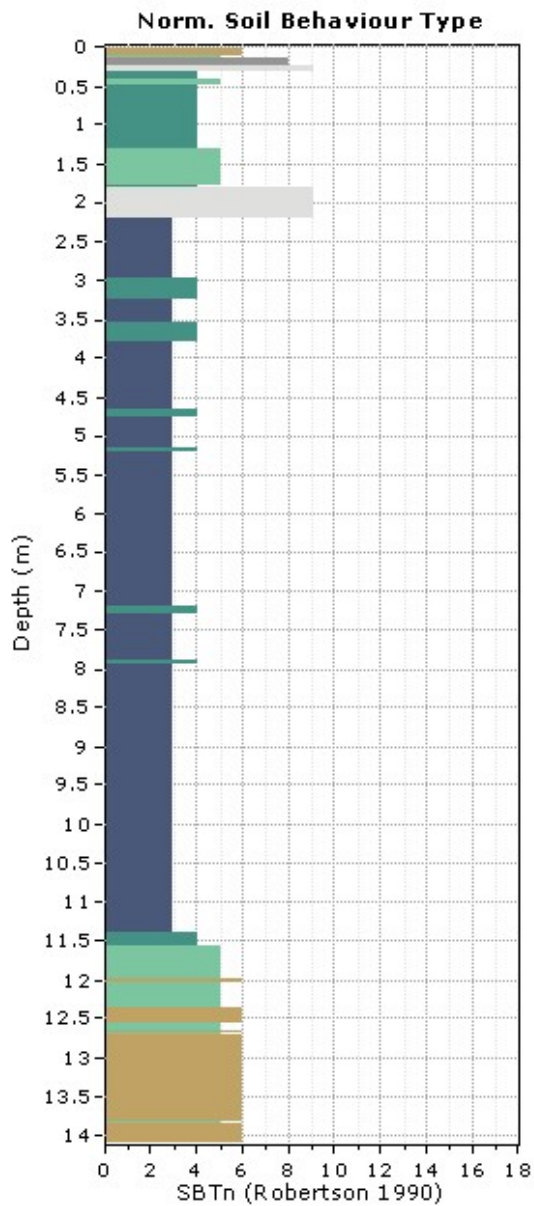
Cone Operator: Geol. Brancaloni

Project: 20.235 - LABO' SRL**Location: LOTTIZZAZIONE CREPELLANO (BO)**



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).







GEOTEA s.r.l.
Geologia Territorio Ambiente

GEOTEA SRL

VIA della TECNICA 57/A4
S. LAZZARO DI SAVENA (BO)
www.geoteasrl.it

Project: 20.235 - LABO' SRL

Location: LOTTIZZAZIONE CRESPPELLANO (BO)

CPT: CPTU4

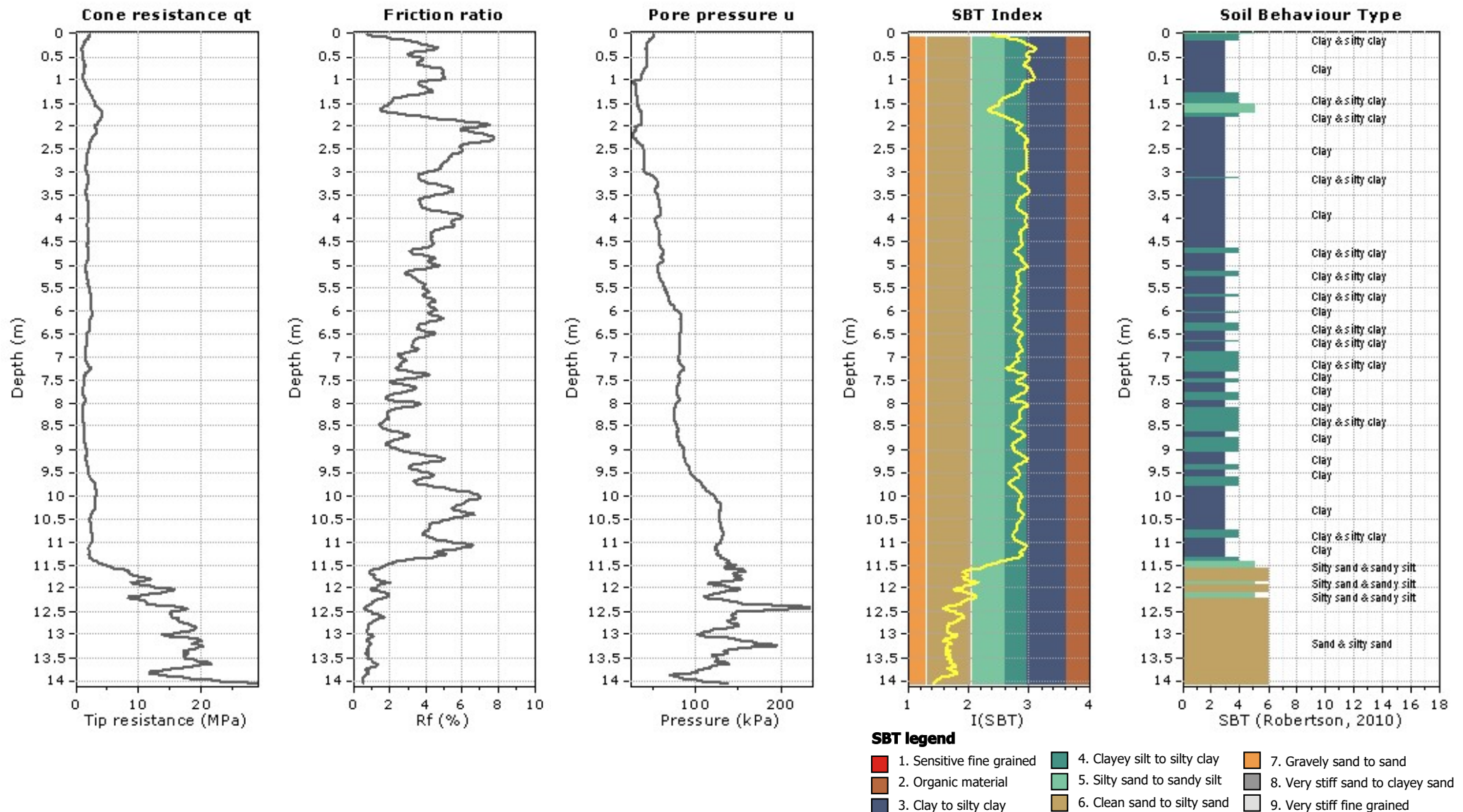
Total depth: 14.06 m, Date: 23/07/2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: G1-CPLS D 20061

Cone Operator: Geol. Cumoli-Menna





GEOTEA s.r.l.
Geologia Territorio Ambiente

GEOTEA SRL

VIA della TECNICA 57/A4

S. LAZZARO DI SAVENA (BO)

www.geoteasrl.it

CPT: CPTU4

Total depth: 14.06 m, Date: 23/07/2020

Surface Elevation: 0.00 m

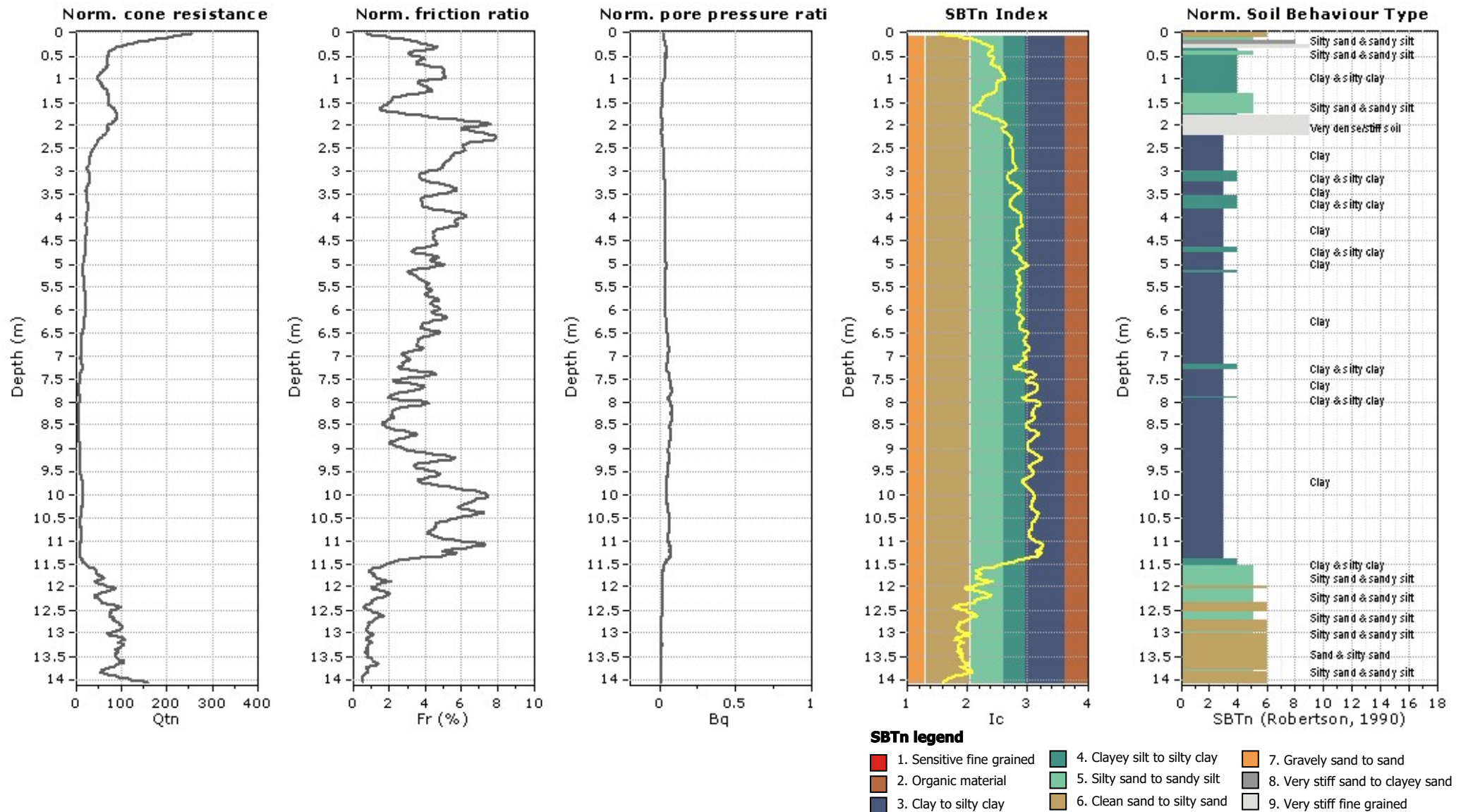
Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: G1-CPLS D 20061

Cone Operator: Geol. Cumoli-Menna

Project: 20.235 - LABO' SRL

Location: LOTTIZZAZIONE CREPELLANO (BO)





GEOTEA s.r.l.
Geologia Territorio Ambiente

GEOTEA SRL

VIA della TECNICA 57/A4
S. LAZZARO DI SAVENA (BO)
www.geoteasrl.it

CPT: CPTU4

Total depth: 14.06 m, Date: 23/07/2020

Surface Elevation: 0.00 m

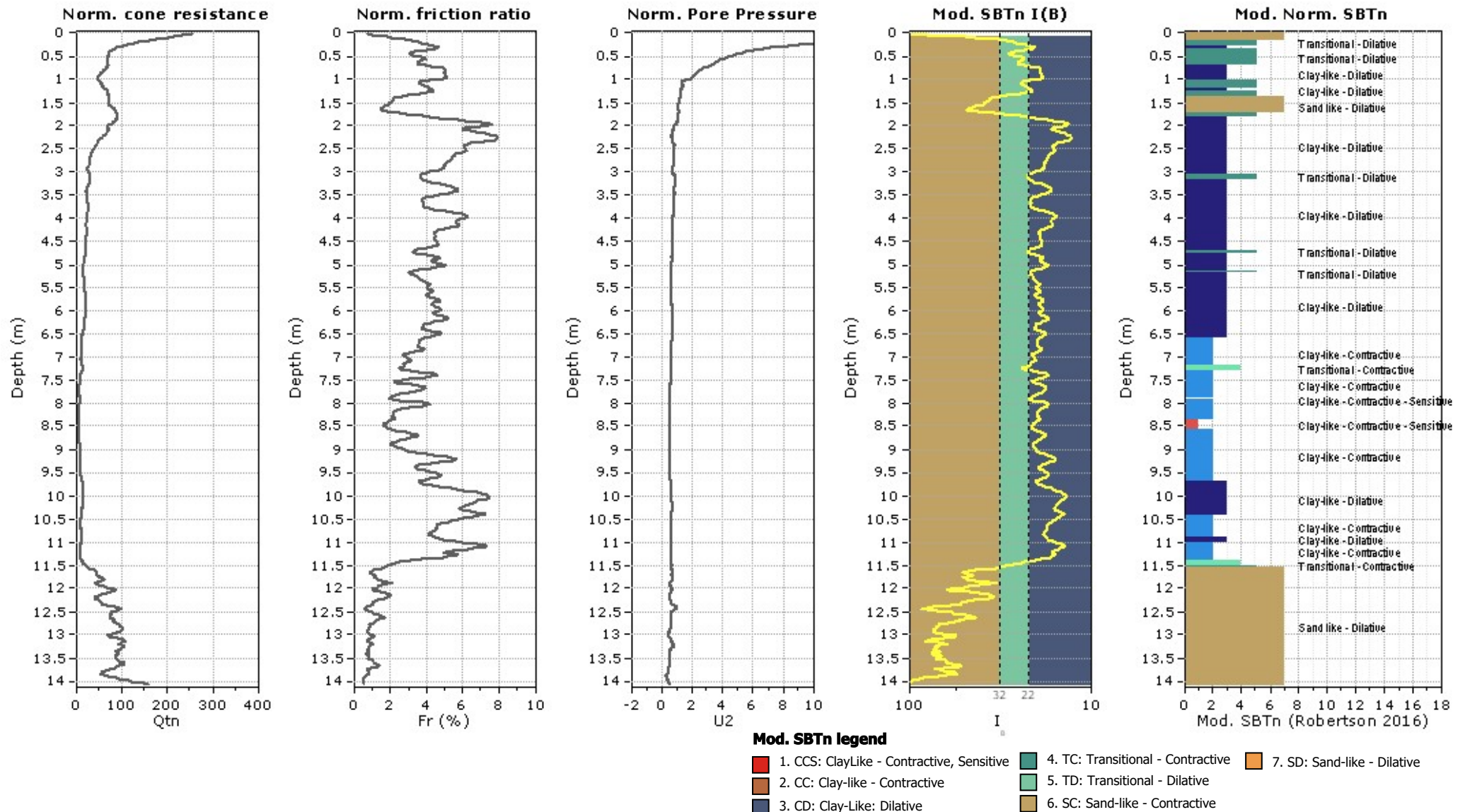
Coords: X:0.00, Y:0.00

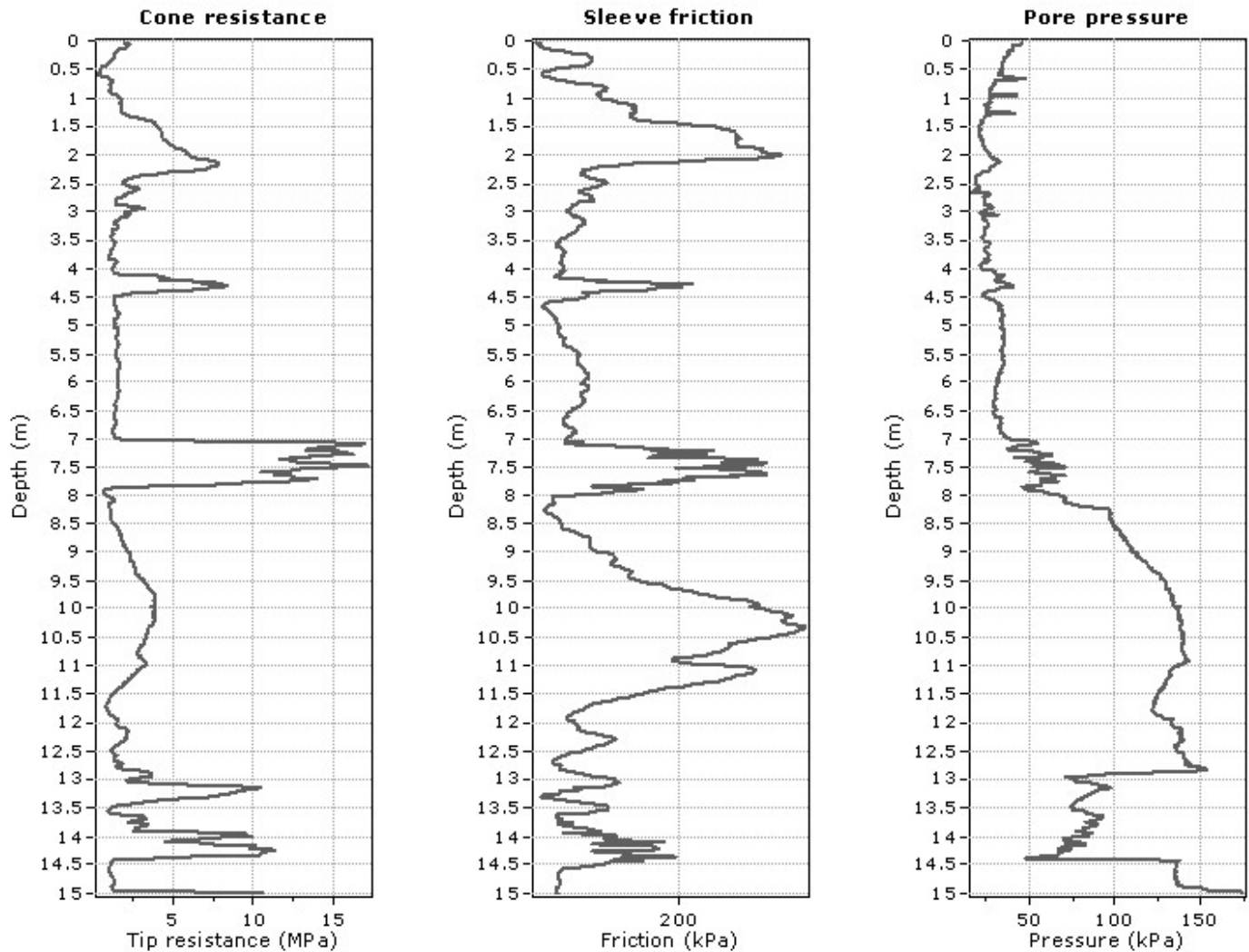
Cone Type: G1-CPLS D 20061

Cone Operator: Geol. Cumoli-Menna

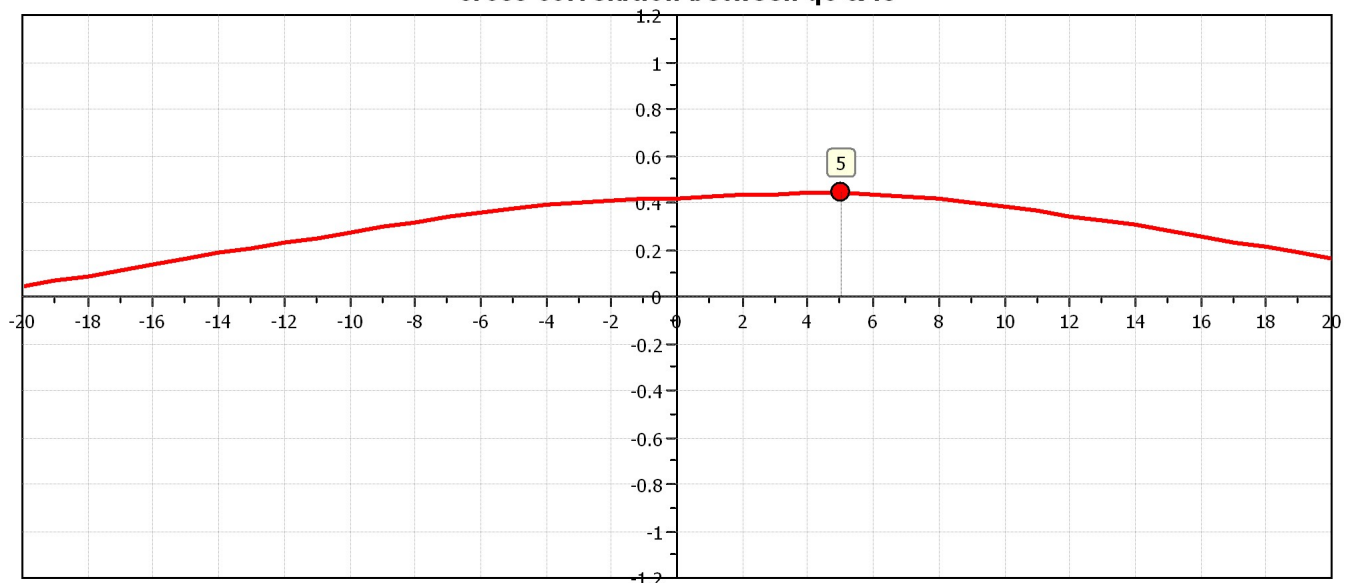
Project: 20.235 - LABO' SRL

Location: LOTTIZZAZIONE CREPELLANO (BO)





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).

Cross correlation between q_c & f_s 



GEOTEA s.r.l.
Geologia Territorio Ambiente

GEOTEA SRL
VIA della TECNICA 57/A4
S. LAZZARO DI SAVENA (BO)
www.geoteasrl.it

CPT: CPTU5

Total depth: 15.00 m, Date: 23/07/2020

Surface Elevation: 0.00 m

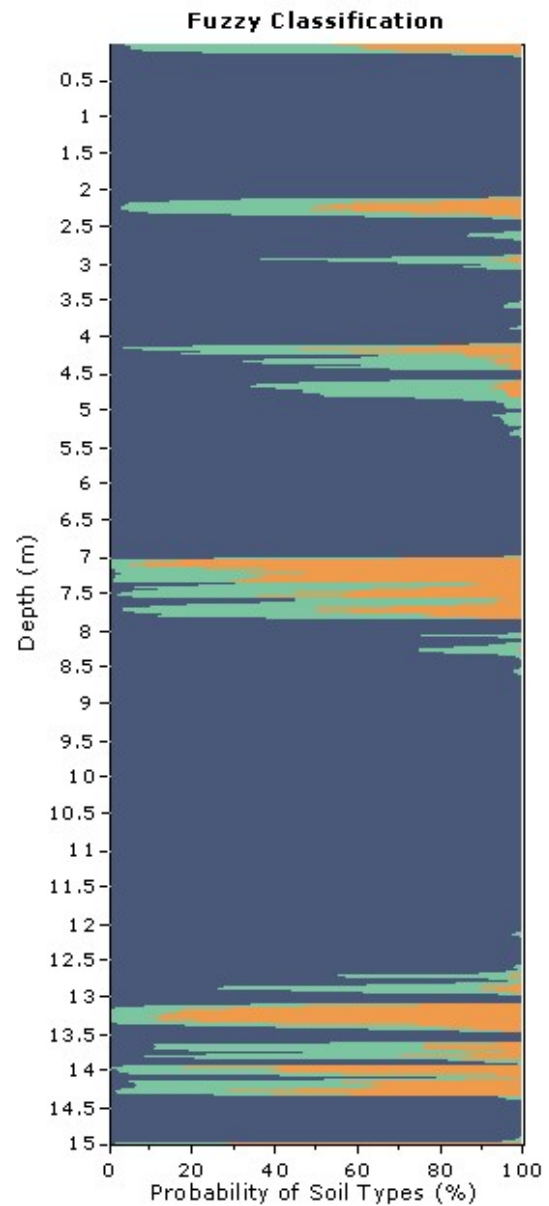
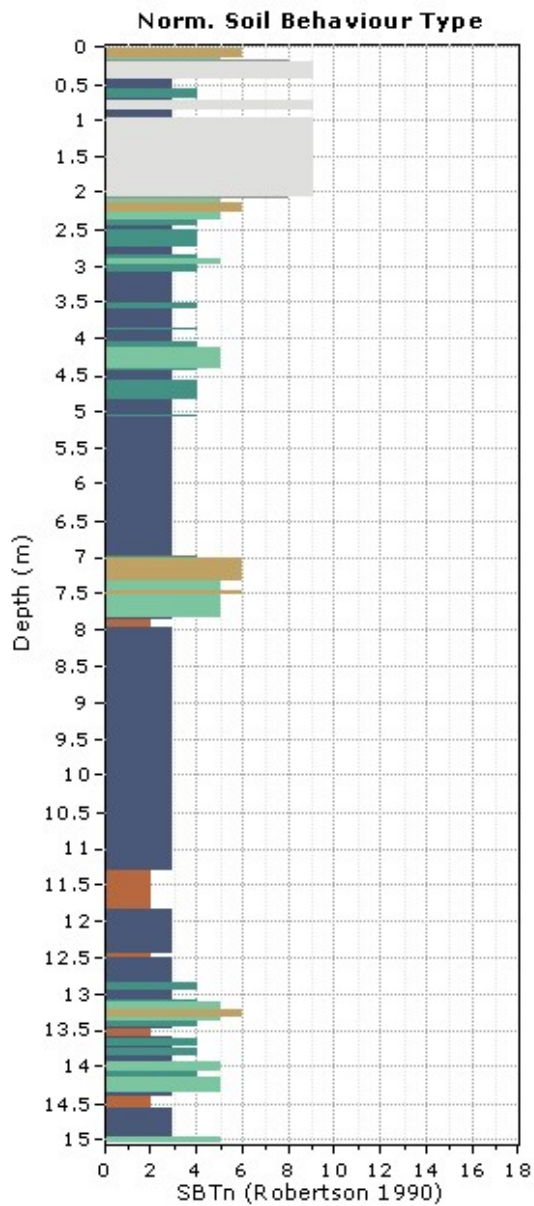
Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: G1-CPLS 141019

Cone Operator: Geol. Brancaleoni

Project: 20.235 - LABO' SRL

Location: LOTTIZZAZIONE CREPELLANO (BO)





GEOTEA s.r.l.
Geologia Territorio Ambiente

GEOTEA SRL

VIA della TECNICA 57/A4
S. LAZZARO DI SAVENA (BO)
www.geoteasrl.it

CPT: CPTU5

Total depth: 15.00 m, Date: 23/07/2020

Surface Elevation: 0.00 m

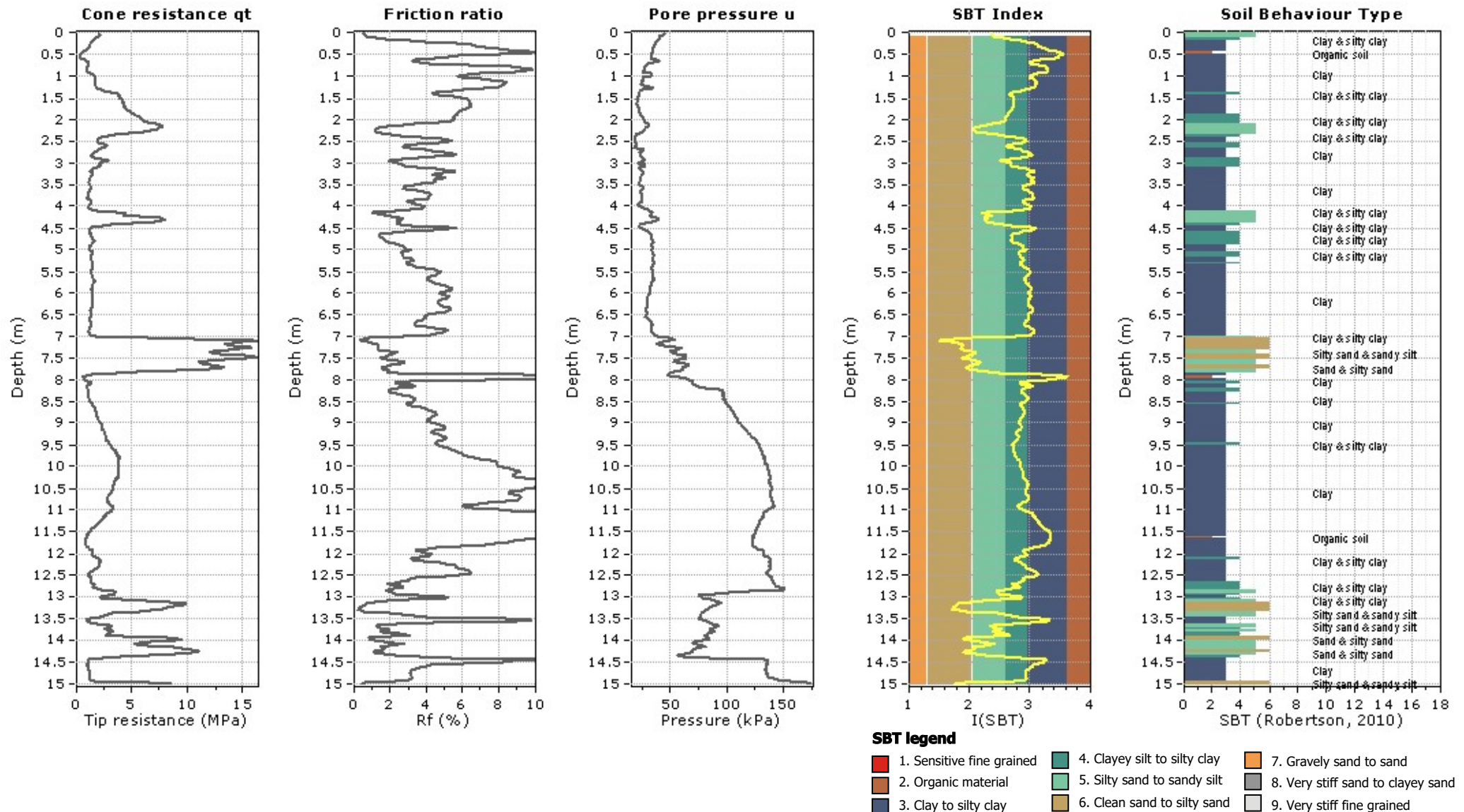
Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: G1-CPLS 141019

Cone Operator: Geol. Brancaloni

Project: 20.235 - LABO' SRL

Location: LOTTIZZAZIONE CREPELLANO (BO)





GEOTEA s.r.l.
Geologia Territorio Ambiente

GEOTEA SRL

VIA della TECNICA 57/A4

S. LAZZARO DI SAVENA (BO)

www.geoteasrl.it

Project: 20.235 - LABO' SRL

Location: LOTTIZZAZIONE CRESPPELLANO (BO)

CPT: CPTU5

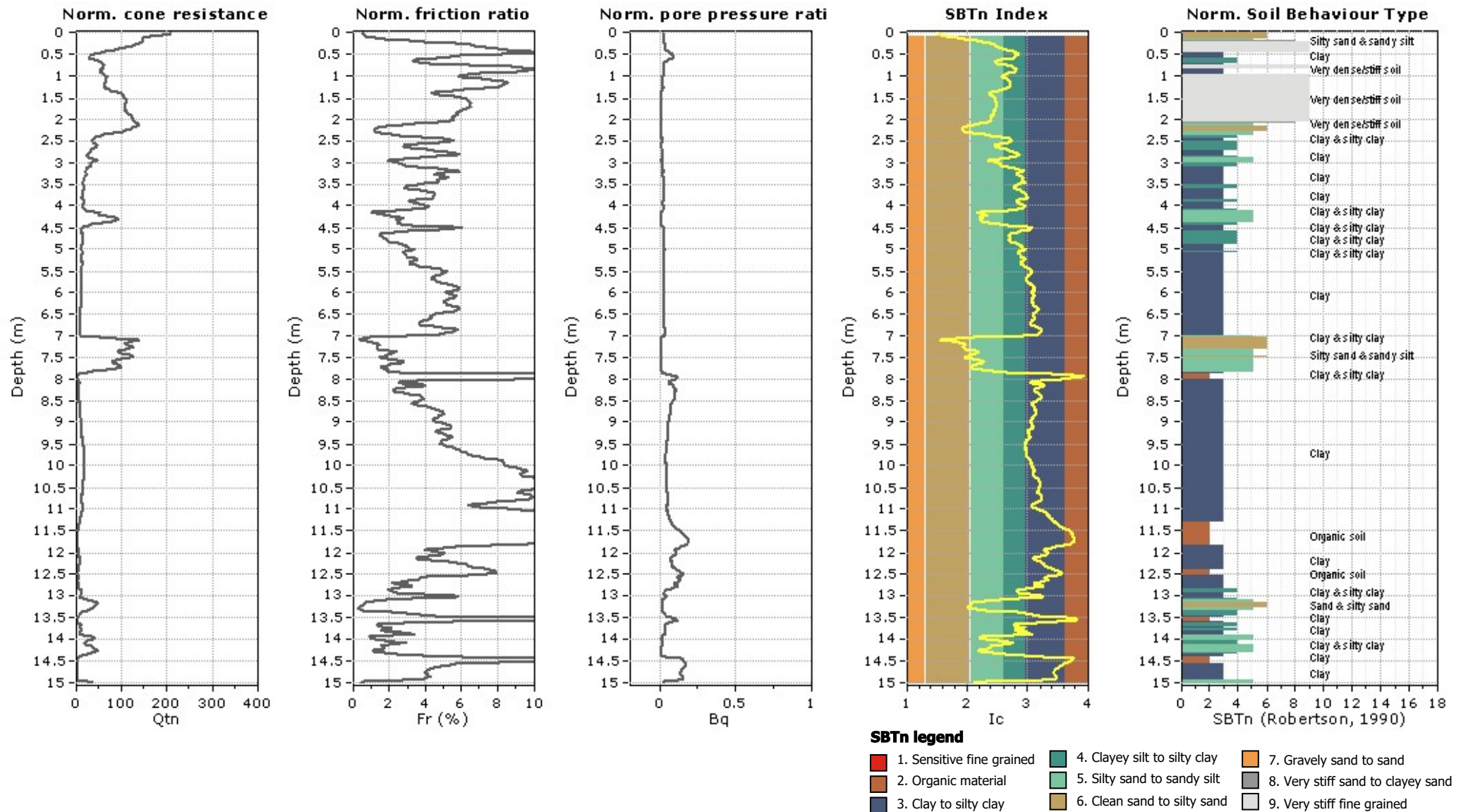
Total depth: 15.00 m, Date: 23/07/2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: G1-CPLS 141019

Cone Operator: Geol. Brancaloni





GEOTEA s.r.l.
Geologia Territorio Ambiente

GEOTEA SRL

VIA della TECNICA 57/A4

S. LAZZARO DI SAVENA (BO)

www.geoteasrl.it

Project: 20.235 - LABO' SRL

Location: LOTTIZZAZIONE CREPELLANO (BO)

CPT: CPTU5

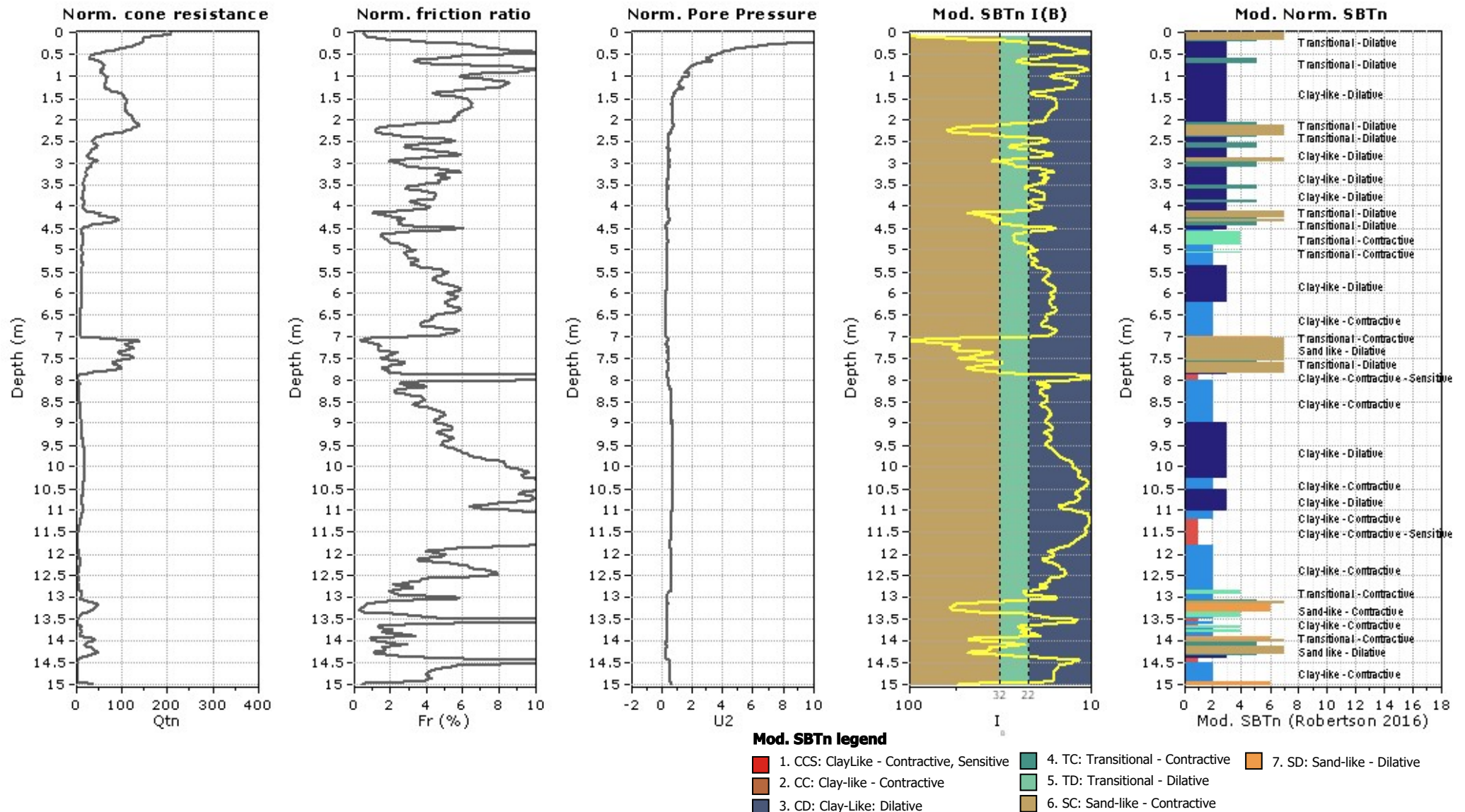
Total depth: 15.00 m, Date: 23/07/2020

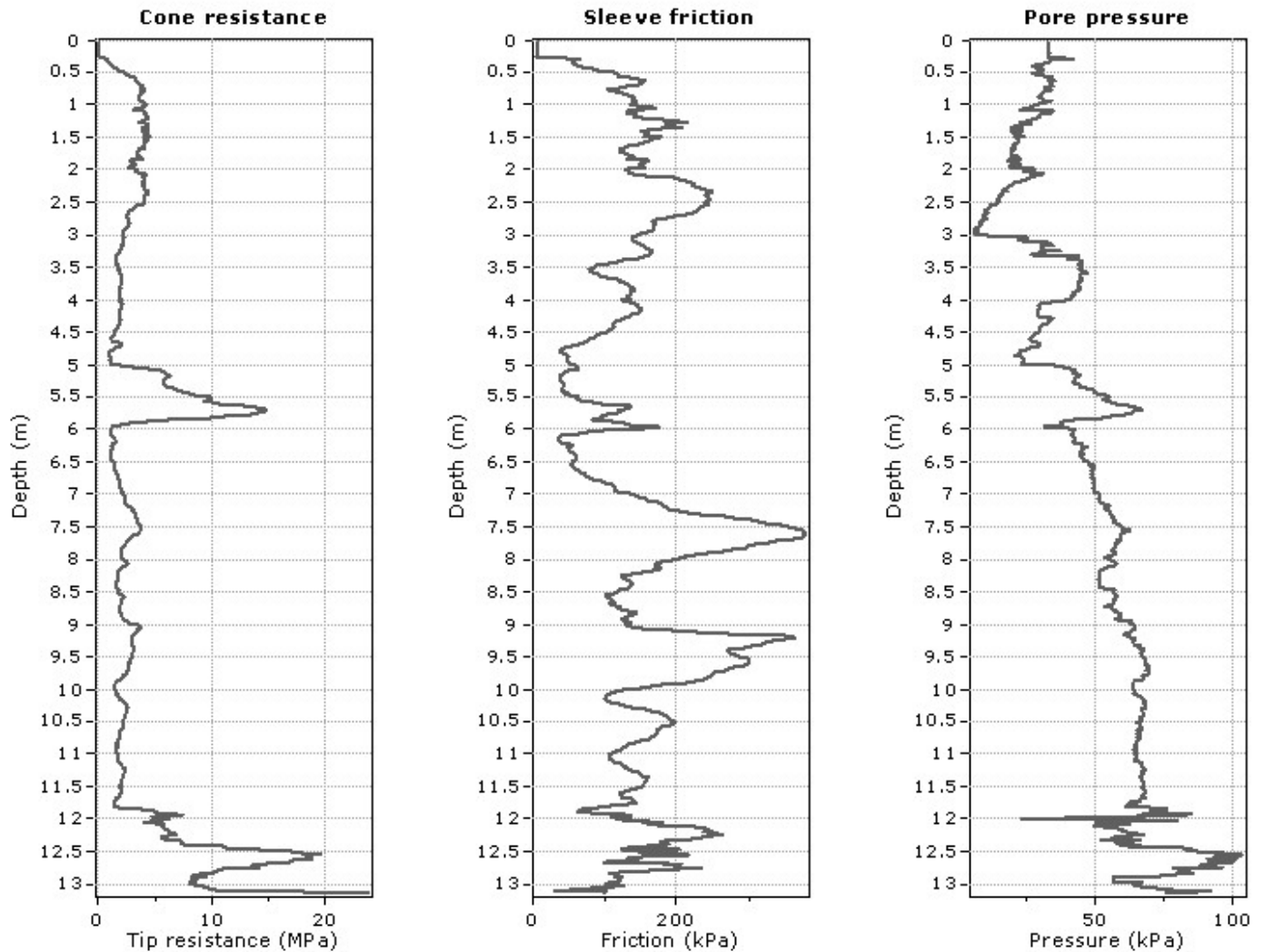
Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

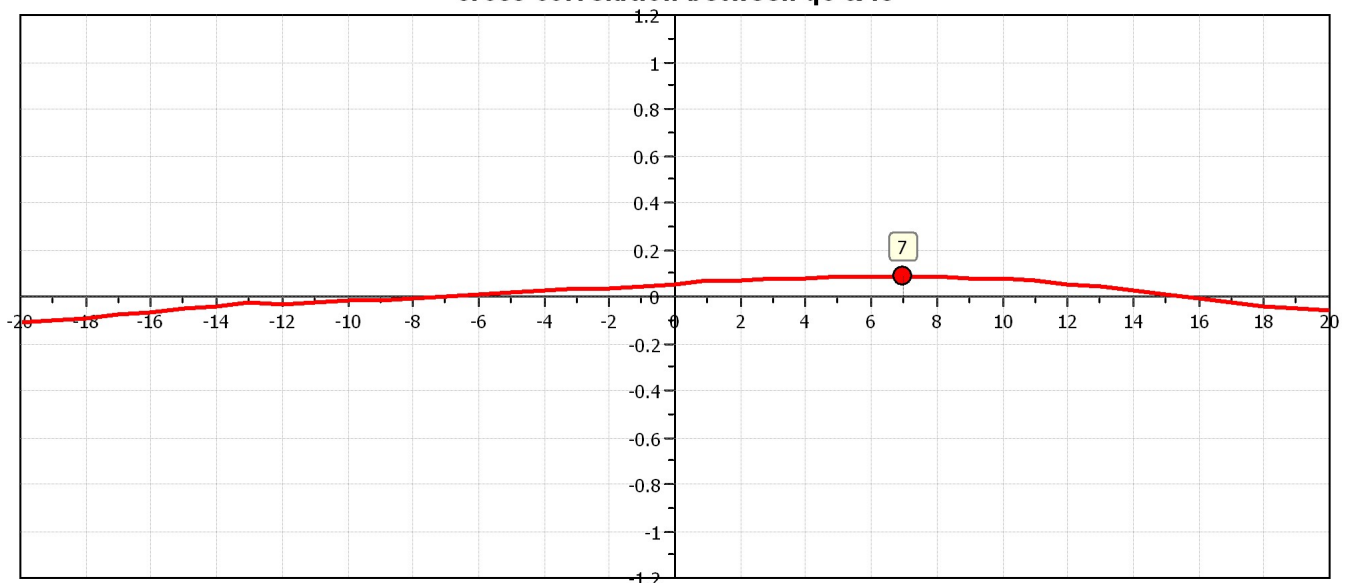
Cone Type: G1-CPLS 141019

Cone Operator: Geol. Brancaloni





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).

Cross correlation between q_c & f_s 



GEOTEA SRL
VIA della TECNICA 57/A4
S. LAZZARO DI SAVENA (BO)
www.geoteasrl.it

CPT: CPTU6

Total depth: 13.14 m, Date: 23/07/2020

Surface Elevation: 0.00 m

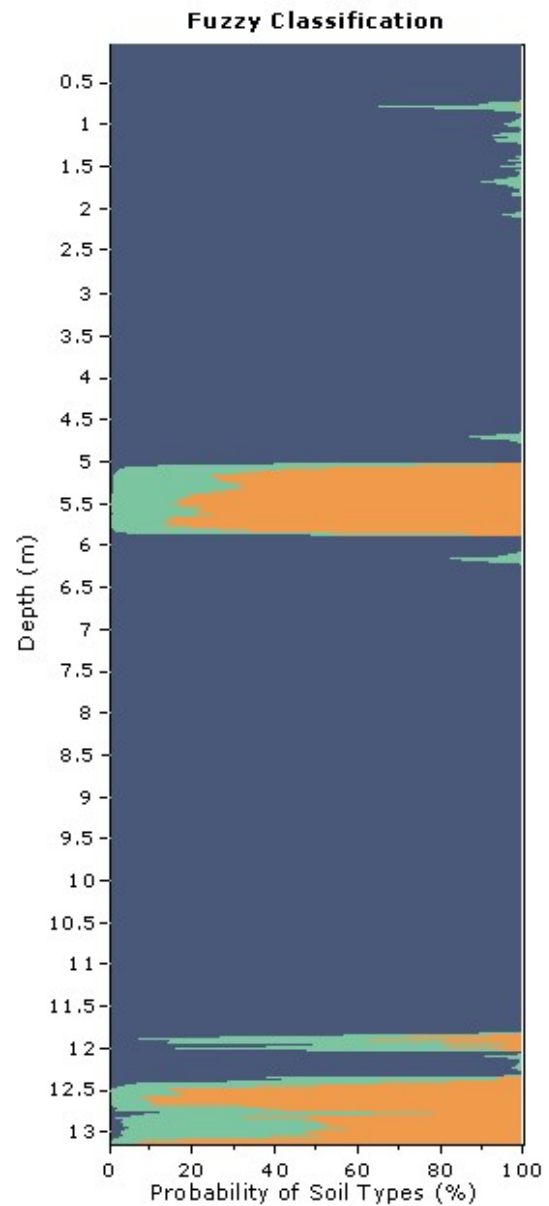
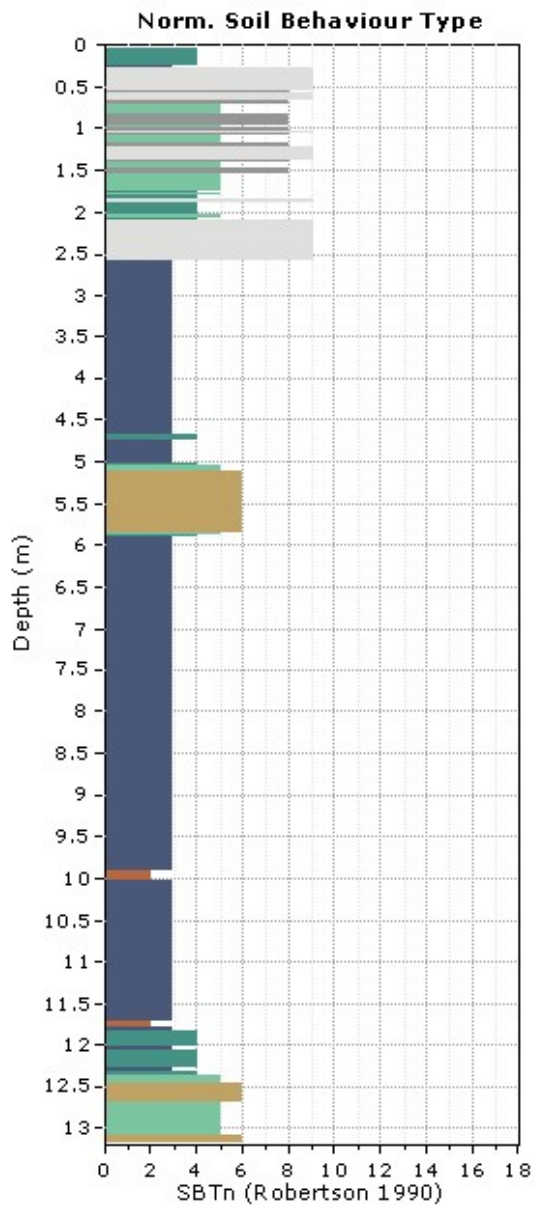
Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: G1-CPLS 141019

Cone Operator: Geol. Brancaleoni

Project: 20.235 - LABO' SRL

Location: LOTTIZZAZIONE CREPELLANO (BO)





GEOTEA s.r.l.
Geologia Territorio Ambiente

GEOTEA SRL

VIA della TECNICA 57/A4
S. LAZZARO DI SAVENA (BO)
www.geoteasrl.it

Project: 20.235 - LABO' SRL

Location: LOTTIZZAZIONE CREPELLANO (BO)

CPT: CPTU6

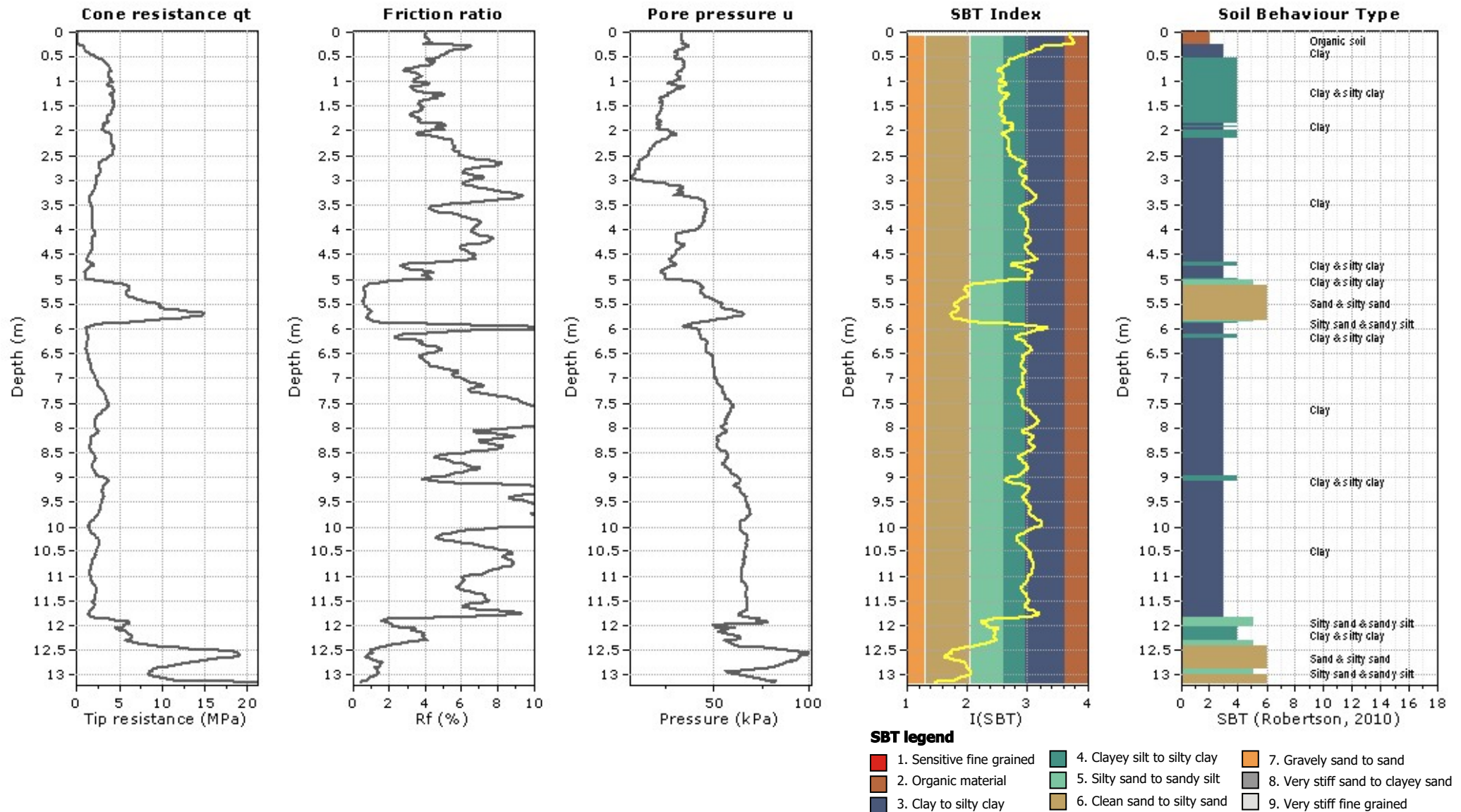
Total depth: 13.14 m, Date: 23/07/2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: G1-CPLS 141019

Cone Operator: Geol. Brancaloni





GEOTEA s.r.l.
Geologia Territorio Ambiente

GEOTEA SRL

VIA della TECNICA 57/A4

S. LAZZARO DI SAVENA (BO)

www.geoteasrl.it

Project: 20.235 - LABO' SRL

Location: LOTTIZZAZIONE CREPELLANO (BO)

CPT: CPTU6

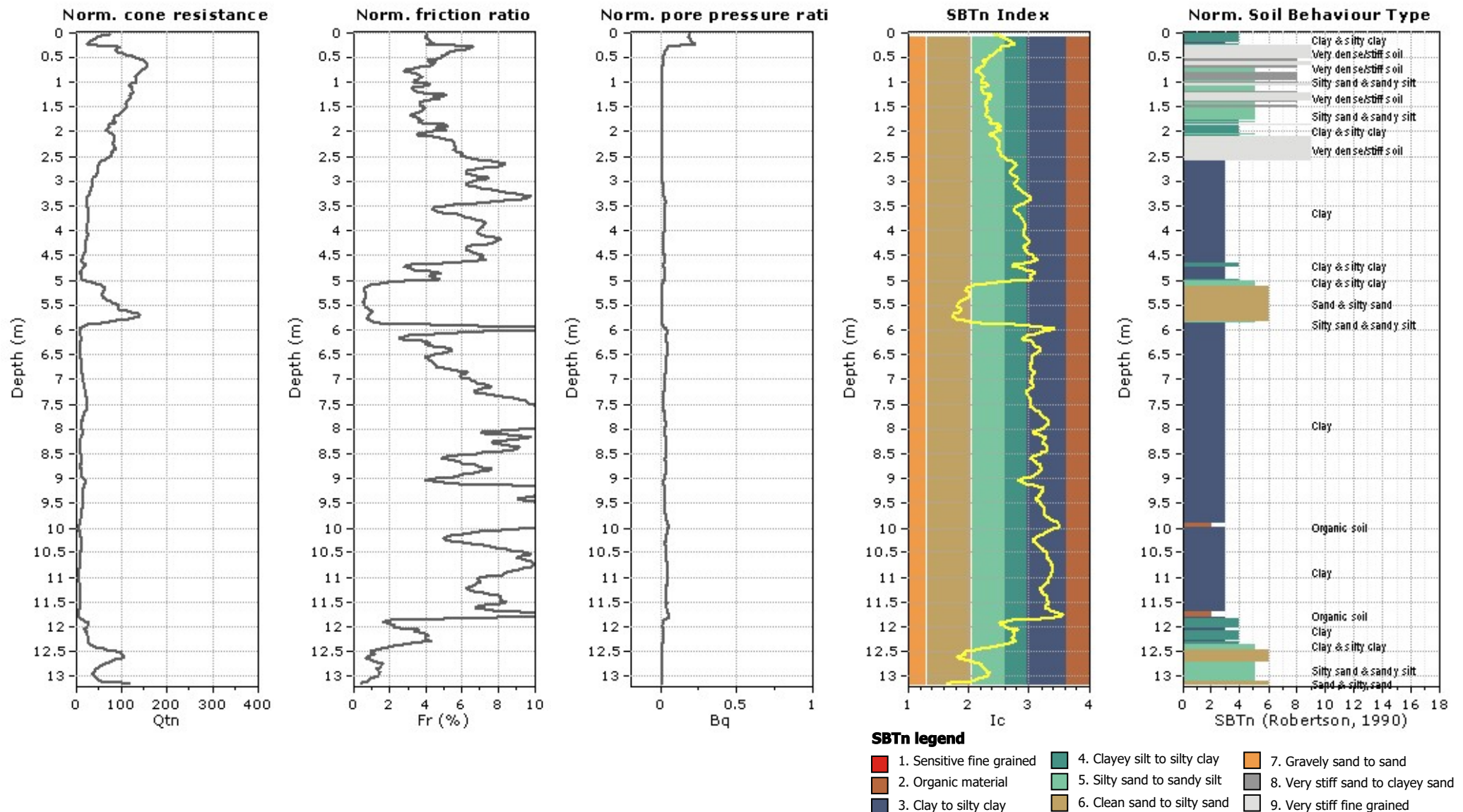
Total depth: 13.14 m, Date: 23/07/2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: G1-CPLS 141019

Cone Operator: Geol. Brancaloni





GEOTEA s.r.l.
Geologia Territorio Ambiente

GEOTEA SRL

VIA della TECNICA 57/A4

S. LAZZARO DI SAVENA (BO)

www.geoteasrl.it

Project: 20.235 - LABO' SRL

Location: LOTTIZZAZIONE CRESPPELLANO (BO)

CPT: CPTU6

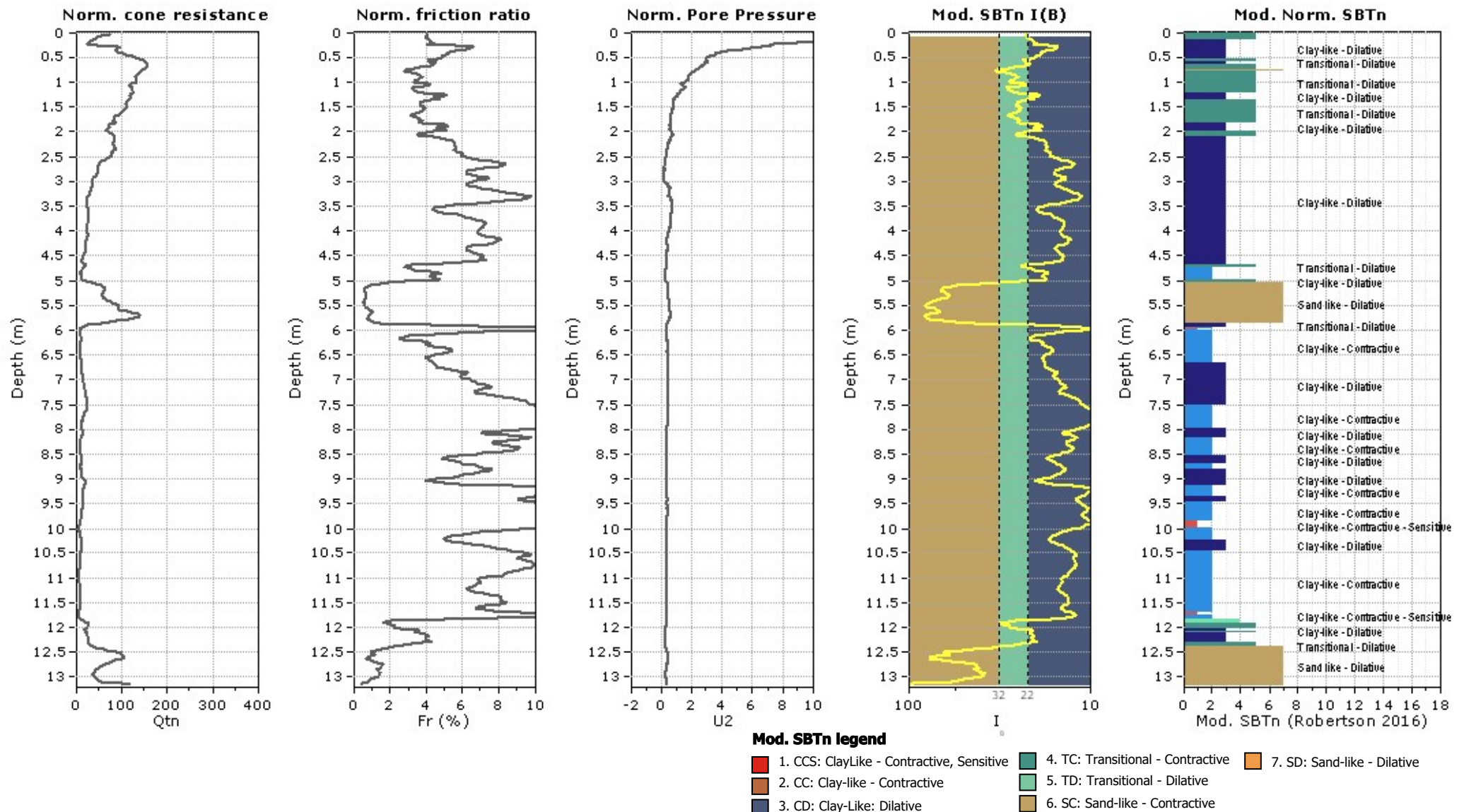
Total depth: 13.14 m, Date: 23/07/2020



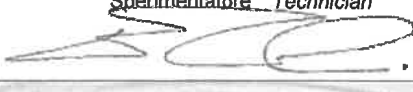

Surface Elevation: 0.00 m


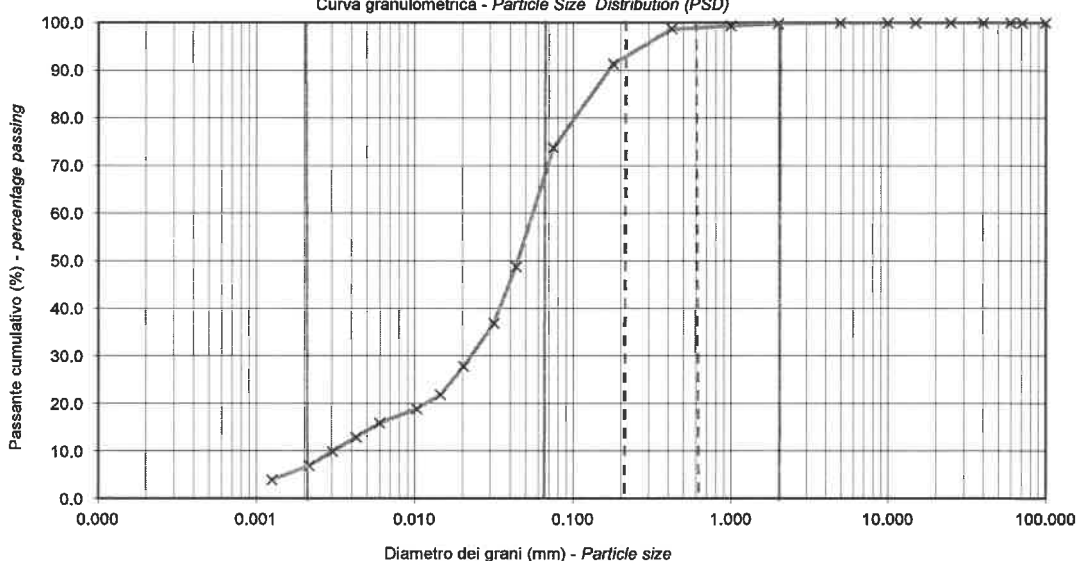



Coords: X:0.00, Y:0.00


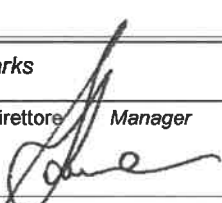


Cone Type: G1-CPLS 141019


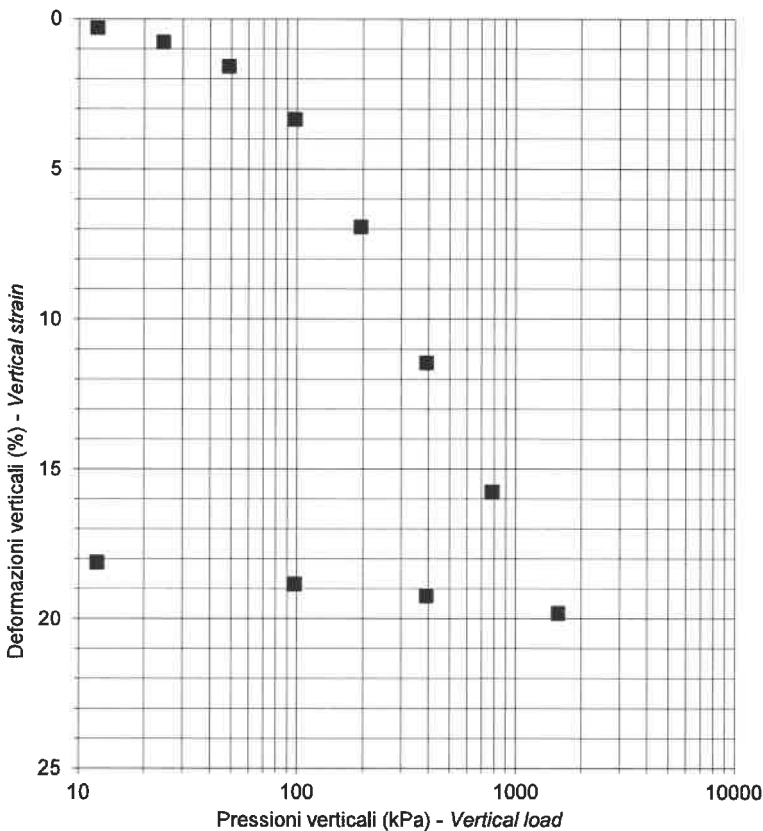



Cone Operator: Geol. Brancaloni


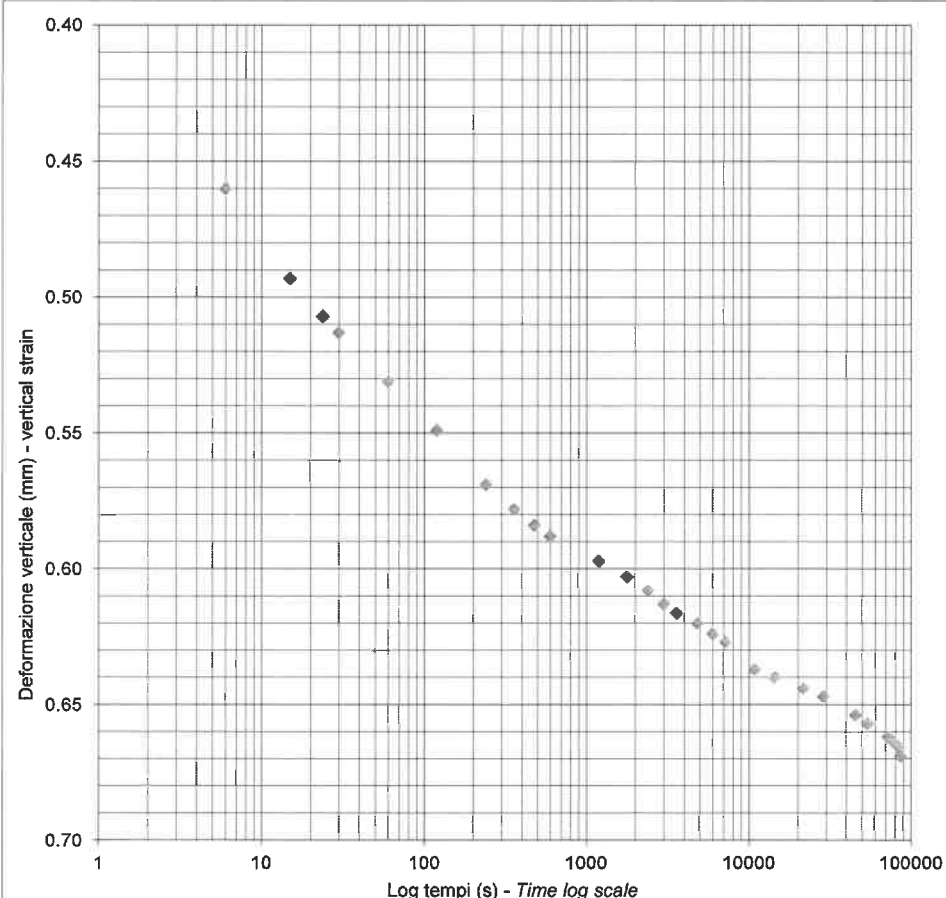






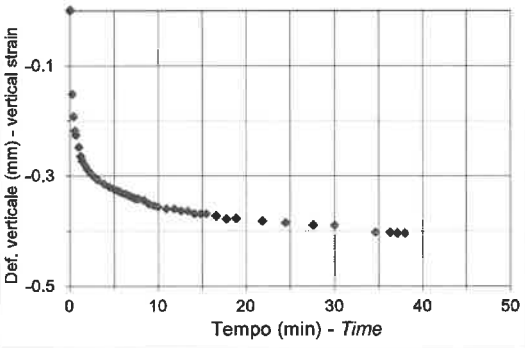
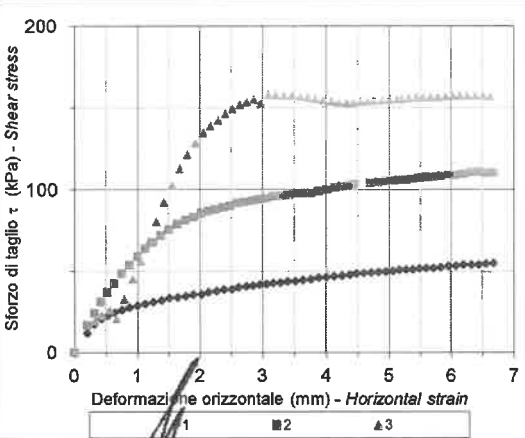
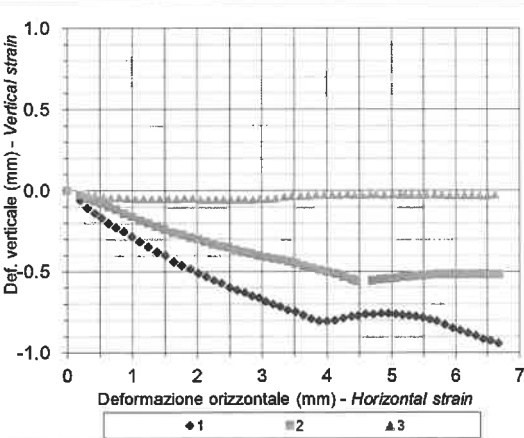
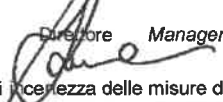


 GEOTEAs.r.l. <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</small>	PESO DI VOLUME CON FUSTELLA TARATA <i>Determination of bulk and dry density of fine-grained soil with sampling tube</i> Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-2 Technical specification
Certificato - Test report Verbale - Acceptance report Committente - Commissioner Località - Locality Cantiere - Site Sondaggio - Borehole Campione - Sample Profondità - Depth Data ricevimento - Receiving date Data inizio prove - Test starting date Data fine prove - Test ending date Data certificazione - Report date Data apertura campione - Sample opening date Classe campione - Sample quality	1596 - 20.235 - 001 1596 LABO' SRL CREPELLANO (BO) NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPLANT CPTU1 C1 2.00 - 2.60 m 29/07/2020 31/07/2020 14/08/2020 17/08/2020 31/07/2020 Q5
Massa tara (g) - Tara weight Massa campione umido + tara (g) <i>Moist specimen + tara</i> Massa campione secco + tara (g) <i>Dried specimen + tara</i> Volume fustella tarata (cm³) <i>Sampling tube volume</i> Umidità naturale (%) - Water content Massa volumica umida (kg/m³) - Bulk density Massa volumica secca (kg/m³) - Dry density	71.14 101.08 98.01 14.88 11.43 2011.56 1805.29
Note - Remarks	
Direttore - Manager  Via della Tecnica 5/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378 e-mail laboratorio.geotea@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre	Sperimentatore - Technician  
IOP DE 3.5 - MOD PROD 11 B6 REV2	





 GEOTEA s.r.l. <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTICALITY</small>		ANALISI GRANULOMETRICA					
		PARTICLE SIZE ANALYSIS					
		Normativa di rif: UNI CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI A. V n° 23					
		Technical specification					
Certificato - <i>Test report</i> Verbale - <i>Acceptance report</i> Committente - <i>Commissioner</i> Località - <i>Locality</i> Cantiere - <i>Site</i> Sondaggio - <i>Borehole</i> Campione - <i>Sample</i> Profondità - <i>Depth</i> Data ricevimento - <i>Receiving date</i> Data inizio prove - <i>Test starting date</i> Data fine prove - <i>Test ending date</i> Data certificazione - <i>Report date</i> Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>		1596 - 20.235 - 002 1596 LABO' SRL CREPELLANO (BO) NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPLANT CPTU1 C1 2.00 - 2.60 m 29/07/2020 31/07/2020 14/08/2020 17/08/2020 31/07/2020					
SETACCIATURA - SIEVES TEST Massa campione (g) - <i>Specimen weight</i> 362.63				SEDIMENTAZIONE - HYDROMETER TEST Massa campione (g) - <i>Specimen weight</i> 40.10			
Setaccio (mm)	Peso (g)	Passante (%)		Diametro (mm)	Lettura	Passante (%)	
<i>Sieve diameter</i>	<i>Mass retained</i>	<i>Percentage passing</i>		<i>Particle size</i>	<i>Data</i>	<i>Percentage passing</i>	
100	0.00	100.00		0.044	20.0	48.75	
75	0.00	100.00		0.032	16.0	36.79	
60	0.00	100.00		0.020	13.0	27.81	
40	0.00	100.00		0.015	11.0	21.83	
25	0.00	100.00		0.010	10.0	18.84	
15	0.00	100.00		0.006	9.0	15.85	
10	0.00	100.00		0.004	8.0	12.86	
5	0.00	100.00		0.0030	7.0	9.87	
2	0.49	99.86		0.0022	6.0	6.88	
1	1.75	99.38		0.0013	5.0	3.89	
0.425	2.38	98.73					
0.18	26.75	91.35					
0.075	63.82	73.75					
Granulometria A.G.I.	Ghiaia (%)	0.14	Sabbia (%)	38.12	Limo (%)	55.39	Argilla (%)
<i>PSD</i>	<i>Gravel</i>		<i>Sand</i>		<i>Silt</i>		<i>Clay</i>
							6.35
Curva granulometrica - <i>Particle Size Distribution (PSD)</i>							
							
D₁₀ (mm) 0.003				D₆₀ (mm) 0.058			
Agente disperdente - <i>dispersing agent</i> : Sodium hexametaphosphate				temperatura di prova (°) - <i>temperature</i> 21			
Note - <i>Remarks</i> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> Direttore <i>Manager</i>  </div> <div> Sperimentatore <i>Technician</i>  </div> </div>							
Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378 e-mail laboratorio.geot@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre							
IOP DE 3.5 - MOD PROD 11 B19b REV2							



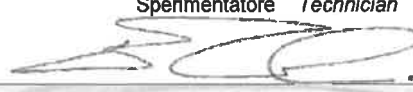

 GEOTEASRL <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI SETTORE TERRE</small>		LIMITI DI ATTERBERG		
		ATTERBERG LIMITS		
		Normativa di riferimento: UNI EN ISO/TS 17892-12		
		Technical specification		
Certificato - <i>Test report</i>	1596 - 20.235 - 003			
Verbale - <i>Acceptance report</i>	1596			
Committente - <i>Commissioner</i>	LABO' SRL			
Località - <i>Locality</i>	CRESPPELLANO (BO)			
Cantiere - <i>Site</i>	NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPLANT			
Sondaggio - <i>Borehole</i>	CPTU1			
Campione - <i>Sample</i>	C1			
Profondità - <i>Depth</i>	2.00 - 2.60 m			
Data ricevimento - <i>Receiving date</i>	29/07/2020			
Data inizio prove - <i>Test starting date</i>	31/07/2020			
Data fine prove - <i>Test ending date</i>	14/08/2020			
Data certificazione - <i>Report date</i>	17/08/2020			
Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>	31/07/2020			
Classe campione - <i>Sample quality</i>	Q5			
Penetrazione del cono (mm) - <i>Cone penetration</i>	Provino 1 - <i>Specimen 1</i>	Provino 2 - <i>Specimen 2</i>	Provino 3 - <i>Specimen 3</i>	
Massa tara (g) - <i>Tara weight</i>	15.30	19.70	24.80	
Massa campione umido + tara (g) - <i>Moist specimen + tara</i>	71.79	70.67	72.06	
Massa campione secco + tara (g) - <i>Dried specimen + tara</i>	88.16	99.93	103.96	
Contenuto in acqua (%) - <i>Moisture content</i>	84.18	92.43	95.44	
	32.12	34.47	36.44	
Limite liquido (%) - <i>Liquid limit</i>	34.4			
Massa tara (g) - <i>Tara weight</i>	70.91	72.02	differenza percentuale 0.33	
Massa campione umido + tara (g)	74.51	75.61		
Massa campione secco + tara (g) - <i>Dried specimen + tara</i>	73.98	75.08		
Limite plastico (%) - <i>Plastic limit</i>	17.26	17.32		
Limite plastico (%) - <i>Plastic limit</i>	17.3			
Note - Remarks				
Direttore <i>Manager</i> 		Sperimentatore <i>Technician</i> 		
Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378 e-mail laboratorio.geotea@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre				
IOP DE 3.5 - MOD PROD 11 B21a REV2				


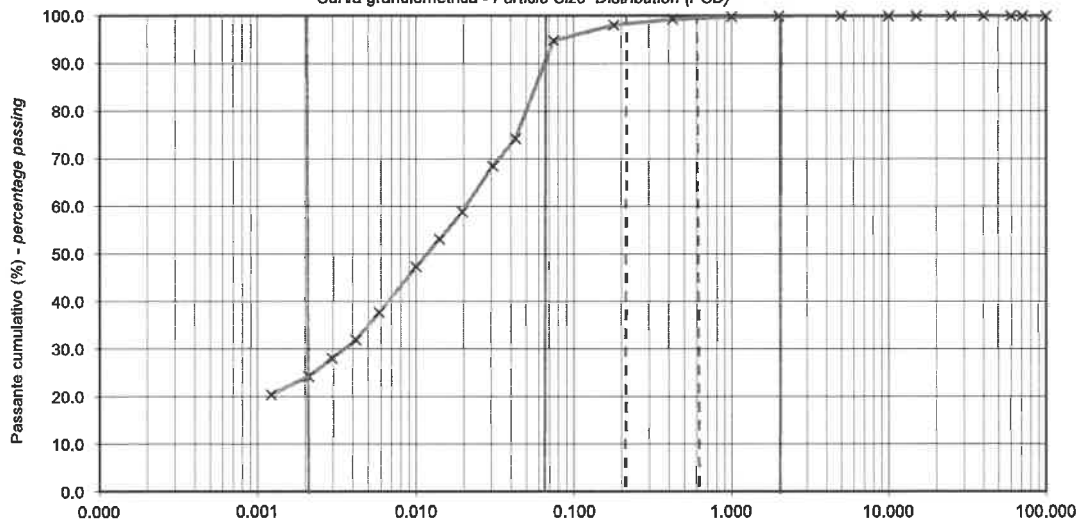



 GEOTEA s.r.l. <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</small>		PROVA EDOMETRICA I.L. INCREMENTAL LOADING OEDOMETER TEST Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-5 Technical specification																																																									
Certificato - Test report Verbale - Acceptance report Committente - Commissioner Località - Locality Cantiere - Site Sondaggio - Borehole Campione - Sample Profondità - Depth Data ricevimento - Receiving date Data inizio prove - Test starting date Data fine prove - Test ending date Data certificazione - Report date Data apertura campione - Sample opening date Classe campione - Sample quality		1596 - 20.235 - 004 1596 LABO' SRL CRESPPELLANO (BO) NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPLANT CPTU1 C1 2.00 - 2.60 m 29/07/2020 31/07/2020 14/08/2020 17/08/2020 31/07/2020 Q5																																																									
Area (cm²) - Cross-sectional area of specimen Altezza provino (cm) - Specimen height		40.00 2.00																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>σ_v (kPa)</th> <th>ε_v (mm)</th> <th>ε_v (%)</th> <th>e</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carichi</td> <td>Deformazione verticale</td> <td></td> <td>Indice vuoti</td> </tr> <tr> <td>Vert. load</td> <td>Vertical strain</td> <td></td> <td>Void ratio</td> </tr> <tr><td>12.2</td><td>0.058</td><td>0.29</td><td>0.414</td></tr> <tr><td>24.5</td><td>0.154</td><td>0.77</td><td>0.407</td></tr> <tr><td>49.0</td><td>0.316</td><td>1.58</td><td>0.396</td></tr> <tr><td>98.0</td><td>0.669</td><td>3.35</td><td>0.371</td></tr> <tr><td>196.0</td><td>1.385</td><td>6.93</td><td>0.320</td></tr> <tr><td>392.0</td><td>2.292</td><td>11.46</td><td>0.255</td></tr> <tr><td>784.0</td><td>3.154</td><td>15.77</td><td>0.194</td></tr> <tr><td>1568.0</td><td>3.965</td><td>19.83</td><td>0.137</td></tr> <tr><td>392.0</td><td>3.849</td><td>19.25</td><td>-</td></tr> <tr><td>98.0</td><td>3.768</td><td>18.84</td><td>-</td></tr> <tr><td>12.2</td><td>3.625</td><td>18.13</td><td>-</td></tr> </tbody> </table>	σ_v (kPa)	ε_v (mm)	ε_v (%)	e	Carichi	Deformazione verticale		Indice vuoti	Vert. load	Vertical strain		Void ratio	12.2	0.058	0.29	0.414	24.5	0.154	0.77	0.407	49.0	0.316	1.58	0.396	98.0	0.669	3.35	0.371	196.0	1.385	6.93	0.320	392.0	2.292	11.46	0.255	784.0	3.154	15.77	0.194	1568.0	3.965	19.83	0.137	392.0	3.849	19.25	-	98.0	3.768	18.84	-	12.2	3.625	18.13	-			
σ_v (kPa)	ε_v (mm)	ε_v (%)	e																																																								
Carichi	Deformazione verticale		Indice vuoti																																																								
Vert. load	Vertical strain		Void ratio																																																								
12.2	0.058	0.29	0.414																																																								
24.5	0.154	0.77	0.407																																																								
49.0	0.316	1.58	0.396																																																								
98.0	0.669	3.35	0.371																																																								
196.0	1.385	6.93	0.320																																																								
392.0	2.292	11.46	0.255																																																								
784.0	3.154	15.77	0.194																																																								
1568.0	3.965	19.83	0.137																																																								
392.0	3.849	19.25	-																																																								
98.0	3.768	18.84	-																																																								
12.2	3.625	18.13	-																																																								
Pocket Penetrometer 4.5 - 4.8 kg/cm² Tor Vane >2 kg/cm² Umidità naturale iniziale 11.43 % Densità naturale 2.01 t/m³ Densità secca 1.81 t/m³ Peso specifico dei grani 2.56 t/m³ Umidità finale 18.64 % Indice dei vuoti iniziale 0.42																																																											
Original void ratio 0.42																																																											
Note - Remarks																																																											
Direttore  Manager		Sperimentatore  Technician																																																									
Via della Tecnica 571/A - 40058 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378 e-mail laboratorio.geotema@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre																																																											
IOP DE 3.5 - MOD PROD 11 B11 REV2																																																											


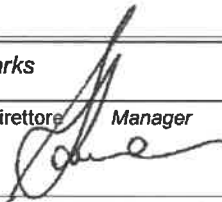
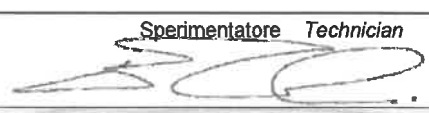

 GEOTEA s.r.l. <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</small>		COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE <small>COEFFICIENT OF CONSOLIDATION</small> Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892/5 <small>Technical specification</small>		
Certificato - Test report Verbale - Acceptance report Committente - Commissioner Località - Locality Cantiere - Site Sondaggio - Borehole Campione - Sample Profondità - Depth Data ricevimento - Receiving date Data inizio prove - Test starting date Data fine prove - Test ending date Data certificazione - Report date Data apertura campione - Sample opening date Classe campione - Sample quality		1596 - 20.235 - 005 1596 LABO' SRL CRESPPELLANO (BO) NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPLANT CPTU1 C1 2.00 - 2.60 m 29/07/2020 31/07/2020 14/08/2020 17/08/2020 31/07/2020 Q5		
Area (cm²) - Cross-sectional area of specimen Altezza provino (cm) - Specimen height		40 2	Intervallo di carico (kPa) <small>Load range</small>	49.0 98.0
Tempi (s) Time 6 15 24 30 60 120 240 360 480 600 1200 1800 2400 3000 3600 4800 6000 7200 10800 14400 21600 28800 45600 54000 72000 79200 82800 86400	Def. (mm) Vertical strain 0.460 0.493 0.507 0.513 0.531 0.549 0.569 0.578 0.584 0.588 0.597 0.603 0.608 0.613 0.616 0.620 0.624 0.627 0.637 0.640 0.644 0.647 0.654 0.657 0.662 0.664 0.665 0.669			
Note - Remarks				
Direttore - Manager 		Sperimentatore - Technician 		
Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378 e-mail laboratorio.geotea@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre				
IOP DE 3.5 - MOD PROD 11 A9 REV2				


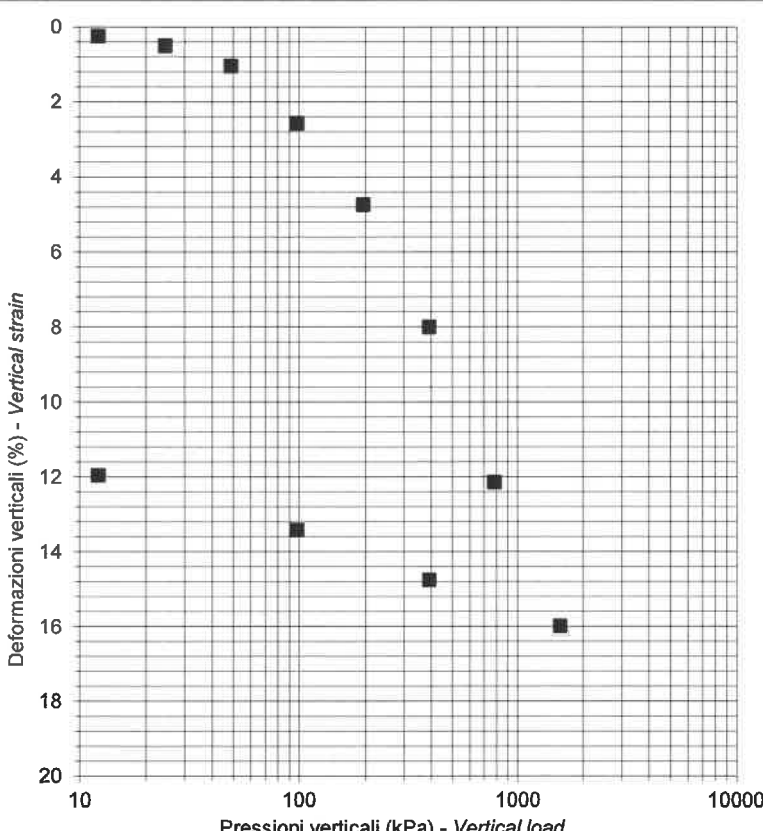



 GEO TEA s.r.l. <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</small>		TAGLIO DIRETTO DIRECT SHEAR TEST Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10 Technical specification																																																																																		
Certificato - <i>Test report</i> Verbale - <i>Acceptance report</i> Committente - <i>Commissioner</i> Località - <i>Locality</i> Cantiere - <i>Site</i> Sondaggio - <i>Borehole</i> Campione - <i>Sample</i> Profondità - <i>Depth</i> Data ricevimento - <i>Receiving date</i> Data inizio prove - <i>Test starting date</i> Data fine prove - <i>Test ending date</i> Data certificazione - <i>Report date</i> Data apertura campione - <i>Sample opening date</i> Classe del campione - <i>Sample quality</i>		1596 - 20.235 - 006 1596 LABO' SRL CREPELLANO (BO) NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPLANT CPTU1 C1 2.00 - 2.60 m 29/07/2020 31/07/2020 14/08/2020 17/08/2020 31/07/2020 Q5																																																																																		
Umidità iniziale - <i>Initial water content</i> Densità naturale iniziale - <i>Initial wet density</i> Densità secca iniziale - <i>Initial dry density</i> Provino - <i>Specimen id</i> Lato - <i>Specimen side</i> Altezza iniziale - <i>Initial specimen height</i> Velocità di taglio utilizzata - <i>Strain rate</i> Press. di consolidazione - <i>Consolidation pressure</i> Umidità finale - <i>Final water content</i>		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>%</th> <th>kg/m³</th> <th>kg/m³</th> <th>n°</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Umidità iniziale - <i>Initial water content</i></td> <td>11.43</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Densità naturale iniziale - <i>Initial wet density</i></td> <td></td> <td>2011.56</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Densità secca iniziale - <i>Initial dry density</i></td> <td></td> <td>1805.29</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Provino - <i>Specimen id</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>n°</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Lato - <i>Specimen side</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>mm</td> <td>60.0</td> <td>60.0</td> <td>60.0</td> </tr> <tr> <td>Altezza iniziale - <i>Initial specimen height</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>mm</td> <td>20.0</td> <td>20.0</td> <td>20.0</td> </tr> <tr> <td>Velocità di taglio utilizzata - <i>Strain rate</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>mm/min</td> <td>0.006</td> <td>0.006</td> <td>0.006</td> </tr> <tr> <td>Press. di consolidazione - <i>Consolidation pressure</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>kPa</td> <td>98.1</td> <td>196.1</td> <td>294.2</td> </tr> <tr> <td>Umidità finale - <i>Final water content</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>%</td> <td>19.86</td> <td>17.44</td> <td>16.95</td> </tr> </tbody> </table>				%	kg/m ³	kg/m ³	n°	1	2	3	Umidità iniziale - <i>Initial water content</i>	11.43							Densità naturale iniziale - <i>Initial wet density</i>		2011.56						Densità secca iniziale - <i>Initial dry density</i>		1805.29						Provino - <i>Specimen id</i>				n°	1	2	3	Lato - <i>Specimen side</i>				mm	60.0	60.0	60.0	Altezza iniziale - <i>Initial specimen height</i>				mm	20.0	20.0	20.0	Velocità di taglio utilizzata - <i>Strain rate</i>				mm/min	0.006	0.006	0.006	Press. di consolidazione - <i>Consolidation pressure</i>				kPa	98.1	196.1	294.2	Umidità finale - <i>Final water content</i>				%	19.86	17.44	16.95
	%	kg/m ³	kg/m ³	n°	1	2	3																																																																													
Umidità iniziale - <i>Initial water content</i>	11.43																																																																																			
Densità naturale iniziale - <i>Initial wet density</i>		2011.56																																																																																		
Densità secca iniziale - <i>Initial dry density</i>		1805.29																																																																																		
Provino - <i>Specimen id</i>				n°	1	2	3																																																																													
Lato - <i>Specimen side</i>				mm	60.0	60.0	60.0																																																																													
Altezza iniziale - <i>Initial specimen height</i>				mm	20.0	20.0	20.0																																																																													
Velocità di taglio utilizzata - <i>Strain rate</i>				mm/min	0.006	0.006	0.006																																																																													
Press. di consolidazione - <i>Consolidation pressure</i>				kPa	98.1	196.1	294.2																																																																													
Umidità finale - <i>Final water content</i>				%	19.86	17.44	16.95																																																																													
Fase di consolidazione - <i>Consolidation test</i>		Note - <i>Remarks</i>																																																																																		
		Limo argilloso debolmente sabbioso di colore marrone consistente. <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Pocket Penetrometer</td> <td>4.5 - 4.8</td> <td>kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>Tor Vane</td> <td>>2</td> <td>kg/cm²</td> </tr> </tbody> </table>			Pocket Penetrometer	4.5 - 4.8	kg/cm ²	Tor Vane	>2	kg/cm ²																																																																										
Pocket Penetrometer	4.5 - 4.8	kg/cm ²																																																																																		
Tor Vane	>2	kg/cm ²																																																																																		
																																																																																				
Direttore <i>Manager</i> 		Spesimatore <i>Technician</i> 																																																																																		
Grado di incertezza delle misure degli strumenti di forza: ± 0,13% Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378 e-mail laboratorio.geotea@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori																																																																																				


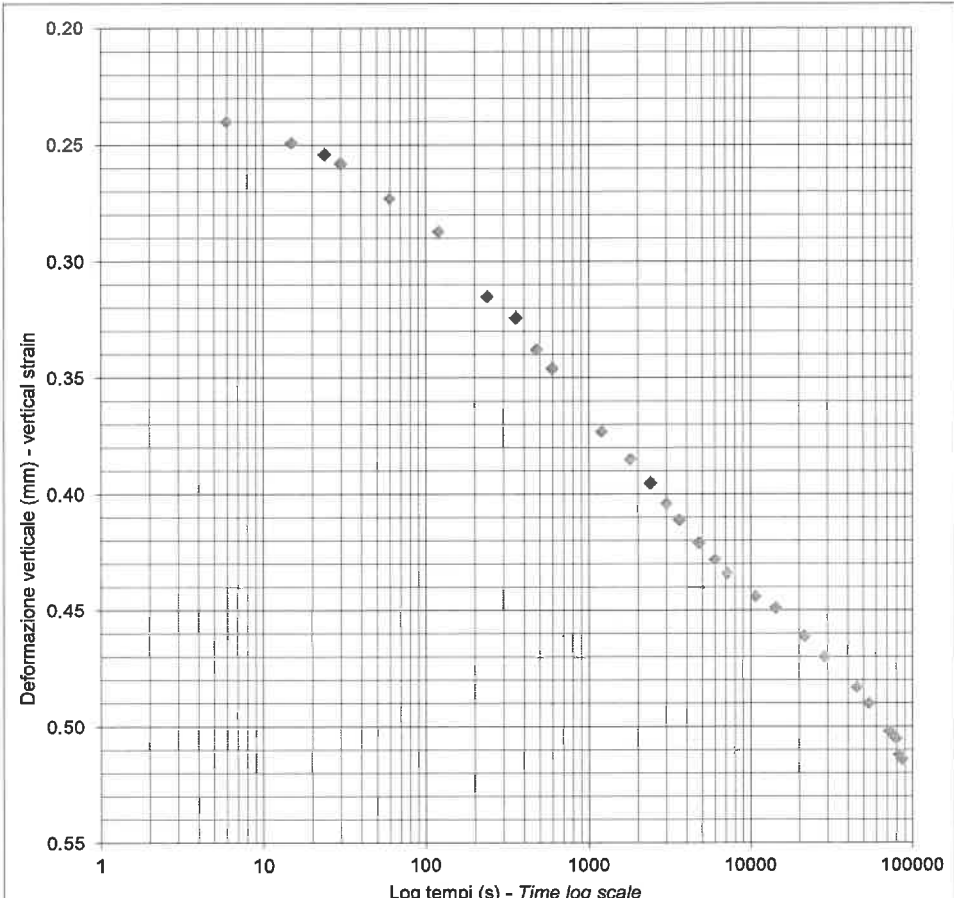

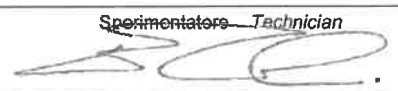

 GEOTEA s.r.l. <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</small>		TAGLIO DIRETTO DIRECT SHEAR TEST Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10 Technical specification																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Certificato - Test report Verbale - Acceptance report		1596 - 20.235 - 006 1596																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Consolidation test (0-100 kPa) <table border="1"> <thead> <tr> <th>time (s)</th> <th>def. ↓ (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>-0.15</td></tr> <tr><td>12</td><td>-0.19</td></tr> <tr><td>24</td><td>-0.22</td></tr> <tr><td>30</td><td>-0.23</td></tr> <tr><td>60</td><td>-0.25</td></tr> <tr><td>90</td><td>-0.26</td></tr> <tr><td>120</td><td>-0.27</td></tr> <tr><td>180</td><td>-0.28</td></tr> <tr><td>240</td><td>-0.29</td></tr> <tr><td>300</td><td>-0.29</td></tr> <tr><td>360</td><td>-0.30</td></tr> <tr><td>420</td><td>-0.30</td></tr> <tr><td>480</td><td>-0.30</td></tr> <tr><td>540</td><td>-0.31</td></tr> <tr><td>600</td><td>-0.31</td></tr> <tr><td>900</td><td>-0.31</td></tr> <tr><td>1200</td><td>-0.32</td></tr> <tr><td>1500</td><td>-0.32</td></tr> <tr><td>1800</td><td>-0.33</td></tr> <tr><td>2100</td><td>-0.33</td></tr> <tr><td>2400</td><td>-0.33</td></tr> <tr><td>2700</td><td>-0.34</td></tr> <tr><td>3000</td><td>-0.34</td></tr> <tr><td>3300</td><td>-0.34</td></tr> <tr><td>3600</td><td>-0.34</td></tr> <tr><td>4200</td><td>-0.34</td></tr> <tr><td>4800</td><td>-0.35</td></tr> <tr><td>5400</td><td>-0.35</td></tr> <tr><td>6000</td><td>-0.36</td></tr> <tr><td>7200</td><td>-0.36</td></tr> <tr><td>8400</td><td>-0.36</td></tr> <tr><td>9600</td><td>-0.36</td></tr> <tr><td>10800</td><td>-0.36</td></tr> <tr><td>12000</td><td>-0.37</td></tr> <tr><td>13200</td><td>-0.37</td></tr> <tr><td>14400</td><td>-0.37</td></tr> <tr><td>16800</td><td>-0.37</td></tr> <tr><td>19200</td><td>-0.38</td></tr> <tr><td>21600</td><td>-0.38</td></tr> <tr><td>28800</td><td>-0.38</td></tr> <tr><td>36000</td><td>-0.39</td></tr> <tr><td>45600</td><td>-0.39</td></tr> <tr><td>54000</td><td>-0.39</td></tr> <tr><td>72000</td><td>-0.40</td></tr> <tr><td>79200</td><td>-0.40</td></tr> <tr><td>82800</td><td>-0.40</td></tr> <tr><td>86400</td><td>-0.40</td></tr> </tbody> </table>	time (s)	def. ↓ (mm)	1		6	-0.15	12	-0.19	24	-0.22	30	-0.23	60	-0.25	90	-0.26	120	-0.27	180	-0.28	240	-0.29	300	-0.29	360	-0.30	420	-0.30	480	-0.30	540	-0.31	600	-0.31	900	-0.31	1200	-0.32	1500	-0.32	1800	-0.33	2100	-0.33	2400	-0.33	2700	-0.34	3000	-0.34	3300	-0.34	3600	-0.34	4200	-0.34	4800	-0.35	5400	-0.35	6000	-0.36	7200	-0.36	8400	-0.36	9600	-0.36	10800	-0.36	12000	-0.37	13200	-0.37	14400	-0.37	16800	-0.37	19200	-0.38	21600	-0.38	28800	-0.38	36000	-0.39	45600	-0.39	54000	-0.39	72000	-0.40	79200	-0.40	82800	-0.40	86400	-0.40	Provino 1 - Specimen 1 <table border="1"> <thead> <tr> <th>def. → (mm)</th> <th>def. ↓ (mm)</th> <th>shear stress (kPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.20</td><td>-0.06</td><td>11.87</td></tr> <tr><td>0.31</td><td>-0.11</td><td>17.34</td></tr> <tr><td>0.42</td><td>-0.14</td><td>20.56</td></tr> <tr><td>0.53</td><td>-0.17</td><td>22.49</td></tr> <tr><td>0.64</td><td>-0.20</td><td>24.43</td></tr> <tr><td>0.75</td><td>-0.23</td><td>26.04</td></tr> <tr><td>0.87</td><td>-0.25</td><td>27.64</td></tr> <tr><td>1.00</td><td>-0.28</td><td>28.61</td></tr> <tr><td>1.12</td><td>-0.32</td><td>29.90</td></tr> <tr><td>1.25</td><td>-0.35</td><td>30.86</td></tr> <tr><td>1.39</td><td>-0.38</td><td>31.83</td></tr> <tr><td>1.51</td><td>-0.40</td><td>33.44</td></tr> <tr><td>1.64</td><td>-0.44</td><td>33.76</td></tr> <tr><td>1.77</td><td>-0.46</td><td>34.40</td></tr> <tr><td>1.90</td><td>-0.49</td><td>35.37</td></tr> <tr><td>2.03</td><td>-0.51</td><td>35.69</td></tr> <tr><td>2.14</td><td>-0.53</td><td>36.96</td></tr> <tr><td>2.26</td><td>-0.56</td><td>37.62</td></tr> <tr><td>2.38</td><td>-0.57</td><td>38.59</td></tr> <tr><td>2.51</td><td>-0.60</td><td>38.59</td></tr> <tr><td>2.62</td><td>-0.62</td><td>39.87</td></tr> <tr><td>2.74</td><td>-0.63</td><td>40.52</td></tr> <tr><td>2.85</td><td>-0.65</td><td>40.84</td></tr> <tr><td>2.95</td><td>-0.66</td><td>41.48</td></tr> <tr><td>3.06</td><td>-0.69</td><td>41.81</td></tr> <tr><td>3.17</td><td>-0.70</td><td>42.45</td></tr> <tr><td>3.28</td><td>-0.72</td><td>42.77</td></tr> <tr><td>3.40</td><td>-0.74</td><td>43.41</td></tr> <tr><td>3.52</td><td>-0.75</td><td>43.74</td></tr> <tr><td>3.64</td><td>-0.77</td><td>44.38</td></tr> <tr><td>3.76</td><td>-0.79</td><td>44.70</td></tr> <tr><td>3.88</td><td>-0.81</td><td>45.66</td></tr> <tr><td>4.00</td><td>-0.81</td><td>45.99</td></tr> <tr><td>4.13</td><td>-0.80</td><td>46.63</td></tr> <tr><td>4.25</td><td>-0.79</td><td>46.95</td></tr> <tr><td>4.38</td><td>-0.78</td><td>47.60</td></tr> <tr><td>4.48</td><td>-0.77</td><td>48.24</td></tr> <tr><td>4.60</td><td>-0.77</td><td>48.56</td></tr> <tr><td>4.72</td><td>-0.77</td><td>48.88</td></tr> <tr><td>4.84</td><td>-0.76</td><td>49.21</td></tr> <tr><td>4.95</td><td>-0.76</td><td>49.53</td></tr> <tr><td>5.06</td><td>-0.77</td><td>49.85</td></tr> <tr><td>5.17</td><td>-0.77</td><td>50.49</td></tr> <tr><td>5.27</td><td>-0.77</td><td>50.81</td></tr> <tr><td>5.38</td><td>-0.78</td><td>50.81</td></tr> <tr><td>5.49</td><td>-0.79</td><td>51.46</td></tr> <tr><td>5.60</td><td>-0.80</td><td>51.78</td></tr> <tr><td>5.71</td><td>-0.81</td><td>51.78</td></tr> <tr><td>5.83</td><td>-0.83</td><td>52.10</td></tr> <tr><td>5.95</td><td>-0.85</td><td>52.75</td></tr> <tr><td>6.07</td><td>-0.86</td><td>53.07</td></tr> <tr><td>6.19</td><td>-0.88</td><td>53.71</td></tr> <tr><td>6.32</td><td>-0.90</td><td>53.71</td></tr> <tr><td>6.44</td><td>-0.92</td><td>53.71</td></tr> <tr><td>6.56</td><td>-0.93</td><td>54.35</td></tr> <tr><td>6.68</td><td>-0.94</td><td>54.68</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>0.28</td></tr> </tbody> </table>	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)	0.20	-0.06	11.87	0.31	-0.11	17.34	0.42	-0.14	20.56	0.53	-0.17	22.49	0.64	-0.20	24.43	0.75	-0.23	26.04	0.87	-0.25	27.64	1.00	-0.28	28.61	1.12	-0.32	29.90	1.25	-0.35	30.86	1.39	-0.38	31.83	1.51	-0.40	33.44	1.64	-0.44	33.76	1.77	-0.46	34.40	1.90	-0.49	35.37	2.03	-0.51	35.69	2.14	-0.53	36.96	2.26	-0.56	37.62	2.38	-0.57	38.59	2.51	-0.60	38.59	2.62	-0.62	39.87	2.74	-0.63	40.52	2.85	-0.65	40.84	2.95	-0.66	41.48	3.06	-0.69	41.81	3.17	-0.70	42.45	3.28	-0.72	42.77	3.40	-0.74	43.41	3.52	-0.75	43.74	3.64	-0.77	44.38	3.76	-0.79	44.70	3.88	-0.81	45.66	4.00	-0.81	45.99	4.13	-0.80	46.63	4.25	-0.79	46.95	4.38	-0.78	47.60	4.48	-0.77	48.24	4.60	-0.77	48.56	4.72	-0.77	48.88	4.84	-0.76	49.21	4.95	-0.76	49.53	5.06	-0.77	49.85	5.17	-0.77	50.49	5.27	-0.77	50.81	5.38	-0.78	50.81	5.49	-0.79	51.46	5.60	-0.80	51.78	5.71	-0.81	51.78	5.83	-0.83	52.10	5.95	-0.85	52.75	6.07	-0.86	53.07	6.19	-0.88	53.71	6.32	-0.90	53.71	6.44	-0.92	53.71	6.56	-0.93	54.35	6.68	-0.94	54.68			0.28	Provino 2 - Specimen 2 <table border="1"> <thead> <tr> <th>def. → (mm)</th> <th>def. ↓ (mm)</th> <th>shear stress (kPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.20</td><td>-0.03</td><td>16.91</td></tr> <tr><td>0.31</td><td>-0.05</td><td>24.42</td></tr> <tr><td>0.42</td><td>-0.07</td><td>31.13</td></tr> <tr><td>0.52</td><td>-0.08</td><td>37.03</td></tr> <tr><td>0.64</td><td>-0.10</td><td>42.66</td></tr> <tr><td>0.75</td><td>-0.12</td><td>48.56</td></tr> <tr><td>0.87</td><td>-0.14</td><td>53.66</td></tr> <tr><td>1.00</td><td>-0.16</td><td>59.02</td></tr> <tr><td>1.12</td><td>-0.19</td><td>63.58</td></tr> <tr><td>1.25</td><td>-0.20</td><td>67.60</td></tr> <tr><td>1.37</td><td>-0.22</td><td>71.62</td></tr> <tr><td>1.50</td><td>-0.24</td><td>75.37</td></tr> <tr><td>1.63</td><td>-0.26</td><td>78.59</td></tr> <tr><td>1.77</td><td>-0.27</td><td>81.27</td></tr> <tr><td>1.90</td><td>-0.29</td><td>83.14</td></tr> <tr><td>2.01</td><td>-0.30</td><td>85.29</td></tr> <tr><td>2.13</td><td>-0.32</td><td>86.63</td></tr> <tr><td>2.25</td><td>-0.33</td><td>87.70</td></tr> <tr><td>2.37</td><td>-0.34</td><td>89.04</td></tr> <tr><td>2.49</td><td>-0.35</td><td>90.11</td></tr> <tr><td>2.60</td><td>-0.37</td><td>91.72</td></tr> <tr><td>2.71</td><td>-0.38</td><td>92.52</td></tr> <tr><td>2.83</td><td>-0.39</td><td>93.33</td></tr> <tr><td>2.95</td><td>-0.40</td><td>94.13</td></tr> <tr><td>3.05</td><td>-0.41</td><td>94.66</td></tr> <tr><td>3.17</td><td>-0.42</td><td>95.74</td></tr> <tr><td>3.30</td><td>-0.43</td><td>96.27</td></tr> <tr><td>3.41</td><td>-0.44</td><td>96.54</td></tr> <tr><td>3.53</td><td>-0.45</td><td>97.61</td></tr> <tr><td>3.65</td><td>-0.47</td><td>97.88</td></tr> <tr><td>3.77</td><td>-0.48</td><td>98.15</td></tr> <tr><td>3.90</td><td>-0.49</td><td>99.22</td></tr> <tr><td>4.01</td><td>-0.50</td><td>100.02</td></tr> <tr><td>4.14</td><td>-0.51</td><td>101.09</td></tr> <tr><td>4.26</td><td>-0.53</td><td>101.90</td></tr> <tr><td>4.38</td><td>-0.54</td><td>102.43</td></tr> <tr><td>4.42</td><td>-0.55</td><td>102.97</td></tr> <tr><td>4.46</td><td>-0.56</td><td>103.24</td></tr> <tr><td>4.70</td><td>-0.56</td><td>104.04</td></tr> <tr><td>4.84</td><td>-0.55</td><td>104.58</td></tr> <tr><td>4.95</td><td>-0.54</td><td>105.11</td></tr> <tr><td>5.06</td><td>-0.54</td><td>105.38</td></tr> <tr><td>5.17</td><td>-0.53</td><td>105.65</td></tr> <tr><td>5.28</td><td>-0.53</td><td>106.18</td></tr> <tr><td>5.38</td><td>-0.53</td><td>106.45</td></tr> <tr><td>5.49</td><td>-0.52</td><td>107.26</td></tr> <tr><td>5.60</td><td>-0.52</td><td>107.52</td></tr> <tr><td>5.72</td><td>-0.52</td><td>107.79</td></tr> <tr><td>5.83</td><td>-0.52</td><td>108.60</td></tr> <tr><td>5.96</td><td>-0.52</td><td>108.86</td></tr> <tr><td>6.08</td><td>-0.52</td><td>108.86</td></tr> <tr><td>6.20</td><td>-0.52</td><td>109.67</td></tr> <tr><td>6.32</td><td>-0.52</td><td>110.47</td></tr> <tr><td>6.45</td><td>-0.52</td><td>110.74</td></tr> <tr><td>6.57</td><td>-0.52</td><td>110.20</td></tr> <tr><td>6.69</td><td>-0.52</td><td>110.47</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>0.28</td></tr> </tbody> </table>	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)	0.20	-0.03	16.91	0.31	-0.05	24.42	0.42	-0.07	31.13	0.52	-0.08	37.03	0.64	-0.10	42.66	0.75	-0.12	48.56	0.87	-0.14	53.66	1.00	-0.16	59.02	1.12	-0.19	63.58	1.25	-0.20	67.60	1.37	-0.22	71.62	1.50	-0.24	75.37	1.63	-0.26	78.59	1.77	-0.27	81.27	1.90	-0.29	83.14	2.01	-0.30	85.29	2.13	-0.32	86.63	2.25	-0.33	87.70	2.37	-0.34	89.04	2.49	-0.35	90.11	2.60	-0.37	91.72	2.71	-0.38	92.52	2.83	-0.39	93.33	2.95	-0.40	94.13	3.05	-0.41	94.66	3.17	-0.42	95.74	3.30	-0.43	96.27	3.41	-0.44	96.54	3.53	-0.45	97.61	3.65	-0.47	97.88	3.77	-0.48	98.15	3.90	-0.49	99.22	4.01	-0.50	100.02	4.14	-0.51	101.09	4.26	-0.53	101.90	4.38	-0.54	102.43	4.42	-0.55	102.97	4.46	-0.56	103.24	4.70	-0.56	104.04	4.84	-0.55	104.58	4.95	-0.54	105.11	5.06	-0.54	105.38	5.17	-0.53	105.65	5.28	-0.53	106.18	5.38	-0.53	106.45	5.49	-0.52	107.26	5.60	-0.52	107.52	5.72	-0.52	107.79	5.83	-0.52	108.60	5.96	-0.52	108.86	6.08	-0.52	108.86	6.20	-0.52	109.67	6.32	-0.52	110.47	6.45	-0.52	110.74	6.57	-0.52	110.20	6.69	-0.52	110.47			0.28	Provino 3 - Specimen 3 <table border="1"> <thead> <tr> <th>def. → (mm)</th> <th>def. ↓ (mm)</th> <th>shear stress (kPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.32</td><td>-0.03</td><td>19.60</td></tr> <tr><td>0.43</td><td>-0.03</td><td>22.66</td></tr> <tr><td>0.56</td><td>-0.04</td><td>26.04</td></tr> <tr><td>0.68</td><td>-0.04</td><td>29.82</td></tr> <tr><td>0.80</td><td>-0.04</td><td>33.08</td></tr> <tr><td>0.93</td><td>-0.05</td><td>45.04</td></tr> <tr><td>1.05</td><td>-0.05</td><td>56.07</td></tr> <tr><td>1.18</td><td>-0.05</td><td>68.02</td></tr> <tr><td>1.31</td><td>-0.05</td><td>80.27</td></tr> <tr><td>1.43</td><td>-0.05</td><td>91.91</td></tr> <tr><td>1.56</td><td>-0.05</td><td>102.63</td></tr> <tr><td>1.69</td><td>-0.05</td><td>112.73</td></tr> <tr><td>1.81</td><td>-0.05</td><td>121.30</td></tr> <tr><td>1.94</td><td>-0.05</td><td>128.34</td></tr> <tr><td>2.06</td><td>-0.06</td><td>134.46</td></tr> <tr><td>2.18</td><td>-0.06</td><td>138.74</td></tr> <tr><td>2.30</td><td>-0.06</td><td>142.11</td></tr> <tr><td>2.42</td><td>-0.06</td><td>146.08</td></tr> <tr><td>2.52</td><td>-0.06</td><td>149.14</td></tr> <tr><td>2.64</td><td>-0.06</td><td>151.59</td></tr> <tr><td>2.75</td><td>-0.06</td><td>153.43</td></tr> <tr><td>2.87</td><td>-0.06</td><td>154.96</td></tr> <tr><td>2.97</td><td>-0.05</td><td>152.51</td></tr> <tr><td>3.09</td><td>-0.05</td><td>157.71</td></tr> <tr><td>3.22</td><td>-0.05</td><td>157.71</td></tr> <tr><td>3.35</td><td>-0.04</td><td>157.40</td></tr> <tr><td>3.47</td><td>-0.04</td><td>157.40</td></tr> <tr><td>3.60</td><td>-0.04</td><td>156.79</td></tr> <tr><td>3.72</td><td>-0.03</td><td>156.18</td></tr> <tr><td>3.84</td><td>-0.03</td><td>155.57</td></tr> <tr><td>3.96</td><td>-0.03</td><td>154.65</td></tr> <tr><td>4.09</td><td>-0.03</td><td>154.04</td></tr> <tr><td>4.21</td><td>-0.03</td><td>153.43</td></tr> <tr><td>4.33</td><td>-0.02</td><td>153.12</td></tr> <tr><td>4.44</td><td>-0.03</td><td>153.43</td></tr> <tr><td>4.56</td><td>-0.03</td><td>153.73</td></tr> <tr><td>4.67</td><td>-0.03</td><td>154.04</td></tr> <tr><td>4.77</td><td>-0.02</td><td>154.34</td></tr> <tr><td>4.89</td><td>-0.03</td><td>154.65</td></tr> <tr><td>5.02</td><td>-0.02</td><td>154.96</td></tr> <tr><td>5.14</td><td>-0.03</td><td>155.26</td></tr> <tr><td>5.21</td><td>-0.03</td><td>155.57</td></tr> <tr><td>5.32</td><td>-0.03</td><td>155.88</td></tr> <tr><td>5.44</td><td>-0.03</td><td>156.18</td></tr> <tr><td>5.55</td><td>-0.03</td><td>156.49</td></tr> <tr><td>5.68</td><td>-0.03</td><td>156.49</td></tr> <tr><td>5.79</td><td>-0.03</td><td>156.49</td></tr> <tr><td>5.81</td><td>-0.03</td><td>156.79</td></tr> <tr><td>6.03</td><td>-0.03</td><td>157.10</td></tr> <tr><td>6.14</td><td>-0.03</td><td>157.10</td></tr> <tr><td>6.26</td><td>-0.03</td><td>157.10</td></tr> <tr><td>6.39</td><td>-0.03</td><td>157.10</td></tr> <tr><td>6.51</td><td>-0.03</td><td>157.10</td></tr> <tr><td>6.63</td><td>-0.03</td><td>156.79</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>0.28</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>0.28</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>0.28</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>0.28</td></tr> </tbody> </table>	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)	0.32	-0.03	19.60	0.43	-0.03	22.66	0.56	-0.04	26.04	0.68	-0.04	29.82	0.80	-0.04	33.08	0.93	-0.05	45.04	1.05	-0.05	56.07	1.18	-0.05	68.02	1.31	-0.05	80.27	1.43	-0.05	91.91	1.56	-0.05	102.63	1.69	-0.05	112.73	1.81	-0.05	121.30	1.94	-0.05	128.34	2.06	-0.06	134.46	2.18	-0.06	138.74	2.30	-0.06	142.11	2.42	-0.06	146.08	2.52	-0.06	149.14	2.64	-0.06	151.59	2.75	-0.06	153.43	2.87	-0.06	154.96	2.97	-0.05	152.51	3.09	-0.05	157.71	3.22	-0.05	157.71	3.35	-0.04	157.40	3.47	-0.04	157.40	3.60	-0.04	156.79	3.72	-0.03	156.18	3.84	-0.03	155.57	3.96	-0.03	154.65	4.09	-0.03	154.04	4.21	-0.03	153.43	4.33	-0.02	153.12	4.44	-0.03	153.43	4.56	-0.03	153.73	4.67	-0.03	154.04	4.77	-0.02	154.34	4.89	-0.03	154.65	5.02	-0.02	154.96	5.14	-0.03	155.26	5.21	-0.03	155.57	5.32	-0.03	155.88	5.44	-0.03	156.18	5.55	-0.03	156.49	5.68	-0.03	156.49	5.79	-0.03	156.49	5.81	-0.03	156.79	6.03	-0.03	157.10	6.14	-0.03	157.10	6.26	-0.03	157.10	6.39	-0.03	157.10	6.51	-0.03	157.10	6.63	-0.03	156.79			0.28			0.28			0.28			0.28
time (s)	def. ↓ (mm)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
6	-0.15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
12	-0.19																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
24	-0.22																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
30	-0.23																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
60	-0.25																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
90	-0.26																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
120	-0.27																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
180	-0.28																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
240	-0.29																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
300	-0.29																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
360	-0.30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
420	-0.30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
480	-0.30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
540	-0.31																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
600	-0.31																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
900	-0.31																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
1200	-0.32																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
1500	-0.32																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
1800	-0.33																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
2100	-0.33																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
2400	-0.33																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
2700	-0.34																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3000	-0.34																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3300	-0.34																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3600	-0.34																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
4200	-0.34																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
4800	-0.35																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5400	-0.35																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
6000	-0.36																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
7200	-0.36																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
8400	-0.36																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
9600	-0.36																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
10800	-0.36																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
12000	-0.37																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
13200	-0.37																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
14400	-0.37																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
16800	-0.37																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
19200	-0.38																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
21600	-0.38																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
28800	-0.38																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
36000	-0.39																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
45600	-0.39																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
54000	-0.39																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
72000	-0.40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
79200	-0.40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
82800	-0.40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
86400	-0.40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.20	-0.06	11.87																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.31	-0.11	17.34																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.42	-0.14	20.56																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.53	-0.17	22.49																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.64	-0.20	24.43																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.75	-0.23	26.04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.87	-0.25	27.64																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.00	-0.28	28.61																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.12	-0.32	29.90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.25	-0.35	30.86																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.39	-0.38	31.83																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.51	-0.40	33.44																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.64	-0.44	33.76																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.77	-0.46	34.40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.90	-0.49	35.37																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.03	-0.51	35.69																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.14	-0.53	36.96																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.26	-0.56	37.62																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.38	-0.57	38.59																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.51	-0.60	38.59																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.62	-0.62	39.87																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.74	-0.63	40.52																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.85	-0.65	40.84																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.95	-0.66	41.48																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.06	-0.69	41.81																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.17	-0.70	42.45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.28	-0.72	42.77																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.40	-0.74	43.41																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.52	-0.75	43.74																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.64	-0.77	44.38																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.76	-0.79	44.70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.88	-0.81	45.66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.00	-0.81	45.99																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.13	-0.80	46.63																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.25	-0.79	46.95																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.38	-0.78	47.60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.48	-0.77	48.24																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.60	-0.77	48.56																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.72	-0.77	48.88																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.84	-0.76	49.21																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.95	-0.76	49.53																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.06	-0.77	49.85																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.17	-0.77	50.49																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.27	-0.77	50.81																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.38	-0.78	50.81																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.49	-0.79	51.46																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.60	-0.80	51.78																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.71	-0.81	51.78																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.83	-0.83	52.10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.95	-0.85	52.75																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
6.07	-0.86	53.07																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
6.19	-0.88	53.71																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
6.32	-0.90	53.71																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
6.44	-0.92	53.71																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
6.56	-0.93	54.35																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
6.68	-0.94	54.68																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
		0.28																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.20	-0.03	16.91																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.31	-0.05	24.42																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.42	-0.07	31.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.52	-0.08	37.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.64	-0.10	42.66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.75	-0.12	48.56																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.87	-0.14	53.66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.00	-0.16	59.02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.12	-0.19	63.58																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.25	-0.20	67.60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.37	-0.22	71.62																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.50	-0.24	75.37																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.63	-0.26	78.59																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.77	-0.27	81.27																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.90	-0.29	83.14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.01	-0.30	85.29																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.13	-0.32	86.63																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.25	-0.33	87.70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.37	-0.34	89.04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.49	-0.35	90.11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.60	-0.37	91.72																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.71	-0.38	92.52																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.83	-0.39	93.33																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.95	-0.40	94.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.05	-0.41	94.66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.17	-0.42	95.74																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.30	-0.43	96.27																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.41	-0.44	96.54																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.53	-0.45	97.61																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.65	-0.47	97.88																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.77	-0.48	98.15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.90	-0.49	99.22																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.01	-0.50	100.02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.14	-0.51	101.09																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.26	-0.53	101.90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.38	-0.54	102.43																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.42	-0.55	102.97																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.46	-0.56	103.24																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.70	-0.56	104.04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.84	-0.55	104.58																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.95	-0.54	105.11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.06	-0.54	105.38																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.17	-0.53	105.65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.28	-0.53	106.18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.38	-0.53	106.45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.49	-0.52	107.26																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.60	-0.52	107.52																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.72	-0.52	107.79																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.83	-0.52	108.60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.96	-0.52	108.86																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
6.08	-0.52	108.86																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
6.20	-0.52	109.67																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
6.32	-0.52	110.47																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
6.45	-0.52	110.74																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
6.57	-0.52	110.20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
6.69	-0.52	110.47																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
		0.28																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.32	-0.03	19.60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.43	-0.03	22.66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.56	-0.04	26.04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.68	-0.04	29.82																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.80	-0.04	33.08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.93	-0.05	45.04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.05	-0.05	56.07																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.18	-0.05	68.02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.31	-0.05	80.27																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.43	-0.05	91.91																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.56	-0.05	102.63																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.69	-0.05	112.73																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.81	-0.05	121.30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.94	-0.05	128.34																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.06	-0.06	134.46																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.18	-0.06	138.74																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.30	-0.06	142.11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.42	-0.06	146.08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.52	-0.06	149.14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.64	-0.06	151.59																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.75	-0.06	153.43																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.87	-0.06	154.96																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.97	-0.05	152.51																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.09	-0.05	157.71																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.22	-0.05	157.71																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.35	-0.04	157.40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.47	-0.04	157.40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.60	-0.04	156.79																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.72	-0.03	156.18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.84	-0.03	155.57																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.96	-0.03	154.65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.09	-0.03	154.04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.21	-0.03	153.43																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.33	-0.02	153.12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.44	-0.03	153.43																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.56	-0.03	153.73																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.67	-0.03	154.04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.77	-0.02	154.34																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.89	-0.03	154.65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.02	-0.02	154.96																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.14	-0.03	155.26																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.21	-0.03	155.57																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.32	-0.03	155.88																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.44	-0.03	156.18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.55	-0.03	156.49																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.68	-0.03	156.49																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.79	-0.03	156.49																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.81	-0.03	156.79																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
6.03	-0.03	157.10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
6.14	-0.03	157.10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
6.26	-0.03	157.10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
6.39	-0.03	157.10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
6.51	-0.03	157.10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
6.63	-0.03	156.79																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
		0.28																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
		0.28																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
		0.28																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
		0.28																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
 Direttore Manager		 Spersmentatore Technician																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378 e-mail laboratorio.geotea@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
IOP DE 3.5 - MOD PROD 11 B31 REV2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		


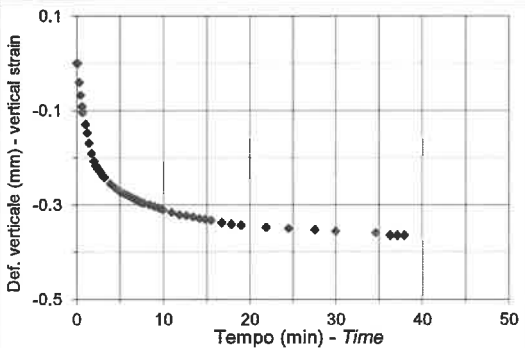
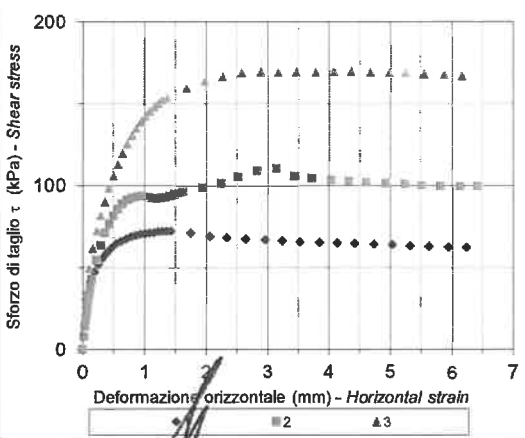
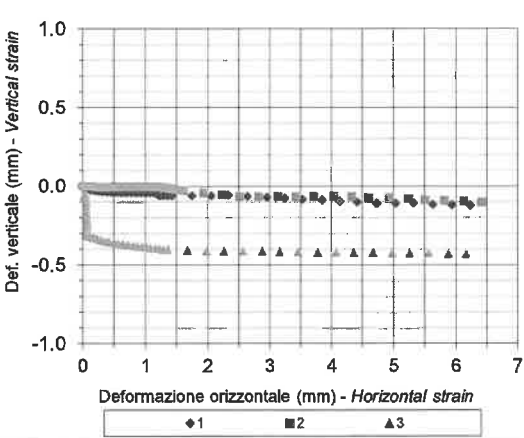

 GEOTEA s.r.l. <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</small>	PESO DI VOLUME CON FUSTELLA TARATA <i>Determination of bulk and dry density of fine-grained soil with sampling tube</i> Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-2 <i>Technical specification</i>
Certificato - Test report Verbale - Acceptance report Committente - Commissioner Località - Locality Cantiere - Site Sondaggio - Borehole Campione - Sample Profondità - Depth Data ricevimento - Receiving date Data inizio prove - Test starting date Data fine prove - Test ending date Data certificazione - Report date Data apertura campione - Sample opening date Classe campione - Sample quality	1596 - 20.235 - 007 1596 LABO' SRL CRESPPELLANO (BO) NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPLANT CPTU3 C3 1.90 - 2.50 m 29/07/2020 31/07/2020 14/08/2020 17/08/2020 31/07/2020 Q5
Massa tara (g) - Tara weight Massa campione umido + tara (g) <i>Moist specimen + tara</i> Massa campione secco + tara (g) <i>Dried specimen + tara</i> Volume fustella tarata (cm³) <i>Sampling tube volume</i> Umidità naturale (%) - Water content Massa volumica umida (kg/m³) - Bulk density Massa volumica secca (kg/m³) - Dry density	71.70 100.59 96.54 14.88 16.30 1941.01 1668.91
Note - Remarks	
Direttore Manager  Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378 e-mail laboratorio.geotea@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre	Sperimentatore Technician  

 GEOTEA s.r.l. <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</small>		ANALISI GRANULOMETRICA					
		PARTICLE SIZE ANALYSIS					
		Normativa di rif: UNI CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI A. V n° 23					
		Technical specification					
Certificato - <i>Test report</i> Verbale - <i>Acceptance report</i> Committente - <i>Commissioner</i> Località - <i>Locality</i> Cantiere - <i>Site</i> Sondaggio - <i>Borehole</i> Campione - <i>Sample</i> Profondità - <i>Depth</i> Data ricevimento - <i>Receiving date</i> Data inizio prove - <i>Test starting date</i> Data fine prove - <i>Test ending date</i> Data certificazione - <i>Report date</i> Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>		1596 - 20.235 - 008 1596 LABO' SRL CRESPELLANO (BO) NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPLANT CPTU3 C3 1.90 - 2.50 m 29/07/2020 31/07/2020 14/08/2020 17/08/2020 31/07/2020					
SETACCIATURA - SIEVES TEST Massa campione (g) - <i>Specimen weight</i> 394.05				SEDIMENTAZIONE - HYDROMETER TEST Massa campione (g) - <i>Specimen weight</i> 40.09			
Setaccio (mm)	Peso (g)	Passante (%)		Diametro (mm)	Lecture	Passante (%)	
<i>Sieve diameter</i>	<i>Mass retained</i>	<i>Percentage passing</i>		<i>Particle size</i>	<i>Data</i>	<i>Percentage passing</i>	
100	0.00	100.00		0.043	23.0	74.24	
75	0.00	100.00		0.031	21.5	68.47	
60	0.00	100.00		0.020	19.0	58.85	
40	0.00	100.00		0.014	17.5	53.08	
25	0.00	100.00		0.010	16.0	47.31	
15	0.00	100.00		0.006	13.5	37.69	
10	0.00	100.00		0.004	12.0	31.93	
5	0.00	100.00		0.0030	11.0	28.08	
2	0.05	99.99		0.0021	10.0	24.23	
1	0.58	99.84		0.0012	9.0	20.39	
0.425	2.14	99.30					
0.18	4.80	98.08					
0.075	12.83	94.82					
Granulometria A.G.I.	Ghiaia (%)	0.01	Sabbia (%)	14.81	Limo (%)	61.44	Argilla (%)
<i>PSD</i>	<i>Gravel</i>		<i>Sand</i>		<i>Silt</i>		<i>Clay</i>
							23.74
Curva granulometrica - <i>Particle Size Distribution (PSD)</i>							
							
D ₁₀ (mm) -				D ₆₀ (mm) 0.856			
Agente disperdente - <i>dispersing agent</i> : Sodium hexametaphosphate				temperatura di prova (°) - <i>temperature</i> 21			
Note - <i>Remarks</i>							
Direttore <i>Manager</i> 				Sperimentatore <i>Technician</i> 			
Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4898378 e-mail laboratorio.geotea@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre							
IOP DE 3.5 - MOD PROD 11 B19b REV2							

 GEOTEA s.r.l. <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI SETTORE TERRE</small>		LIMITI DI ATTERBERG		
		ATTERBERG LIMITS		
		Normativa di riferimento: UNI EN ISO/TS 17892-12		
		Technical specification		
Certificato - Test report	1596 - 20.235 - 009			
Verbale - Acceptance report	1596			
Committente - Commissioner	LABO' SRL			
Località - Locality	CRESPELLANO (BO)			
Cantiere - Site	NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPLANT			
Sondaggio - Borehole	CPTU3			
Campione - Sample	C3			
Profondità - Depth	1.90 - 2.50 m			
Data ricevimento - Receiving date	29/07/2020			
Data inizio prove - Test starting date	31/07/2020			
Data fine prove - Test ending date	14/08/2020			
Data certificazione - Report date	17/08/2020			
Data apertura campione - Sample opening date	31/07/2020			
Classe campione - Sample quality	Q5			
Penetrazione del cono (mm) - Cone penetration	Provino 1 - Specimen 1	Provino 2 - Specimen 2	Provino 3 - Specimen 3	
Massa tara (g) - Tara weight	15.50	20.60	25.20	
Massa campione umido + tara (g)	71.69	70.62	72.11	
Moist specimen + tara	86.76	79.85	86.35	
Massa campione secco + tara (g)	82.23	76.98	81.60	
Dried specimen + tara	42.98	45.13	50.05	
Contenuto in acqua (%) - Moisture content				
Limite liquido (%) - Liquid limit	45.7			
Massa tara (g) - Tara weight	70.61	72.13		
Massa campione umido + tara (g)	75.19	76.85		
Massa campione secco + tara (g)	74.43	76.07		
Dried specimen + tara				
Limite plastico (%) - Plastic limit	19.90	19.80	differenza percentuale 0.49	
Limite plastico (%) - Plastic limit	19.8			
Note - Remarks				
Direttore Manager		Sperimentatore Technician		
				
Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378 e-mail laboratorio.geotea@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre				
IOP DE 3.5 - MOD PROD 11 B21a REV2				

 GEOTEA s.r.l. <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTQUALITY</small>		PROVA EDOMETRICA I.L. INCREMENTAL LOADING OEDOMETER TEST Normativa di riferimento: UNI GEN ISO/TS 17892-5 Technical specification																																																									
Certificato - <i>Test report</i> Verbale - <i>Acceptance report</i> Committente - <i>Commissioner</i> Località - <i>Locality</i> Cantiere - <i>Site</i> Sondaggio - <i>Borehole</i> Campione - <i>Sample</i> Profondità - <i>Depth</i> Data ricevimento - <i>Receiving date</i> Data inizio prove - <i>Test starting date</i> Data fine prove - <i>Test ending date</i> Data certificazione - <i>Report date</i> Data apertura campione - <i>Sample opening date</i> Classe campione - <i>Sample quality</i>		1596 - 20.235 - 010 1596 LABO' SRL CREPELLANO (BO) NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPLANT CPTU3 C3 1.90 - 2.50 m 29/07/2020 31/07/2020 14/08/2020 17/08/2020 31/07/2020 Q5																																																									
Area (cm ²) - <i>Cross-sectional area of specimen</i> Altezza provino (cm) - <i>Specimen height</i>		20.00 2.00																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>σ_v (kPa)</th> <th>ϵ_v (mm)</th> <th>ϵ_v (%)</th> <th>e</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carichi</td> <td>Deformazione verticale</td> <td></td> <td>Indice vuoti</td> </tr> <tr> <td>Vert. load</td> <td>Vertical strain</td> <td></td> <td>Void ratio</td> </tr> <tr><td>12.2</td><td>0.049</td><td>0.25</td><td>0.555</td></tr> <tr><td>24.5</td><td>0.100</td><td>0.50</td><td>0.552</td></tr> <tr><td>49.0</td><td>0.209</td><td>1.05</td><td>0.543</td></tr> <tr><td>98.0</td><td>0.514</td><td>2.57</td><td>0.519</td></tr> <tr><td>196.0</td><td>0.947</td><td>4.74</td><td>0.485</td></tr> <tr><td>392.0</td><td>1.601</td><td>8.01</td><td>0.434</td></tr> <tr><td>784.0</td><td>2.430</td><td>12.15</td><td>0.370</td></tr> <tr><td>1568.0</td><td>3.196</td><td>15.98</td><td>0.310</td></tr> <tr><td>392.0</td><td>2.951</td><td>14.76</td><td>-</td></tr> <tr><td>98.0</td><td>2.684</td><td>13.42</td><td>-</td></tr> <tr><td>12.2</td><td>2.391</td><td>11.96</td><td>-</td></tr> </tbody> </table>	σ_v (kPa)	ϵ_v (mm)	ϵ_v (%)	e	Carichi	Deformazione verticale		Indice vuoti	Vert. load	Vertical strain		Void ratio	12.2	0.049	0.25	0.555	24.5	0.100	0.50	0.552	49.0	0.209	1.05	0.543	98.0	0.514	2.57	0.519	196.0	0.947	4.74	0.485	392.0	1.601	8.01	0.434	784.0	2.430	12.15	0.370	1568.0	3.196	15.98	0.310	392.0	2.951	14.76	-	98.0	2.684	13.42	-	12.2	2.391	11.96	-			
σ_v (kPa)	ϵ_v (mm)	ϵ_v (%)	e																																																								
Carichi	Deformazione verticale		Indice vuoti																																																								
Vert. load	Vertical strain		Void ratio																																																								
12.2	0.049	0.25	0.555																																																								
24.5	0.100	0.50	0.552																																																								
49.0	0.209	1.05	0.543																																																								
98.0	0.514	2.57	0.519																																																								
196.0	0.947	4.74	0.485																																																								
392.0	1.601	8.01	0.434																																																								
784.0	2.430	12.15	0.370																																																								
1568.0	3.196	15.98	0.310																																																								
392.0	2.951	14.76	-																																																								
98.0	2.684	13.42	-																																																								
12.2	2.391	11.96	-																																																								
Pocket Penetrometer >6 kg/cm ² Tor Vane >2 kg/cm ² Umidità naturale iniziale <i>Initial water content</i> 16.30 % Densità naturale <i>Bulk density</i> 1.94 t/m ³ Densità secca <i>Dry density</i> 1.67 t/m ³ Peso specifico dei grani <i>Specific gravity</i> 2.60 t/m ³ Umidità finale <i>Final water content</i> 21.54 % Indice dei vuoti iniziale <i>Original void ratio</i> 0.56																																																											
Note - Remarks PRESSIONE DI RIGONFIAMENTO PARI A 1.2 KG/CM²																																																											
Direttore <i>Manager</i> 		Spettatore <i>Technician</i> 																																																									
Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378 e-mail laboratorio.geotea@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre																																																											

 GEOTEA s.r.l. <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</small>		COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE <small>COEFFICIENT OF CONSOLIDATION</small> Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892/5 <small>Technical specification</small>			
Certificato - Test report Verbale - Acceptance report Committente - Commissioner Località - Locality Cantiere - Site Sondaggio - Borehole Campione - Sample Profondità - Depth Data ricevimento - Receiving date Data inizio prove - Test starting date Data fine prove - Test ending date Data certificazione - Report date Data apertura campione - Sample opening date Classe campione - Sample quality		1596 - 20.235 - 011 1596 LABO' SRL CRESPPELLANO (BO) NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPLANT CPTU3 C3 1.90 - 2.50 m 29/07/2020 31/07/2020 14/08/2020 17/08/2020 31/07/2020 Q5			
Area (cm²) - Cross-sectional area of specimen Altezza provino (cm) - Specimen height		20 2	Intervallo di carico (kPa) Load range	49.0 96.0	
Tempi (s) Time 6 15 24 30 60 120 240 360 480 600 1200 1800 2400 3000 3600 4800 6000 7200 10800 14400 21600 28800 45600 54000 72000 79200 82800 86400	Def. (mm) Vertical strain 0.240 0.249 0.254 0.258 0.273 0.287 0.315 0.324 0.338 0.346 0.373 0.385 0.395 0.404 0.411 0.421 0.428 0.434 0.444 0.449 0.461 0.470 0.483 0.490 0.502 0.505 0.512 0.514				
Note - Remarks					
Direttore  Manager		Sperimentatore  Technician			
Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378 e-mail laboratorio.geotea@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre					
IOP DE 3.5 - MOD PROD 11 A9 REV2					

 GEOTECA s.r.l. <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</small>		TAGLIO DIRETTO DIRECT SHEAR TEST Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10 Technical specification																																						
Certificato - <i>Test report</i> Verbale - <i>Acceptance report</i> Committente - <i>Commissioner</i> Località - <i>Locality</i> Cantiere - <i>Site</i> Sondaggio - <i>Borehole</i> Campione - <i>Sample</i> Profondità - <i>Depth</i> Data ricevimento - <i>Receiving date</i> Data inizio prove - <i>Test starting date</i> Data fine prove - <i>Test ending date</i> Data certificazione - <i>Report date</i> Data apertura campione - <i>Sample opening date</i> Classe del campione - <i>Sample quality</i>		1596 - 20.235 - 012 1596 LABO' SRL CREPELLANO (BO) NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPLANT CPTU3 C3 1.90 - 2.50 m 29/07/2020 31/07/2020 14/08/2020 17/08/2020 31/07/2020 Q5																																						
Umidità iniziale - <i>Initial water content</i> Densità naturale iniziale - <i>Initial wet density</i> Densità secca iniziale - <i>Initial dry density</i> Provino - <i>Specimen id</i> Lato - <i>Specimen side</i> Altezza iniziale - <i>Initial specimen height</i> Velocità di taglio utilizzata - <i>Strain rate</i> Press. di consolidazione - <i>Consolidation pressure</i> Umidità finale - <i>Final water content</i>		<table border="1"> <tr> <td>%</td> <td>16.30</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>kg/m³</td> <td>1941.01</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>kg/m³</td> <td>1668.91</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>n°</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>mm</td> <td>60.0</td> <td>60.0</td> <td>60.0</td> </tr> <tr> <td>mm</td> <td>20.0</td> <td>20.0</td> <td>20.0</td> </tr> <tr> <td>mm/min</td> <td>0.006</td> <td>0.006</td> <td>0.006</td> </tr> <tr> <td>kPa</td> <td>98.1</td> <td>196.1</td> <td>294.2</td> </tr> <tr> <td>%</td> <td>20.58</td> <td>19.63</td> <td>19.02</td> </tr> </table>			%	16.30			kg/m ³	1941.01			kg/m ³	1668.91			n°	1	2	3	mm	60.0	60.0	60.0	mm	20.0	20.0	20.0	mm/min	0.006	0.006	0.006	kPa	98.1	196.1	294.2	%	20.58	19.63	19.02
%	16.30																																							
kg/m ³	1941.01																																							
kg/m ³	1668.91																																							
n°	1	2	3																																					
mm	60.0	60.0	60.0																																					
mm	20.0	20.0	20.0																																					
mm/min	0.006	0.006	0.006																																					
kPa	98.1	196.1	294.2																																					
%	20.58	19.63	19.02																																					
Fase di consolidazione - Consolidation test		Note - Remarks																																						
		Limo argilloso di colore marrone molto consistente da essiccamento.																																						
		Pocket Penetrometer >6 kg/cm ² Tor Vane >2 kg/cm ²																																						
																																								
Direttore <i>Manager</i>		Sperimentatore <i>Technician</i>																																						
Grado di incertezza delle misure degli strumenti di forza: ± 0,15%																																								
Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378 e-mail laboratorio.geoteka@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori																																								

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

DIRECT SHEAR TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10

Technical specification

Certificato - <i>Test report</i>	1596 - 20.235 - 012
----------------------------------	---------------------

Verbale - Acceptance report 1596

Note - Remarks

Director/Manager

Sperimentatore

~~Technician.~~



Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena
(BO)


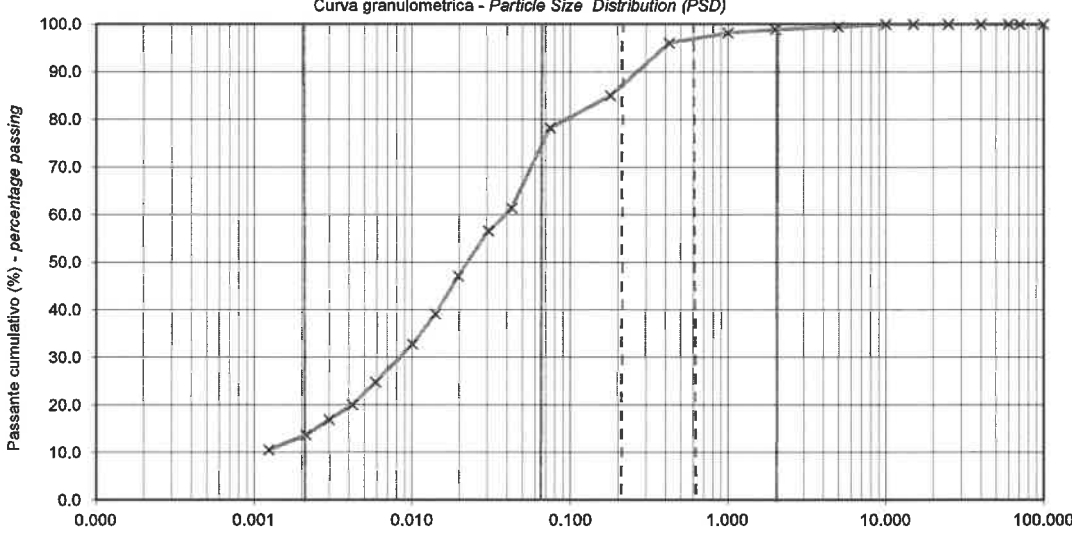

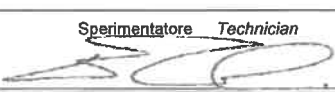

Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378


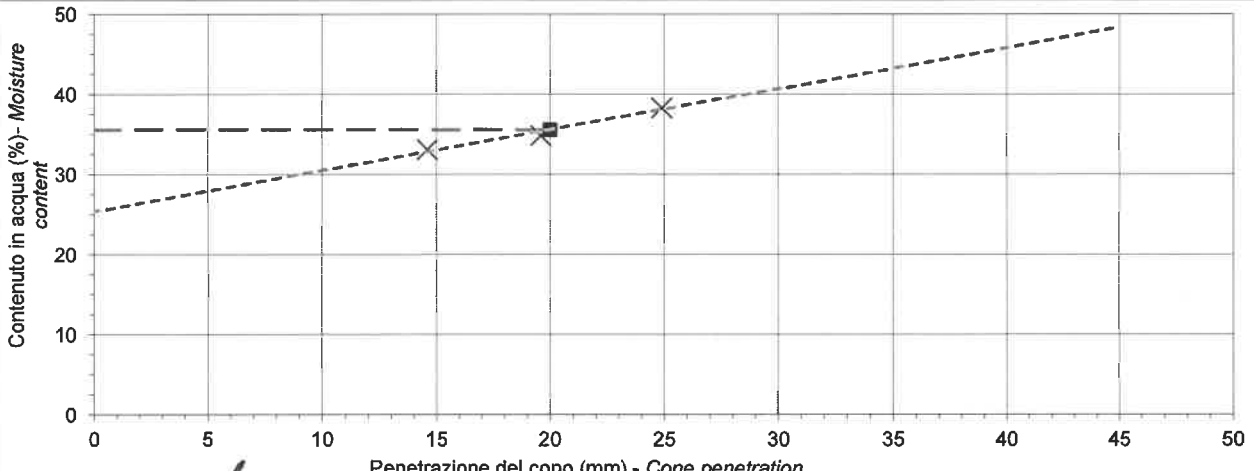

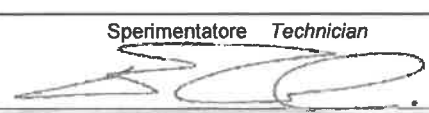

e-mail laboratorio.geotea@database.it


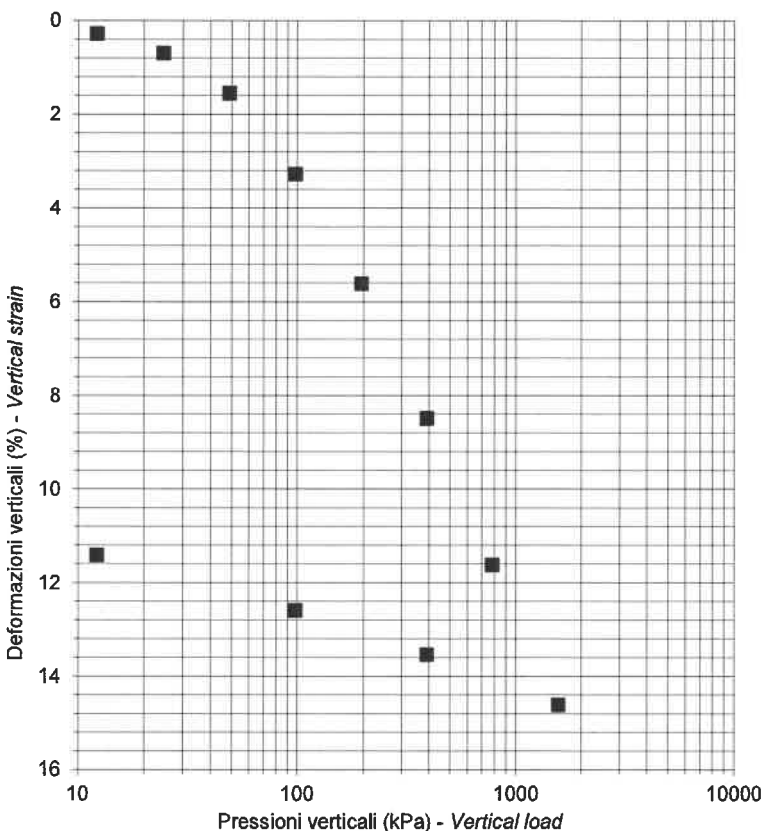



Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici


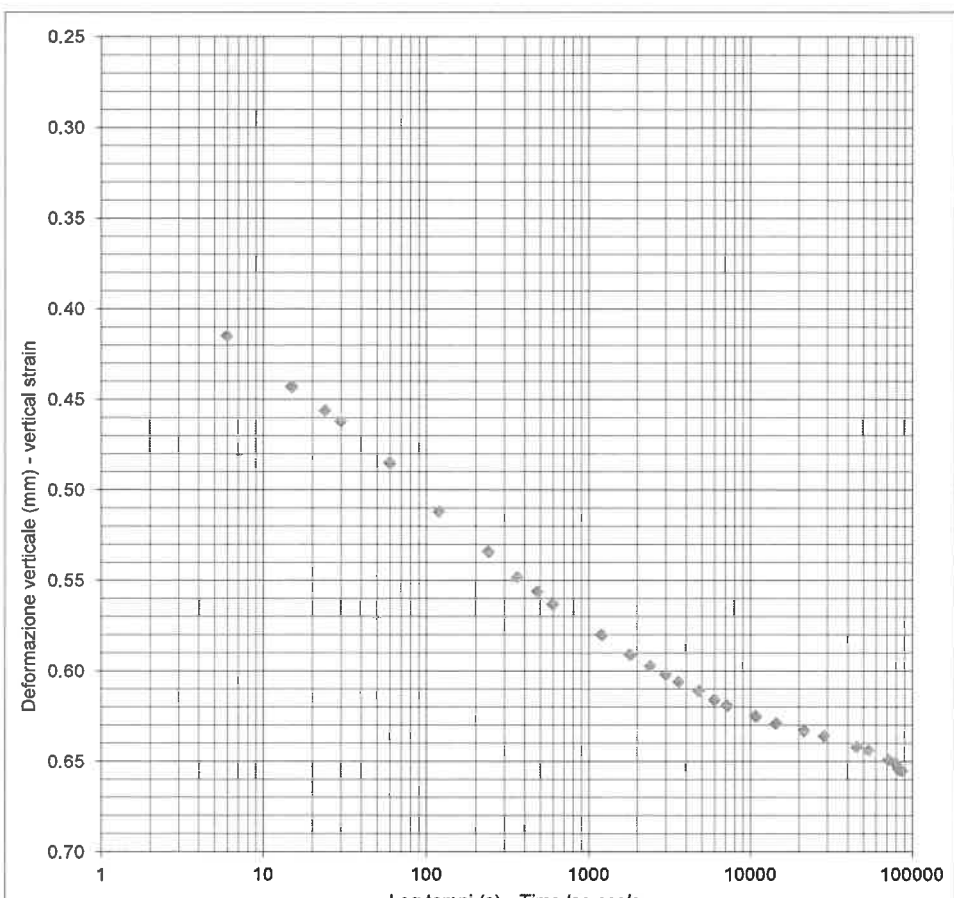
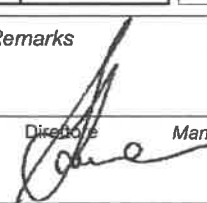
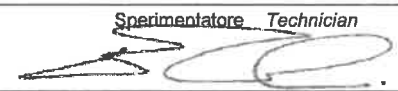

IOP DE 3.5 - MOD PROD 11 B31 REV2


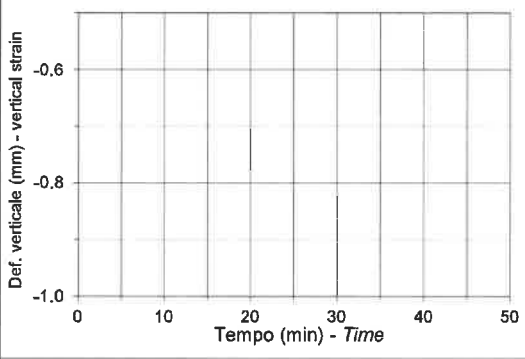
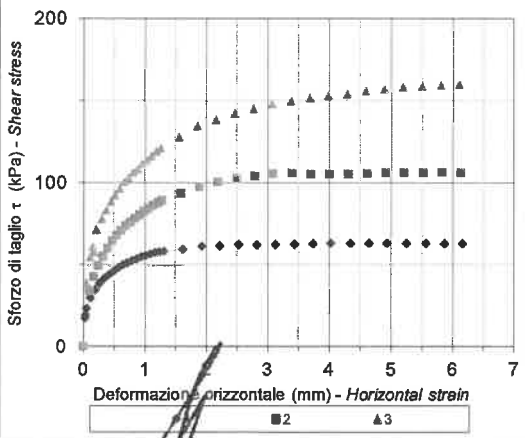
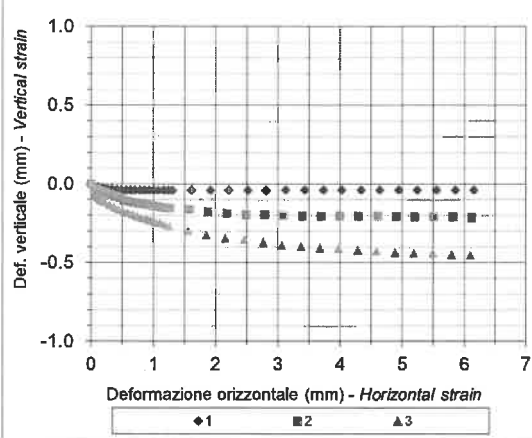



 GEOTE s.r.l. <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</small>	PESO DI VOLUME CON FUSTELLA TARATA <i>Determination of bulk and dry density of fine-grained soil with sampling tube</i> Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-2 <i>Technical specification</i>
Certificato - Test report Verbale - Acceptance report Committente - Commissioner Località - Locality Cantiere - Site Sondaggio - Borehole Campione - Sample Profondità - Depth Data ricevimento - Receiving date Data inizio prove - Test starting date Data fine prove - Test ending date Data certificazione - Report date Data apertura campione - Sample opening date Classe campione - Sample quality	1596 - 20.235 - 013 1596 LABO' SRL CREPELLANO (BO) NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPLANT CPTU4 C4 2.00 - 2.60 29/07/2020 31/07/2020 14/08/2020 17/08/2020 31/07/2020 Q5
Massa tara (g) - Tara weight Massa campione umido + tara (g) <i>Moist specimen + tara</i> Massa campione secco + tara (g) <i>Dried specimen + tara</i> Volume fustella tarata (cm³) <i>Sampling tube volume</i> Umidità naturale (%) - Water content Massa volumica umida (kg/m³) - Bulk density Massa volumica secca (kg/m³) - Dry density	70.69 99.50 95.07 14.88 18.17 1935.64 1638.00
Note - Remarks	
Direttore - Manager  Via della Tecnica 5/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378 e-mail laboratorio.geotea@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre	Sperimentatore - Technician  
IOP DE 3.5 - MOD PROD 11 B6 REV2	


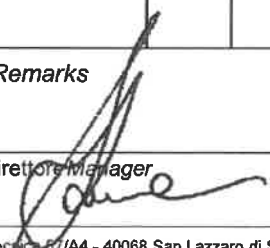


 GEOTEA s.r.l. <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</small>			ANALISI GRANULOMETRICA					
			PARTICLE SIZE ANALYSIS					
			Normativa di rif: UNI CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI A. V n° 23					
			Technical specification					
Certificato - Test report Verbale - Acceptance report Committente - Commissioner Località - Locality Cantiere - Site Sondaggio - Borehole Campione - Sample Profondità - Depth Data ricevimento - Receiving date Data inizio prove - Test starting date Data fine prove - Test ending date Data certificazione - Report date Data apertura campione - Sample opening date			1596 - 20.235 - 014 1596 LABO' SRL CRESPPELLANO (BO) NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPLANT CPTU4 C4 2.00 - 2.60 29/07/2020 31/07/2020 14/08/2020 17/08/2020 31/07/2020					
SETACCIATURA - SIEVES TEST Massa campione (g) - Specimen weight 379.59			SEDIMENTAZIONE - HYDROMETER TEST Massa campione (g) - Specimen weight 40.02					
Setaccio (mm)	Peso (g)	Passante (%)	Diametro (mm)	Lettura	Passante (%)			
Sieve diameter	Mass retained	Percentage passing	Particle size	Data	Percentage passing			
100	0.00	100.00	0.043	23.0	61.36			
75	0.00	100.00	0.031	21.5	56.59			
60	0.00	100.00	0.020	18.5	47.05			
40	0.00	100.00	0.014	16.0	39.10			
25	0.00	100.00	0.010	14.0	32.74			
15	0.00	100.00	0.006	11.5	24.80			
10	0.00	100.00	0.004	10.0	20.03			
5	2.02	99.47	0.0030	9.0	16.85			
2	2.18	98.89	0.0021	8.0	13.67			
1	2.62	98.20	0.0012	7.0	10.49			
0.425	8.18	96.05						
0.18	41.94	85.00						
0.075	25.68	78.23						
Granulometria A.G.I.	Ghiaia (%)	1.11	Sabbia (%)	28.57	Limo (%)	57.14	Argilla (%)	13.18
PSD	Gravel		Sand		Silt		Clay	
Curva granulometrica - Particle Size Distribution (PSD)								
								
D ₁₀ (mm) 0.012			D ₆₀ (mm) 0.039					
Agente disperdente - dispersing agent: Sodium hexametaphosphate			temperatura di prova (°) - temperature 21					
Note - Remarks								
Direttore Manager 			Sperimentatore Technician 					
Via della Tecnica 57/A4 - 40088 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4988378 e-mail laboratorio.geotema@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre								
IOP DE 3.5 - MOD PROD 11 B19b REV2								

 GEOTEAs.r.l. <small> AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI SETTORE TERRE </small>		LIMITI DI ATTERBERG		
		ATTERBERG LIMITS		
		Normativa di riferimento: UNI EN ISO/TS 17892-12		
		Technical specification		
Certificato - <i>Test report</i>	1596 - 20.235 - 015			
Verbale - <i>Acceptance report</i>	1596			
Committente - <i>Commissioner</i>	LABO' SRL			
Località - <i>Locality</i>	CRESPELLANO (BO)			
Cantiere - <i>Site</i>	NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPLANT			
Sondaggio - <i>Borehole</i>	CPTU4			
Campione - <i>Sample</i>	C4			
Profondità - <i>Depth</i>	2.00 - 2.60			
Data ricevimento - <i>Receiving date</i>	29/07/2020			
Data inizio prove - <i>Test starting date</i>	31/07/2020			
Data fine prove - <i>Test ending date</i>	14/08/2020			
Data certificazione - <i>Report date</i>	17/08/2020			
Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>	31/07/2020			
Classe campione - <i>Sample quality</i>	Q5			
Penetrazione del cono (mm) - <i>Cone penetration</i>	Provino 1 - <i>Specimen 1</i>	Provino 2 - <i>Specimen 2</i>	Provino 3 - <i>Specimen 3</i>	
Massa tara (g) - <i>Tara weight</i>	14.60	19.60	24.90	
Massa campione umido + tara (g) - <i>Moist specimen + tara</i>	71.95	70.69	71.14	
Massa campione secco + tara (g) - <i>Dried specimen + tara</i>	83.01	82.38	84.60	
Contenuto in acqua (%) - <i>Moisture content</i>	80.26	79.36	80.87	
	33.09	34.83	38.34	
Limite liquido (%) - <i>Liquid limit</i>	35.6			
Massa tara (g) - <i>Tara weight</i>	72.03	71.72	differenza percentuale 0.17	
Massa campione umido + tara (g)	75.98	74.60		
Massa campione secco + tara (g) - <i>Dried specimen + tara</i>	75.47	74.23		
Limite plastico (%) - <i>Plastic limit</i>	14.83	14.80		
Limite plastico (%) - <i>Plastic limit</i>	14.8			
				
Note - Remarks				
Direttore <i>Manager</i> 		Sperimentatore <i>Technician</i> 		
Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378 e-mail laboratorio.geotea@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre				
IOP DE 3.5 - MOD PROD 11 B21a REV2				

 GEOTEA s.r.l. <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</small>		PROVA EDOMETRICA I.L. INCREMENTAL LOADING OEDOMETER TEST Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-5 Technical specification																																																									
Certificato - Test report Verbale - Acceptance report Committente - Commissioner Località - Locality Cantiere - Site Sondaggio - Borehole Campione - Sample Profondità - Depth Data ricevimento - Receiving date Data inizio prove - Test starting date Data fine prove - Test ending date Data certificazione - Report date Data apertura campione - Sample opening date Classe campione - Sample quality		1596 - 20.235 - 016 1596 LABO' SRL CRESPPELLANO (BO) NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPLANT CPTU4 C4 2.00 - 2.60 29/07/2020 31/07/2020 14/08/2020 17/08/2020 31/07/2020 Q5																																																									
Area (cm²) - Cross-sectional area of specimen Altezza provino (cm) - Specimen height		20.00 2.00																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>σ_v (kPa)</th> <th>ε_v (mm)</th> <th>ε_v (%)</th> <th>e</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carichi</td> <td colspan="2">Deformazione verticale</td> <td>Indice vuoti</td> </tr> <tr> <td>Vert. load</td> <td colspan="2">Vertical strain</td> <td>Void ratio</td> </tr> <tr> <td>12.2</td> <td>0.057</td> <td>0.29</td> <td>0.595</td> </tr> <tr> <td>24.5</td> <td>0.140</td> <td>0.70</td> <td>0.589</td> </tr> <tr> <td>49.0</td> <td>0.310</td> <td>1.55</td> <td>0.575</td> </tr> <tr> <td>98.0</td> <td>0.655</td> <td>3.28</td> <td>0.547</td> </tr> <tr> <td>196.0</td> <td>1.124</td> <td>5.62</td> <td>0.510</td> </tr> <tr> <td>392.0</td> <td>1.698</td> <td>8.49</td> <td>0.464</td> </tr> <tr> <td>784.0</td> <td>2.324</td> <td>11.62</td> <td>0.414</td> </tr> <tr> <td>1568.0</td> <td>2.923</td> <td>14.62</td> <td>0.366</td> </tr> <tr> <td>392.0</td> <td>2.708</td> <td>13.54</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>98.0</td> <td>2.519</td> <td>12.60</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>12.2</td> <td>2.283</td> <td>11.42</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	σ_v (kPa)	ε_v (mm)	ε_v (%)	e	Carichi	Deformazione verticale		Indice vuoti	Vert. load	Vertical strain		Void ratio	12.2	0.057	0.29	0.595	24.5	0.140	0.70	0.589	49.0	0.310	1.55	0.575	98.0	0.655	3.28	0.547	196.0	1.124	5.62	0.510	392.0	1.698	8.49	0.464	784.0	2.324	11.62	0.414	1568.0	2.923	14.62	0.366	392.0	2.708	13.54	-	98.0	2.519	12.60	-	12.2	2.283	11.42	-			
σ_v (kPa)	ε_v (mm)	ε_v (%)	e																																																								
Carichi	Deformazione verticale		Indice vuoti																																																								
Vert. load	Vertical strain		Void ratio																																																								
12.2	0.057	0.29	0.595																																																								
24.5	0.140	0.70	0.589																																																								
49.0	0.310	1.55	0.575																																																								
98.0	0.655	3.28	0.547																																																								
196.0	1.124	5.62	0.510																																																								
392.0	1.698	8.49	0.464																																																								
784.0	2.324	11.62	0.414																																																								
1568.0	2.923	14.62	0.366																																																								
392.0	2.708	13.54	-																																																								
98.0	2.519	12.60	-																																																								
12.2	2.283	11.42	-																																																								
Pocket Penetrometer 2.5-2.5 kg/cm² Tor Vane 0.8 kg/cm² Umidità naturale iniziale 18.17 % Initial water content Densità naturale 1.94 t/m³ Bulk density Densità secca 1.64 t/m³ Dry density Peso specifico dei grani 2.62 t/m³ Specific gravity Umidità finale 21.77 % Final water content Indice dei vuoti iniziale 0.60 Original void ratio																																																											
Note - Remarks																																																											
Direttore Manager 		Sperimentatore Technician 																																																									
Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378 e-mail laboratorio.geotea@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre																																																											

 GEOTEA s.r.l. <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</small>		COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE <small>COEFFICIENT OF CONSOLIDATION</small> Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892/5 <small>Technical specification</small>			
Certificato - Test report Verbale - Acceptance report Committente - Commissioner Località - Locality Cantiere - Site Sondaggio - Borehole Campione - Sample Profondità - Depth Data ricevimento - Receiving date Data inizio prove - Test starting date Data fine prove - Test ending date Data certificazione - Report date Data apertura campione - Sample opening date Classe campione - Sample quality		1596 - 20.235 - 017 1596 LABO' SRL CREPELLANO (BO) NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPLANT CPTU4 C4 2.00 - 2.60 29/07/2020 31/07/2020 14/08/2020 17/08/2020 31/07/2020 Q5			
Area (cm²) - Cross-sectional area of specimen Altezza provino (cm) - Specimen height		20 2	Intervallo di carico (kPa) Load range	49.0 98.0	
Tempi (s) Time 6 15 24 30 60 120 240 360 480 600 1200 1800 2400 3000 3600 4800 6000 7200 10800 14400 21600 28800 45600 54000 72000 79200 82800 86400	Def. (mm) Vertical strain 0.415 0.443 0.456 0.462 0.485 0.512 0.534 0.548 0.556 0.563 0.580 0.591 0.597 0.602 0.606 0.611 0.616 0.619 0.625 0.629 0.633 0.636 0.642 0.644 0.649 0.651 0.654 0.655				
Note - Remarks					
Direttore Manager 		Sperimentatore Technician 			
Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378 e-mail laboratorio.geotea@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre					

 GEOTECA s.r.l. <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTQUALITY</small>		TAGLIO DIRETTO DIRECT SHEAR TEST Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10 Technical specification																																						
Certificato - Test report Verbale - Acceptance report Committente - Commissioner Località - Locality Cantiere - Site Sondaggio - Borehole Campione - Sample Profondità - Depth Data ricevimento - Receiving date Data inizio prove - Test starting date Data fine prove - Test ending date Data certificazione - Report date Data apertura campione - Sample opening date Classe del campione - Sample quality		1596 - 20.235 - 018 1596 LABO' SRL CRESPELLANO (BO) NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPLANT CPTU4 C4 2.00 - 2.60 29/07/2020 31/07/2020 14/08/2020 17/08/2020 31/07/2020 Q5																																						
Umidità iniziale - Initial water content Densità naturale iniziale - Initial wet density Densità secca iniziale - Initial dry density Provino - Specimen id Lato - Specimen side Altezza iniziale - Initial specimen height Velocità di taglio utilizzata - Strain rate Press. di consolidazione Consolidation pressure Umidità finale - Final water content		<table border="1"> <tr> <td>%</td> <td>18.17</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>kg/m³</td> <td>1935.64</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>kg/m³</td> <td>1638.00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>n°</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>mm</td> <td>60.0</td> <td>60.0</td> <td>60.0</td> </tr> <tr> <td>mm</td> <td>20.0</td> <td>20.0</td> <td>20.0</td> </tr> <tr> <td>mm/min</td> <td>0.006</td> <td>0.006</td> <td>0.006</td> </tr> <tr> <td>kPa</td> <td>98.1</td> <td>196.1</td> <td>294.2</td> </tr> <tr> <td>%</td> <td>22.74</td> <td>21.53</td> <td>20.66</td> </tr> </table>			%	18.17			kg/m ³	1935.64			kg/m ³	1638.00			n°	1	2	3	mm	60.0	60.0	60.0	mm	20.0	20.0	20.0	mm/min	0.006	0.006	0.006	kPa	98.1	196.1	294.2	%	22.74	21.53	20.66
%	18.17																																							
kg/m ³	1935.64																																							
kg/m ³	1638.00																																							
n°	1	2	3																																					
mm	60.0	60.0	60.0																																					
mm	20.0	20.0	20.0																																					
mm/min	0.006	0.006	0.006																																					
kPa	98.1	196.1	294.2																																					
%	22.74	21.53	20.66																																					
Fase di consolidazione - Consolidation test		Note - Remarks																																						
		Limo argilloso di colore marrone. <table border="1"> <tr> <td>Pocket Penetrometer</td> <td>2.5</td> <td>kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>Tor Vane</td> <td>0.8</td> <td>kg/cm²</td> </tr> </table>			Pocket Penetrometer	2.5	kg/cm ²	Tor Vane	0.8	kg/cm ²																														
Pocket Penetrometer	2.5	kg/cm ²																																						
Tor Vane	0.8	kg/cm ²																																						
																																								
Disettore Manager 		Sperimentatore Technician 																																						
Grado di incertezza delle misure degli strumenti di forza: $\pm 0,14\%$ Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378 e-mail laboratorio.geotea@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori																																								

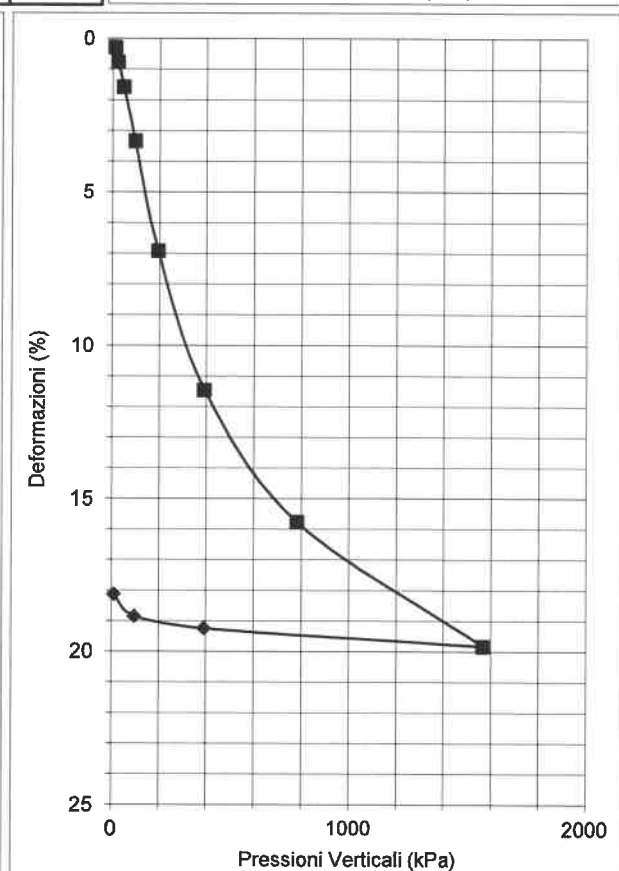
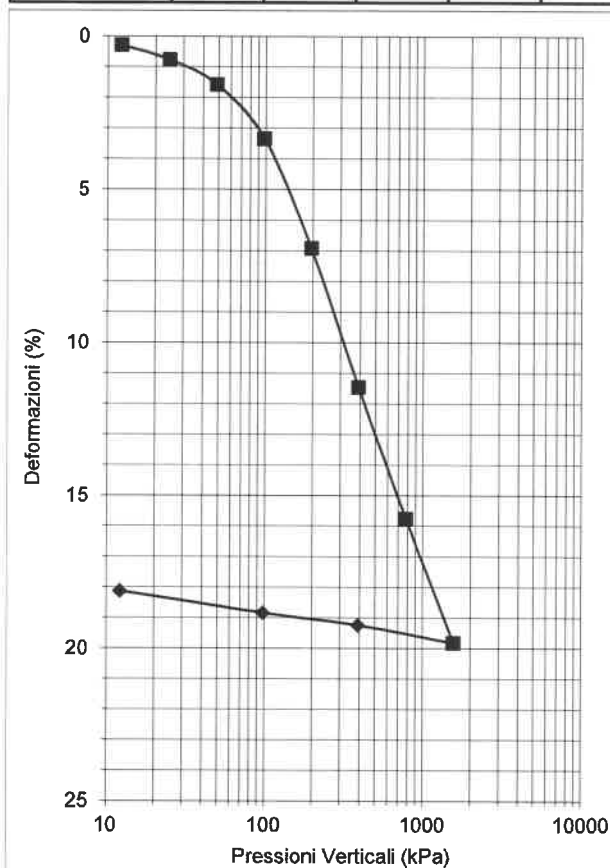
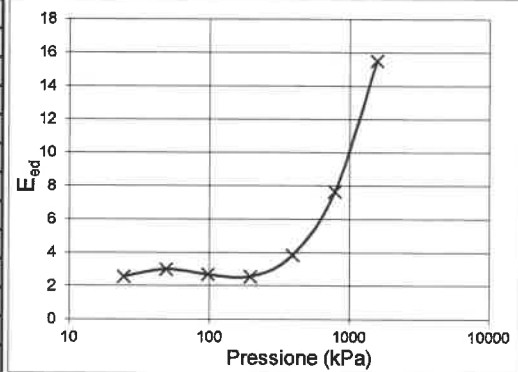
 GEOTEAS r.l. <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</small>		TAGLIO DIRETTO DIRECT SHEAR TEST Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10 Technical specification																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Certificato - Test report Verbale - Acceptance report		1596 - 20.235 - 018 1596																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Consolidation test (0-100 kPa) <table border="1"> <thead> <tr> <th>time (s)</th> <th>def. ± (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>-</td></tr> <tr><td>6</td><td>-</td></tr> <tr><td>12</td><td>-</td></tr> <tr><td>24</td><td>-</td></tr> <tr><td>30</td><td>-</td></tr> <tr><td>60</td><td>-</td></tr> <tr><td>90</td><td>-</td></tr> <tr><td>120</td><td>-</td></tr> <tr><td>180</td><td>-</td></tr> <tr><td>240</td><td>-</td></tr> <tr><td>300</td><td>-</td></tr> <tr><td>360</td><td>-</td></tr> <tr><td>420</td><td>-</td></tr> <tr><td>480</td><td>-</td></tr> <tr><td>540</td><td>-</td></tr> <tr><td>600</td><td>-</td></tr> <tr><td>900</td><td>-</td></tr> <tr><td>1200</td><td>-</td></tr> <tr><td>1500</td><td>-</td></tr> <tr><td>1800</td><td>-</td></tr> <tr><td>2100</td><td>-</td></tr> <tr><td>2400</td><td>-</td></tr> <tr><td>2700</td><td>-</td></tr> <tr><td>3000</td><td>-</td></tr> <tr><td>3300</td><td>-</td></tr> <tr><td>3600</td><td>-</td></tr> <tr><td>4200</td><td>-</td></tr> <tr><td>4800</td><td>-</td></tr> <tr><td>5400</td><td>-</td></tr> <tr><td>6000</td><td>-</td></tr> <tr><td>7200</td><td>-</td></tr> <tr><td>8400</td><td>-</td></tr> <tr><td>9600</td><td>-</td></tr> <tr><td>10800</td><td>-</td></tr> <tr><td>12000</td><td>-</td></tr> <tr><td>13200</td><td>-</td></tr> <tr><td>14400</td><td>-</td></tr> <tr><td>16800</td><td>-</td></tr> <tr><td>19200</td><td>-</td></tr> <tr><td>21600</td><td>-</td></tr> <tr><td>28800</td><td>-</td></tr> <tr><td>36000</td><td>-</td></tr> <tr><td>45600</td><td>-</td></tr> <tr><td>54000</td><td>-</td></tr> <tr><td>72000</td><td>-</td></tr> <tr><td>79200</td><td>-</td></tr> <tr><td>82800</td><td>-</td></tr> <tr><td>86400</td><td>-</td></tr> </tbody> </table>	time (s)	def. ± (mm)	1	-	6	-	12	-	24	-	30	-	60	-	90	-	120	-	180	-	240	-	300	-	360	-	420	-	480	-	540	-	600	-	900	-	1200	-	1500	-	1800	-	2100	-	2400	-	2700	-	3000	-	3300	-	3600	-	4200	-	4800	-	5400	-	6000	-	7200	-	8400	-	9600	-	10800	-	12000	-	13200	-	14400	-	16800	-	19200	-	21600	-	28800	-	36000	-	45600	-	54000	-	72000	-	79200	-	82800	-	86400	-	Provino 1 - Specimen 1 <table border="1"> <thead> <tr> <th>def. → (mm)</th> <th>def. ↓ (mm)</th> <th>shear stress (kPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.02</td><td>0.01</td><td>17.18</td></tr> <tr><td>0.04</td><td>0.01</td><td>19.20</td></tr> <tr><td>0.05</td><td>0.02</td><td>22.99</td></tr> <tr><td>0.12</td><td>0.02</td><td>29.56</td></tr> <tr><td>0.19</td><td>0.03</td><td>34.36</td></tr> <tr><td>0.27</td><td>0.04</td><td>38.41</td></tr> <tr><td>0.34</td><td>0.04</td><td>41.44</td></tr> <tr><td>0.42</td><td>0.04</td><td>43.71</td></tr> <tr><td>0.49</td><td>0.04</td><td>45.73</td></tr> <tr><td>0.57</td><td>0.04</td><td>48.01</td></tr> <tr><td>0.64</td><td>0.04</td><td>49.78</td></tr> <tr><td>0.71</td><td>0.04</td><td>50.79</td></tr> <tr><td>0.78</td><td>0.04</td><td>52.30</td></tr> <tr><td>0.86</td><td>0.04</td><td>53.31</td></tr> <tr><td>0.94</td><td>0.04</td><td>54.58</td></tr> <tr><td>1.01</td><td>0.04</td><td>55.33</td></tr> <tr><td>1.08</td><td>0.04</td><td>56.34</td></tr> <tr><td>1.16</td><td>0.04</td><td>57.10</td></tr> <tr><td>1.24</td><td>0.04</td><td>57.61</td></tr> <tr><td>1.32</td><td>0.04</td><td>58.11</td></tr> <tr><td>1.62</td><td>0.04</td><td>59.63</td></tr> <tr><td>1.93</td><td>0.04</td><td>61.15</td></tr> <tr><td>2.22</td><td>0.04</td><td>61.40</td></tr> <tr><td>2.53</td><td>0.04</td><td>62.16</td></tr> <tr><td>2.83</td><td>0.04</td><td>61.90</td></tr> <tr><td>3.13</td><td>0.04</td><td>62.16</td></tr> <tr><td>3.44</td><td>0.04</td><td>62.41</td></tr> <tr><td>3.73</td><td>0.04</td><td>62.66</td></tr> <tr><td>4.03</td><td>0.04</td><td>62.91</td></tr> <tr><td>4.34</td><td>0.04</td><td>62.91</td></tr> <tr><td>4.65</td><td>0.04</td><td>62.91</td></tr> <tr><td>4.95</td><td>0.04</td><td>62.91</td></tr> <tr><td>5.25</td><td>0.04</td><td>62.91</td></tr> <tr><td>5.56</td><td>0.04</td><td>62.91</td></tr> <tr><td>5.86</td><td>0.04</td><td>62.66</td></tr> <tr><td>6.16</td><td>0.04</td><td>62.66</td></tr> </tbody> </table>	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)	0.02	0.01	17.18	0.04	0.01	19.20	0.05	0.02	22.99	0.12	0.02	29.56	0.19	0.03	34.36	0.27	0.04	38.41	0.34	0.04	41.44	0.42	0.04	43.71	0.49	0.04	45.73	0.57	0.04	48.01	0.64	0.04	49.78	0.71	0.04	50.79	0.78	0.04	52.30	0.86	0.04	53.31	0.94	0.04	54.58	1.01	0.04	55.33	1.08	0.04	56.34	1.16	0.04	57.10	1.24	0.04	57.61	1.32	0.04	58.11	1.62	0.04	59.63	1.93	0.04	61.15	2.22	0.04	61.40	2.53	0.04	62.16	2.83	0.04	61.90	3.13	0.04	62.16	3.44	0.04	62.41	3.73	0.04	62.66	4.03	0.04	62.91	4.34	0.04	62.91	4.65	0.04	62.91	4.95	0.04	62.91	5.25	0.04	62.91	5.56	0.04	62.91	5.86	0.04	62.66	6.16	0.04	62.66	Provino 2 - Specimen 2 <table border="1"> <thead> <tr> <th>def. → (mm)</th> <th>def. ↓ (mm)</th> <th>shear stress (kPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.09</td><td>0.04</td><td>33.86</td></tr> <tr><td>0.17</td><td>0.05</td><td>42.88</td></tr> <tr><td>0.24</td><td>0.06</td><td>49.29</td></tr> <tr><td>0.32</td><td>0.07</td><td>54.95</td></tr> <tr><td>0.39</td><td>0.08</td><td>59.90</td></tr> <tr><td>0.47</td><td>0.09</td><td>64.38</td></tr> <tr><td>0.54</td><td>0.10</td><td>67.68</td></tr> <tr><td>0.61</td><td>0.11</td><td>70.75</td></tr> <tr><td>0.68</td><td>0.12</td><td>73.58</td></tr> <tr><td>0.76</td><td>0.12</td><td>75.70</td></tr> <tr><td>0.84</td><td>0.13</td><td>78.06</td></tr> <tr><td>0.91</td><td>0.13</td><td>80.42</td></tr> <tr><td>0.98</td><td>0.14</td><td>82.54</td></tr> <tr><td>1.05</td><td>0.14</td><td>84.19</td></tr> <tr><td>1.13</td><td>0.15</td><td>86.07</td></tr> <tr><td>1.21</td><td>0.15</td><td>87.73</td></tr> <tr><td>1.28</td><td>0.15</td><td>89.14</td></tr> <tr><td>1.59</td><td>0.16</td><td>93.86</td></tr> <tr><td>1.89</td><td>0.18</td><td>97.63</td></tr> <tr><td>2.19</td><td>0.19</td><td>100.46</td></tr> <tr><td>2.50</td><td>0.20</td><td>102.58</td></tr> <tr><td>2.80</td><td>0.20</td><td>104.23</td></tr> <tr><td>3.09</td><td>0.20</td><td>105.41</td></tr> <tr><td>3.40</td><td>0.21</td><td>105.88</td></tr> <tr><td>3.70</td><td>0.21</td><td>105.41</td></tr> <tr><td>4.00</td><td>0.21</td><td>105.41</td></tr> <tr><td>4.31</td><td>0.21</td><td>105.41</td></tr> <tr><td>4.61</td><td>0.21</td><td>105.65</td></tr> <tr><td>4.91</td><td>0.21</td><td>106.12</td></tr> <tr><td>5.21</td><td>0.21</td><td>106.36</td></tr> <tr><td>5.52</td><td>0.21</td><td>106.36</td></tr> <tr><td>5.82</td><td>0.21</td><td>106.59</td></tr> <tr><td>6.12</td><td>0.21</td><td>106.36</td></tr> </tbody> </table>	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)	0.09	0.04	33.86	0.17	0.05	42.88	0.24	0.06	49.29	0.32	0.07	54.95	0.39	0.08	59.90	0.47	0.09	64.38	0.54	0.10	67.68	0.61	0.11	70.75	0.68	0.12	73.58	0.76	0.12	75.70	0.84	0.13	78.06	0.91	0.13	80.42	0.98	0.14	82.54	1.05	0.14	84.19	1.13	0.15	86.07	1.21	0.15	87.73	1.28	0.15	89.14	1.59	0.16	93.86	1.89	0.18	97.63	2.19	0.19	100.46	2.50	0.20	102.58	2.80	0.20	104.23	3.09	0.20	105.41	3.40	0.21	105.88	3.70	0.21	105.41	4.00	0.21	105.41	4.31	0.21	105.41	4.61	0.21	105.65	4.91	0.21	106.12	5.21	0.21	106.36	5.52	0.21	106.36	5.82	0.21	106.59	6.12	0.21	106.36	Provino 3 - Specimen 3 <table border="1"> <thead> <tr> <th>def. → (mm)</th> <th>def. ↓ (mm)</th> <th>shear stress (kPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.08</td><td>0.07</td><td>38.91</td></tr> <tr><td>0.12</td><td>0.08</td><td>54.58</td></tr> <tr><td>0.15</td><td>0.10</td><td>60.89</td></tr> <tr><td>0.17</td><td>0.11</td><td>57.81</td></tr> <tr><td>0.23</td><td>0.11</td><td>71.76</td></tr> <tr><td>0.30</td><td>0.13</td><td>77.57</td></tr> <tr><td>0.37</td><td>0.15</td><td>83.13</td></tr> <tr><td>0.45</td><td>0.16</td><td>88.43</td></tr> <tr><td>0.52</td><td>0.18</td><td>92.22</td></tr> <tr><td>0.60</td><td>0.18</td><td>96.27</td></tr> <tr><td>0.67</td><td>0.19</td><td>100.31</td></tr> <tr><td>0.74</td><td>0.21</td><td>103.09</td></tr> <tr><td>0.81</td><td>0.22</td><td>106.12</td></tr> <tr><td>0.89</td><td>0.22</td><td>108.14</td></tr> <tr><td>0.96</td><td>0.23</td><td>111.43</td></tr> <tr><td>1.03</td><td>0.24</td><td>113.45</td></tr> <tr><td>1.11</td><td>0.25</td><td>116.23</td></tr> <tr><td>1.19</td><td>0.26</td><td>118.75</td></tr> <tr><td>1.28</td><td>0.27</td><td>121.03</td></tr> <tr><td>1.57</td><td>0.30</td><td>127.85</td></tr> <tr><td>1.87</td><td>0.32</td><td>134.42</td></tr> <tr><td>2.17</td><td>0.34</td><td>138.21</td></tr> <tr><td>2.48</td><td>0.36</td><td>142.00</td></tr> <tr><td>2.78</td><td>0.37</td><td>144.78</td></tr> <tr><td>3.08</td><td>0.39</td><td>148.06</td></tr> <tr><td>3.38</td><td>0.40</td><td>149.58</td></tr> <tr><td>3.69</td><td>0.40</td><td>151.80</td></tr> <tr><td>3.99</td><td>0.41</td><td>153.12</td></tr> <tr><td>4.29</td><td>0.42</td><td>153.87</td></tr> <tr><td>4.60</td><td>0.43</td><td>155.89</td></tr> <tr><td>4.90</td><td>0.43</td><td>156.65</td></tr> <tr><td>5.19</td><td>0.44</td><td>158.17</td></tr> <tr><td>5.50</td><td>0.44</td><td>158.67</td></tr> <tr><td>5.80</td><td>0.45</td><td>159.18</td></tr> <tr><td>6.10</td><td>0.45</td><td>158.68</td></tr> </tbody> </table>	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)	0.08	0.07	38.91	0.12	0.08	54.58	0.15	0.10	60.89	0.17	0.11	57.81	0.23	0.11	71.76	0.30	0.13	77.57	0.37	0.15	83.13	0.45	0.16	88.43	0.52	0.18	92.22	0.60	0.18	96.27	0.67	0.19	100.31	0.74	0.21	103.09	0.81	0.22	106.12	0.89	0.22	108.14	0.96	0.23	111.43	1.03	0.24	113.45	1.11	0.25	116.23	1.19	0.26	118.75	1.28	0.27	121.03	1.57	0.30	127.85	1.87	0.32	134.42	2.17	0.34	138.21	2.48	0.36	142.00	2.78	0.37	144.78	3.08	0.39	148.06	3.38	0.40	149.58	3.69	0.40	151.80	3.99	0.41	153.12	4.29	0.42	153.87	4.60	0.43	155.89	4.90	0.43	156.65	5.19	0.44	158.17	5.50	0.44	158.67	5.80	0.45	159.18	6.10	0.45	158.68
time (s)	def. ± (mm)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
6	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
12	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
24	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
30	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
60	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
90	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
120	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
180	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
240	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
300	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
360	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
420	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
480	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
540	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
600	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
900	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1200	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1500	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1800	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
2100	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
2400	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
2700	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
3000	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
3300	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
3600	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
4200	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
4800	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
5400	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
6000	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
7200	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
8400	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
9600	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
10800	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
12000	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
13200	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
14400	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
16800	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
19200	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
21600	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
28800	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
36000	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
45600	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
54000	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
72000	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
79200	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
82800	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
86400	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.02	0.01	17.18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.04	0.01	19.20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.05	0.02	22.99																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.12	0.02	29.56																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.19	0.03	34.36																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.27	0.04	38.41																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.34	0.04	41.44																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.42	0.04	43.71																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.49	0.04	45.73																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.57	0.04	48.01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.64	0.04	49.78																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.71	0.04	50.79																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.78	0.04	52.30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.86	0.04	53.31																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.94	0.04	54.58																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.01	0.04	55.33																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.08	0.04	56.34																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.16	0.04	57.10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.24	0.04	57.61																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.32	0.04	58.11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.62	0.04	59.63																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.93	0.04	61.15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
2.22	0.04	61.40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
2.53	0.04	62.16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
2.83	0.04	61.90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
3.13	0.04	62.16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
3.44	0.04	62.41																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
3.73	0.04	62.66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
4.03	0.04	62.91																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
4.34	0.04	62.91																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
4.65	0.04	62.91																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
4.95	0.04	62.91																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
5.25	0.04	62.91																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
5.56	0.04	62.91																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
5.86	0.04	62.66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
6.16	0.04	62.66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.09	0.04	33.86																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.17	0.05	42.88																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.24	0.06	49.29																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.32	0.07	54.95																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.39	0.08	59.90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.47	0.09	64.38																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.54	0.10	67.68																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.61	0.11	70.75																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.68	0.12	73.58																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.76	0.12	75.70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.84	0.13	78.06																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.91	0.13	80.42																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.98	0.14	82.54																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.05	0.14	84.19																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.13	0.15	86.07																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.21	0.15	87.73																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.28	0.15	89.14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.59	0.16	93.86																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.89	0.18	97.63																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
2.19	0.19	100.46																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
2.50	0.20	102.58																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
2.80	0.20	104.23																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
3.09	0.20	105.41																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
3.40	0.21	105.88																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
3.70	0.21	105.41																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
4.00	0.21	105.41																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
4.31	0.21	105.41																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
4.61	0.21	105.65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
4.91	0.21	106.12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
5.21	0.21	106.36																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
5.52	0.21	106.36																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
5.82	0.21	106.59																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
6.12	0.21	106.36																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.08	0.07	38.91																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.12	0.08	54.58																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.15	0.10	60.89																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.17	0.11	57.81																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.23	0.11	71.76																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.30	0.13	77.57																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.37	0.15	83.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.45	0.16	88.43																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.52	0.18	92.22																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.60	0.18	96.27																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.67	0.19	100.31																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.74	0.21	103.09																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.81	0.22	106.12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.89	0.22	108.14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.96	0.23	111.43																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.03	0.24	113.45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.11	0.25	116.23																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.19	0.26	118.75																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.28	0.27	121.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.57	0.30	127.85																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.87	0.32	134.42																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
2.17	0.34	138.21																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
2.48	0.36	142.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
2.78	0.37	144.78																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
3.08	0.39	148.06																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
3.38	0.40	149.58																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
3.69	0.40	151.80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
3.99	0.41	153.12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
4.29	0.42	153.87																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
4.60	0.43	155.89																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
4.90	0.43	156.65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
5.19	0.44	158.17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
5.50	0.44	158.67																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
5.80	0.45	159.18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
6.10	0.45	158.68																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Note - Remarks																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Direttore Manager 		Sperimentatore Technician 																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378 e-mail laboratorio.geotea@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
IOP DE 3.5 - MOD PROD 11 B31 REV2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						

Committente: LABO' SRL
Località: CRESPELLANO (BO)
Cantiere: NUOVA LOTTIZZAZIONE -
 AREA EX SOLPLANT

Sondaggio: CPTU1
Campione: C1
Profondità: 2.00 - 2.60 m

ELABORAZIONE PROVA EDOMETRICA

Pressione kPa	dv mm	dv %	e 0.42	E_{ed} MPa	mv kPa ⁻¹	Cc -
12.2	0.06	0.29	0.414	-		0.0225
24.5	0.15	0.77	0.407	2.54	3.9E-04	0.0382
49	0.32	1.58	0.396	2.98	3.3E-04	0.0831
98	0.67	3.35	0.371	2.68	3.6E-04	0.1686
196	1.39	6.93	0.320	2.55	3.7E-04	0.2136
392	2.29	11.46	0.255	3.83	2.3E-04	0.203
784	3.15	15.77	0.194	7.66	1.1E-04	0.191
1568	3.97	19.83	0.137	15.50	5.2E-05	
392	3.85	19.25	-			
98	3.77	18.84	-			
12.2	3.63	18.13	-			



Legenda: Dv = deformazione verticale; dh = deformazione percentuale; e = indice dei vuoti; E_{ed} = modulo edometrico; mv = indice di compressibilità; Cc = coefficiente di compressibilità.

Committente: LABO' SRL
 Località: CREPELLANO (BO)
 Cantiere: NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX
 SOLPLANT

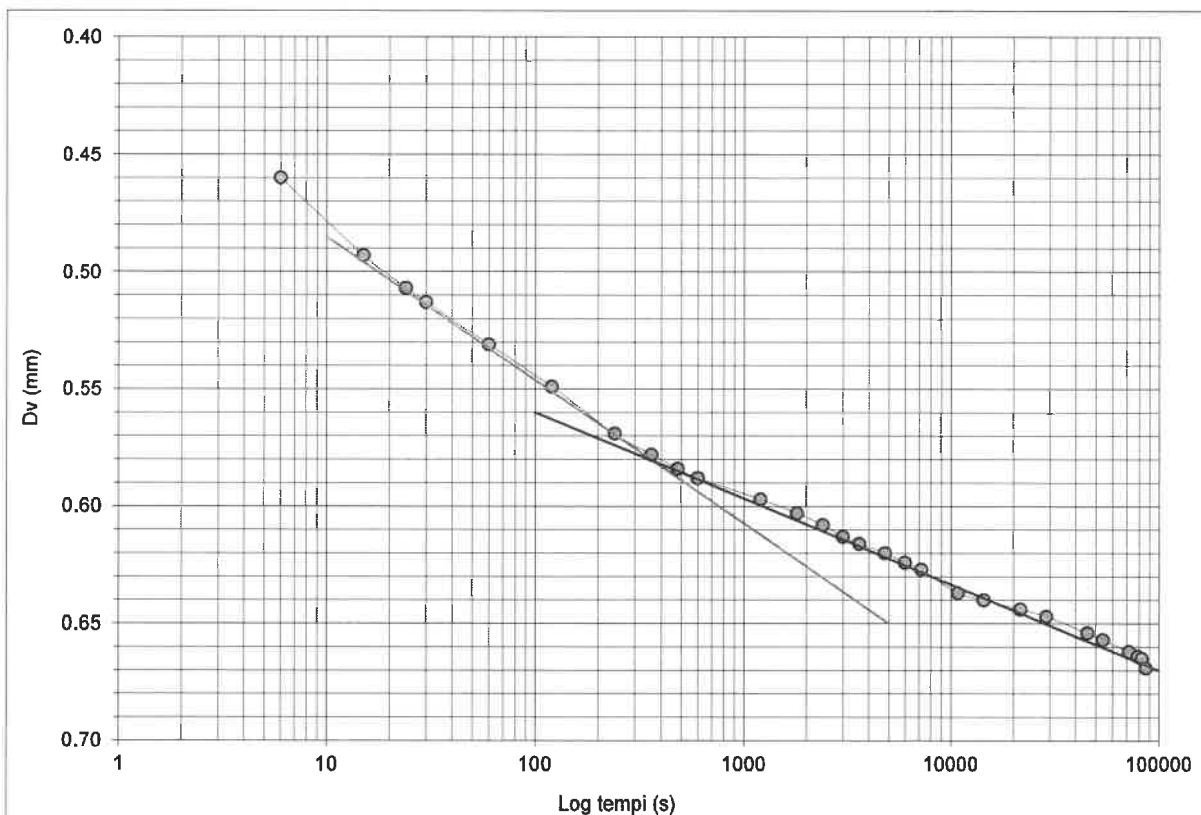
Sondaggio: CPTU1
 Campione: C1
 Profondità: 2.00 - 2.60 m

COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE

Tempi s	Dv mm
6	0.460
15	0.493
24	0.507
30	0.513
60	0.531
120	0.549
240	0.569
360	0.578
480	0.584
600	0.588
1200	0.597
1800	0.603
2400	0.608
3000	0.613
3600	0.616

Tempi s	Dv mm
4800	0.620
6000	0.624
7200	0.627
10800	0.637
14400	0.640
21600	0.644
28800	0.647
45600	0.654
54000	0.657
72000	0.662
79200	0.664
82800	0.665
86400	0.669

Parametri calcolati		
D_{50}	0.488	mm
T_{50}	93	s
CV	2.019E-03	cm ² /s
E_{ed}	2.68	MPa
K	7.533E-08	cm/s
$C\alpha$	1.101E-06	cm ² /s



TAGLIO DIRETTO

Committente: LABO' SRL
 Località: CRESPPELLANO (BO)
 Cantiere: NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPL/ Profondità: 2.00 - 2.60 m

Sondaggio: CPTU1
 Campione: C1

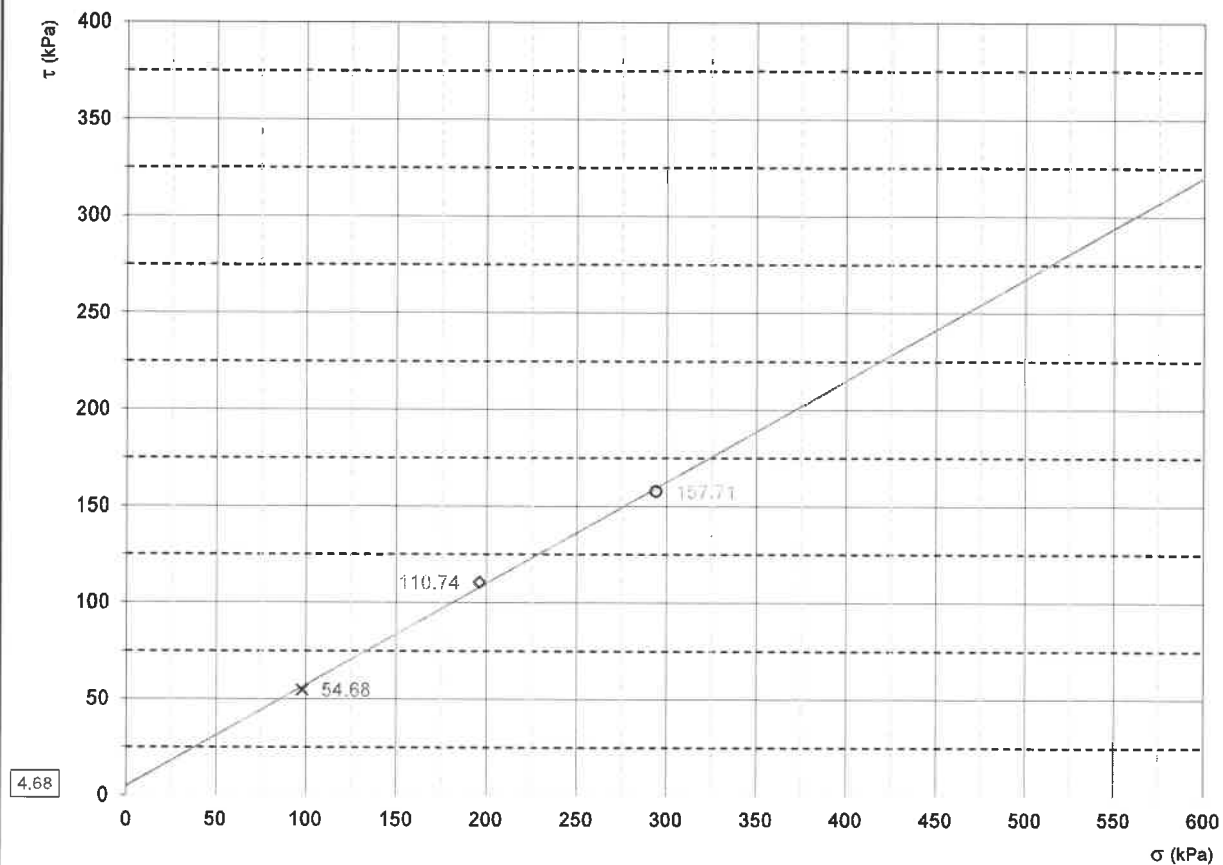
REGRESSIONE LINEARE DEI TRE VALORI DI SFORZO MASSIMO

Lato provino	60.00	mm
Altezza iniziale	20.00	mm

Valori dei provini a rottura				
Provino	n°	1	2	3
Sforzo a rottura	kPa	54.68	110.74	157.71
Intercetta C'	KPa	4.68		
ϕ'	° sess	27.71		

Velocità di prova
0.006
mm/min

Limo argilloso debolmente sabbioso di colore marrone consistente.



x1

◊2

○3

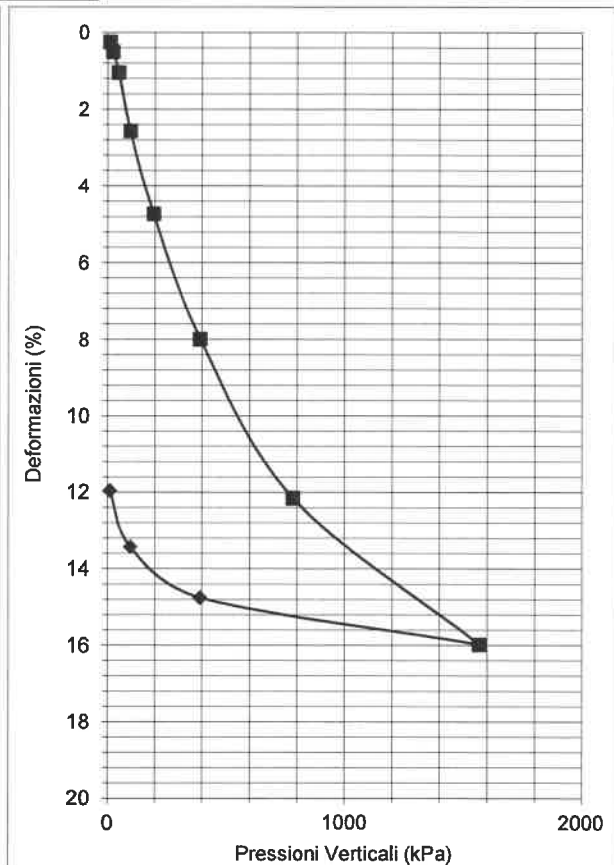
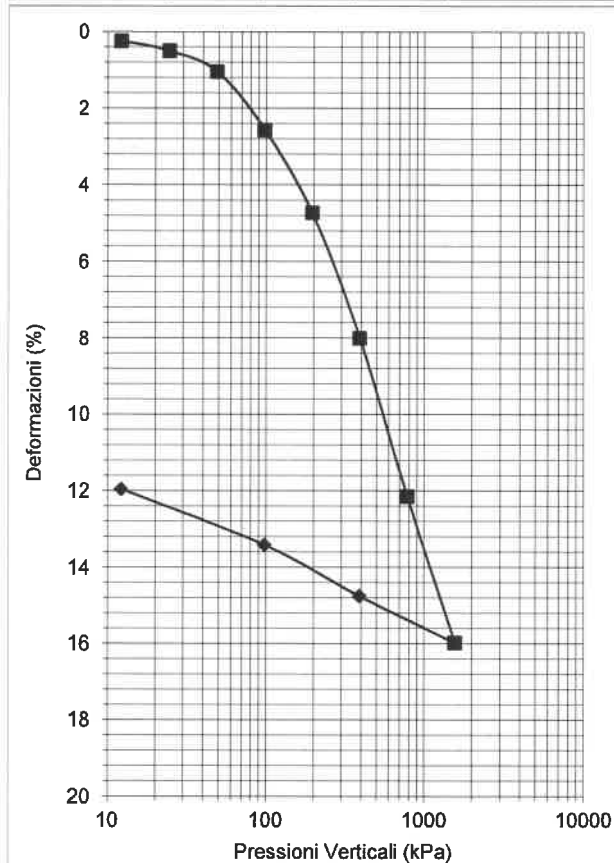
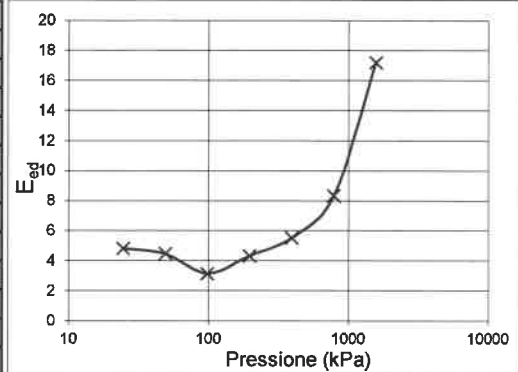
La coesione efficace e l'angolo di resistenza al taglio si riferiscono alla elaborazione della prova di taglio diretto eseguita mediante una semplice regressione lineare sui tre punti di sforzo massimo e per il campo tensionale nel quale i vari provini sono stati sottoposti a taglio.

Committente: LABO' SRL
Località: CREPELLANO (BO)
Cantiere: NUOVA LOTTIZZAZIONE -
 AREA EX SOLPLANT

Sondaggio: CPTU3
Campione: C3
Profondità: 1.90 - 2.50 m

ELABORAZIONE PROVA EDOMETRICA

Pressione kPa	dv mm	dv %	e	E _{ed} MPa	mv kPa ⁻¹	Cc
12.2	0.05	0.25	0.555	-		0.0131
24.5	0.10	0.50	0.552	4.80	2.1E-04	0.0282
49	0.21	1.05	0.543	4.45	2.2E-04	0.079
98	0.51	2.57	0.519	3.13	3.1E-04	0.1121
196	0.95	4.74	0.485	4.31	2.2E-04	0.1694
392	1.60	8.01	0.434	5.51	1.7E-04	0.2147
784	2.43	12.15	0.370	8.31	1.1E-04	0.1984
1568	3.20	15.98	0.310	17.20	4.9E-05	
392	2.95	14.76	-			
98	2.68	13.42	-			
12.2	2.39	11.96	-			



Legenda: Dv = deformazione verticale; dh = deformazione percentuale; e = indice dei vuoti; E_{ed} = modulo edometrico; mv = indice di compressibilità; Cc = coefficiente di compressibilità.

Committente: LABO' SRL
 Località: CREPELLANO (BO)
 Cantiere: NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPLANT

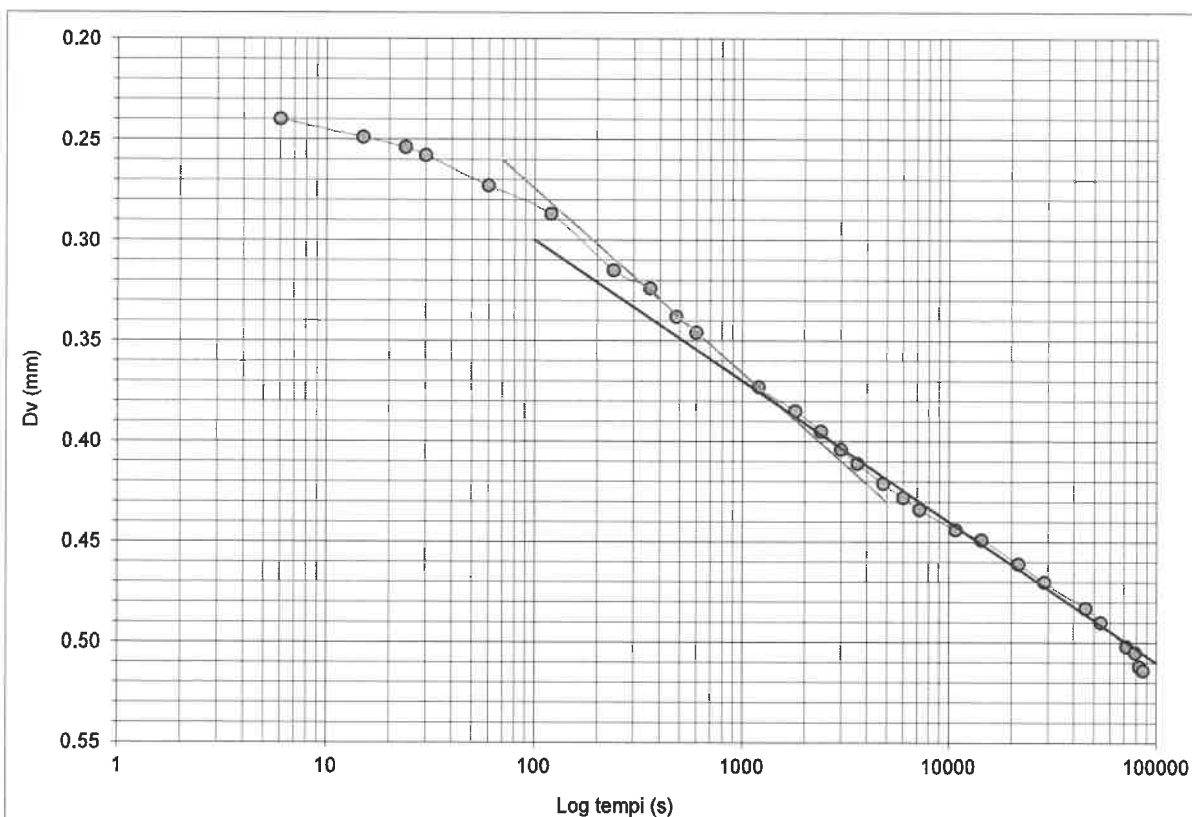
Sondaggio: CPTU3
 Campione: C3
 Profondità: 1.90 - 2.50 m

COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE

Tempi	Dv
s	mm
6	0.240
15	0.249
24	0.254
30	0.258
60	0.273
120	0.287
240	0.315
360	0.324
480	0.338
600	0.346
1200	0.373
1800	0.385
2400	0.395
3000	0.404
3600	0.411

Tempi	Dv
s	mm
4800	0.421
6000	0.428
7200	0.434
10800	0.444
14400	0.449
21600	0.461
28800	0.470
45600	0.483
54000	0.490
72000	0.502
79200	0.505
82800	0.512
86400	0.514

Parametri calcolati		
D_{50}	0.264	mm
T_{50}	194	s
CV	9.904E-04	cm ² /s
E_{ed}	3.13	MPa
K	3.164E-08	cm/s
$C\alpha$	2.102E-06	cm ² /s



TAGLIO DIRETTO

Committente: LABO' SRL
 Località: CREPELLANO (BO)
 Cantiere: NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX
 SOLPLANT

Sondaggio: CPTU3
 Campione: C3
 Profondità: 1.90 - 2.50 m

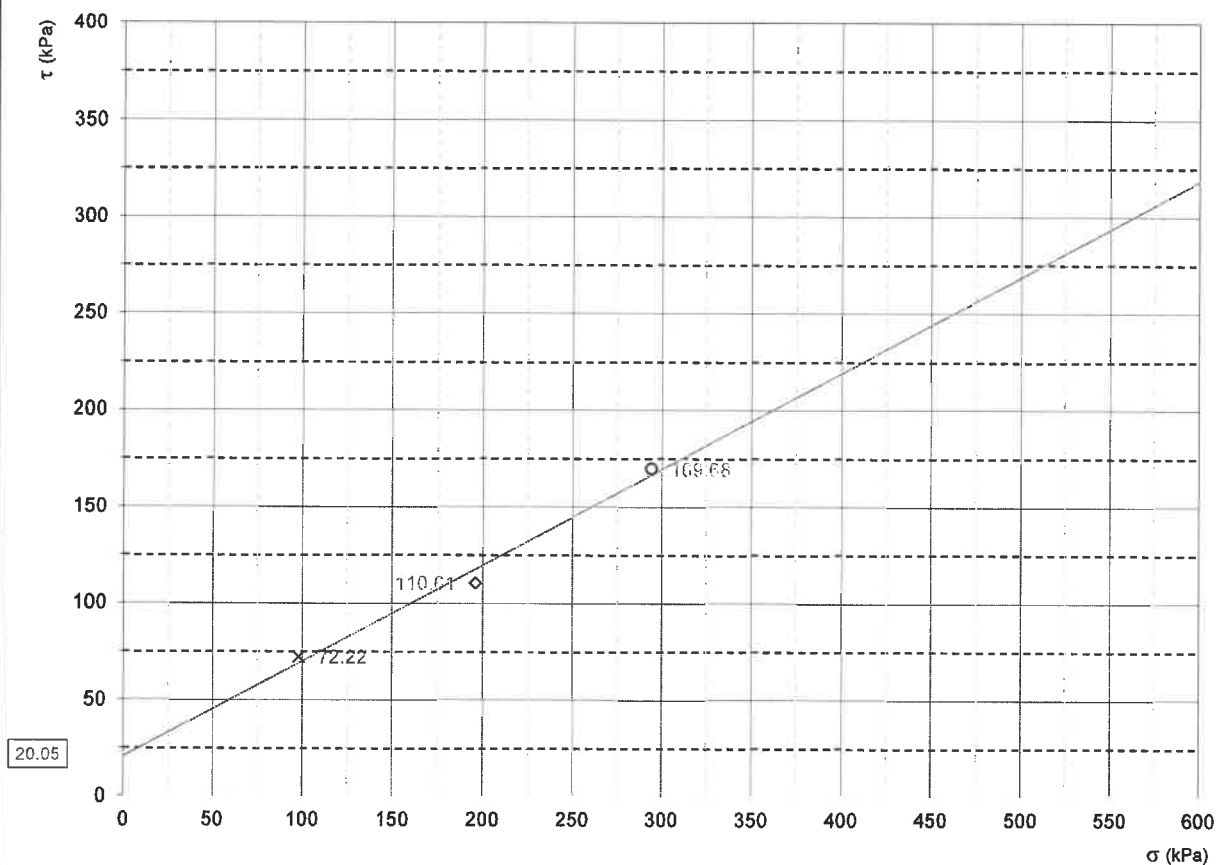
REGRESSIONE LINEARE DEI TRE VALORI DI SFORZO MASSIMO

Lato provino	60.00	mm
Altezza iniziale	20.00	mm

Valori dei provini a rottura				
Provino	n°	1	2	3
Sforzo a rottura	kPa	72.22	110.61	169.68
Intercetta C'	KPa	20.05		
ϕ'	° sess	26.42		

Velocità di prova
 0.006
 mm/min

Limo argilloso di colore marrone molto
 consistente da essiccamento.



x1

◇2

○3

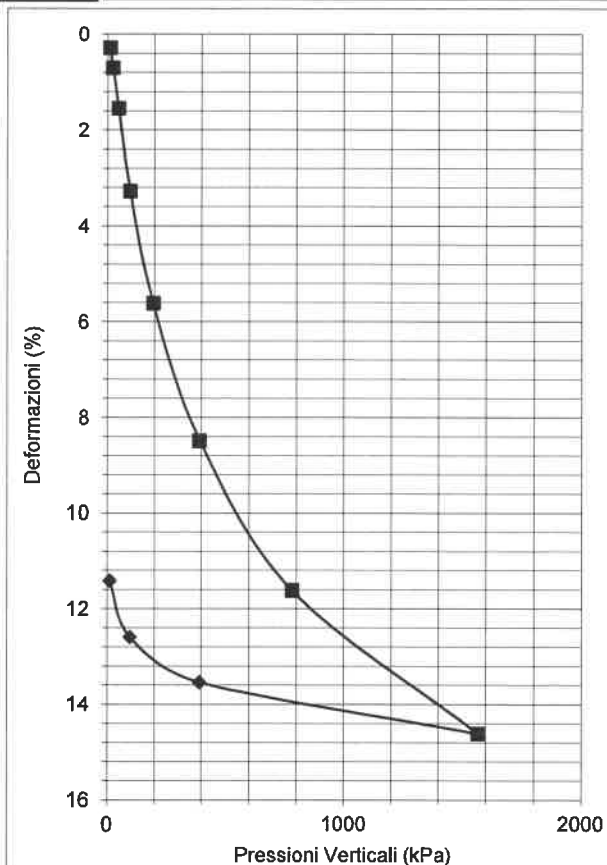
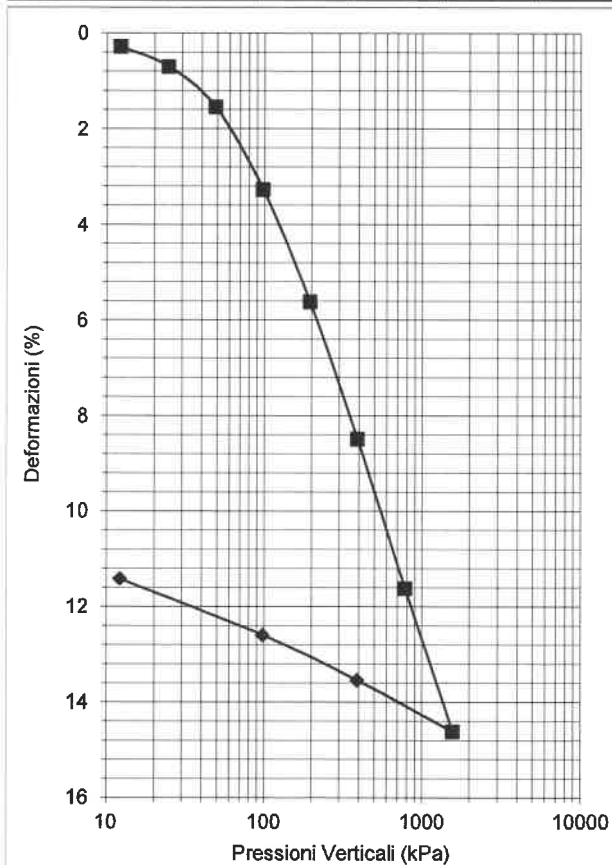
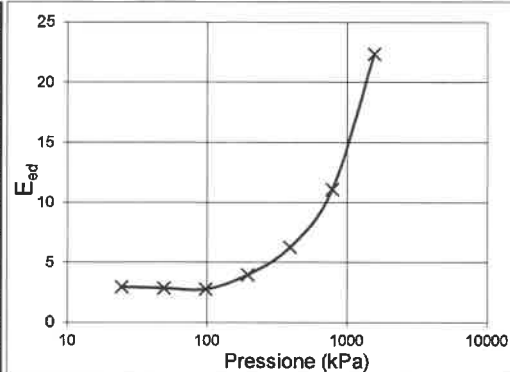
La coesione efficace e l'angolo di resistenza al taglio si riferiscono alla elaborazione della prova di taglio diretto eseguita mediante una semplice regressione lineare sui tre punti di sforzo massimo e per il campo tensionale nel quale i vari provini sono stati sottoposti a taglio.

Committente: LABO' SRL
Località: CREPELLANO (BO)
Cantiere: NUOVA LOTTIZZAZIONE -
 AREA EX SOLPLANT

Sondaggio: CPTU4
Campione: C4
Profondità: 2.00 - 2.60

ELABORAZIONE PROVA EDOMETRICA

Pressione kPa	dv mm	dv %	e 0.60	E_{ed} MPa	mv kPa ⁻¹	Cc -
12.2	0.06	0.29	0.595	-		0.0219
24.5	0.14	0.70	0.589	2.94	3.4E-04	0.0452
49	0.31	1.55	0.575	2.84	3.5E-04	0.0917
98	0.66	3.28	0.547	2.75	3.5E-04	0.1246
196	1.12	5.62	0.510	3.94	2.4E-04	0.1525
392	1.70	8.49	0.464	6.25	1.5E-04	0.1663
784	2.32	11.62	0.414	11.07	8.0E-05	0.1592
1568	2.92	14.62	0.366	22.35	3.8E-05	
392	2.71	13.54	-			
98	2.52	12.60	-			
12.2	2.28	11.42	-			



Legenda: Dv = deformazione verticale; dh = deformazione percentuale; e = indice dei vuoti; E_{ed} = modulo edometrico; mv = indice di compressibilità; Cc = coefficiente di compressibilità.

Committente: LABO' SRL
 Località: CREPELLANO (BO)
 Cantiere: NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPLA Profondità: 2.00 - 2.60

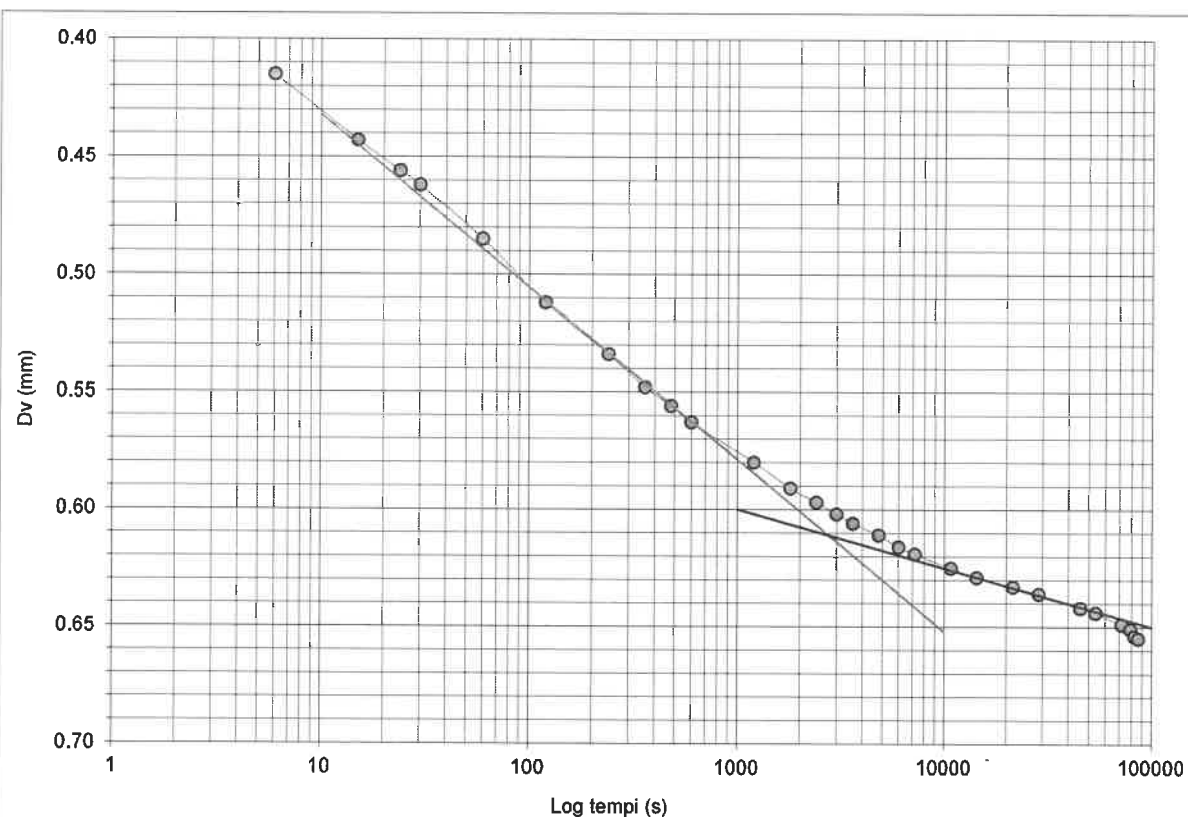
Sondaggio: CPTU4
 Campione: C4

COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE

Tempi s	Dv mm
6	0.415
15	0.443
24	0.456
30	0.462
60	0.485
120	0.512
240	0.534
360	0.548
480	0.556
600	0.563
1200	0.580
1800	0.591
2400	0.597
3000	0.602
3600	0.606

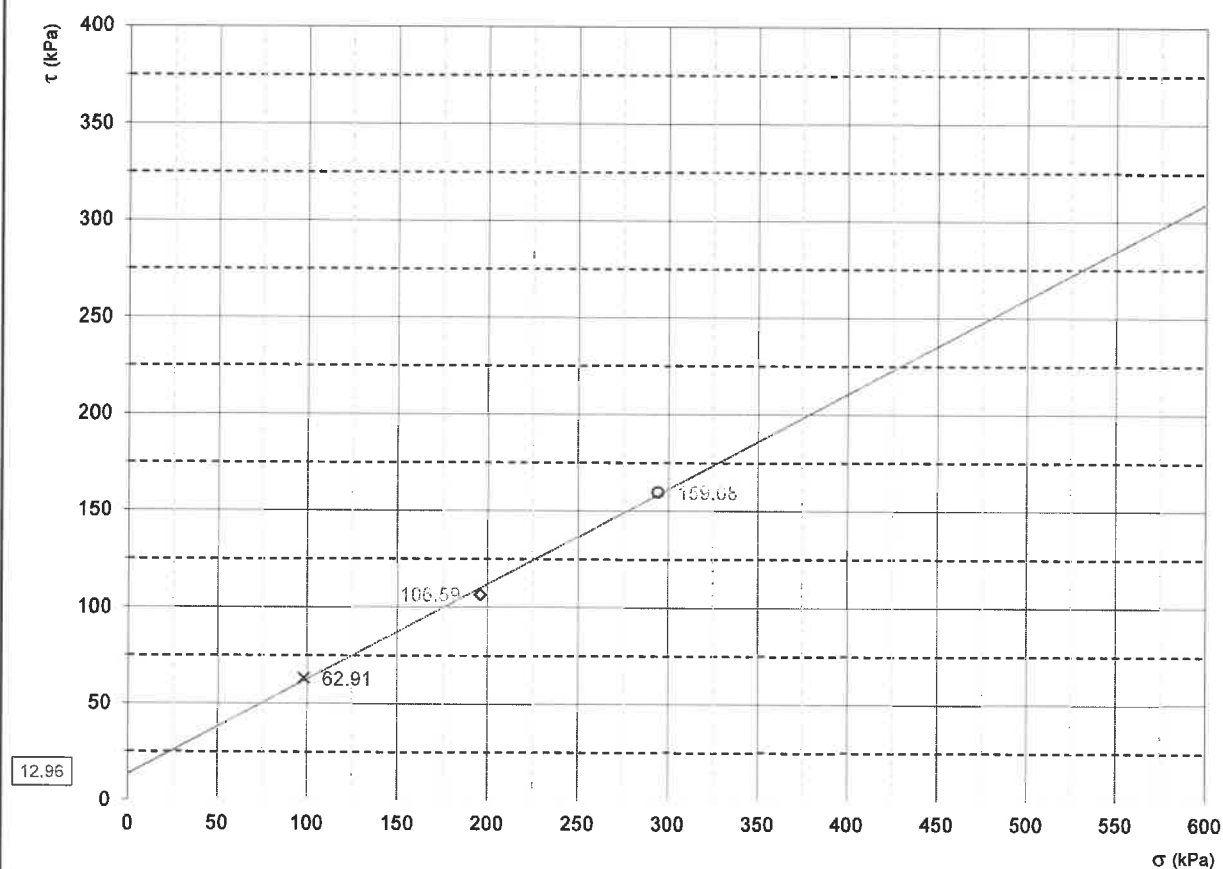
Tempi s	Dv mm
4800	0.611
6000	0.616
7200	0.619
10800	0.625
14400	0.629
21600	0.633
28800	0.636
45600	0.642
54000	0.644
72000	0.649
79200	0.651
82800	0.654
86400	0.655

Parametri calcolati		
D_{50}	0.489	mm
T_{50}	2585	s
CV	7.252E-05	cm ² /s
E_{ed}	2.75	MPa
K	2.637E-09	cm/s
$C\alpha$	5.051E-07	cm ² /s







REGRESSIONE LINEARE DEI TRE VALORI DI SFORZO MASSIMO


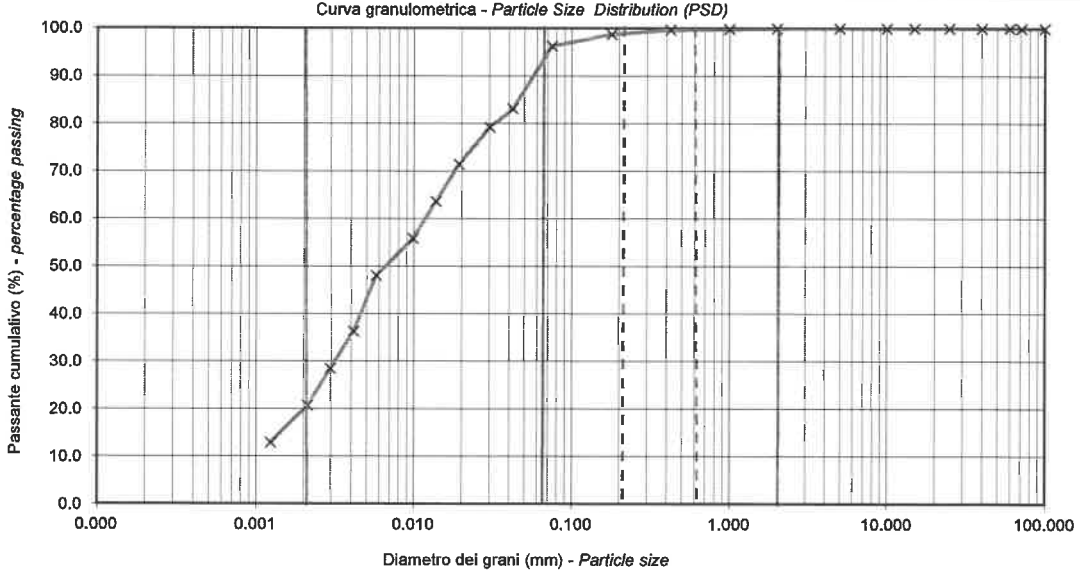

Velocità di prova
0.006
mm/min


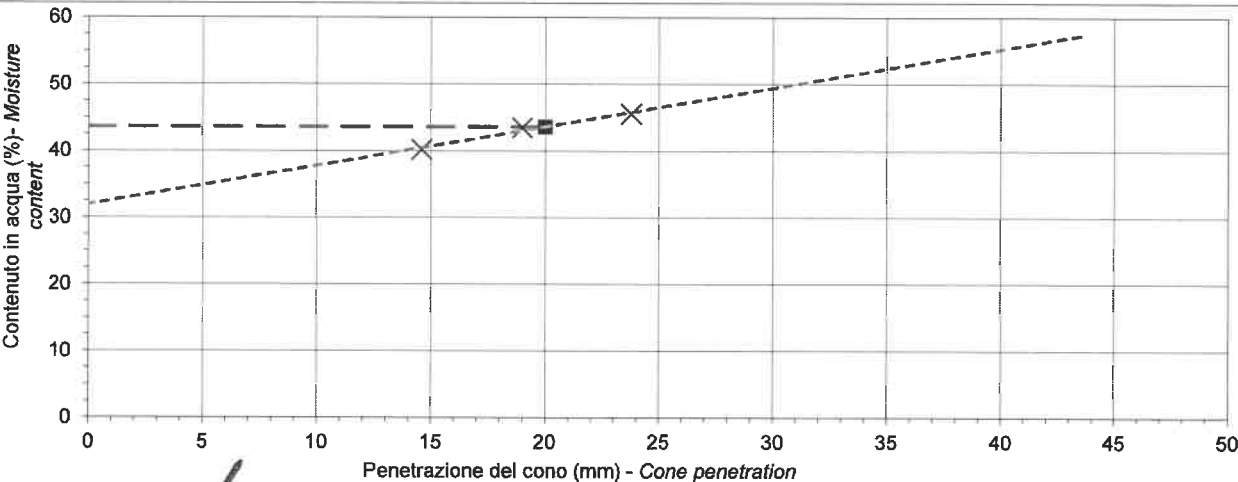
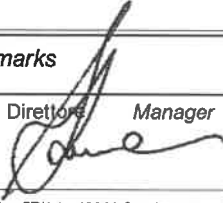
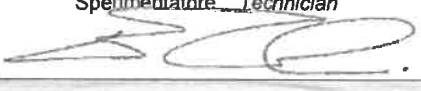




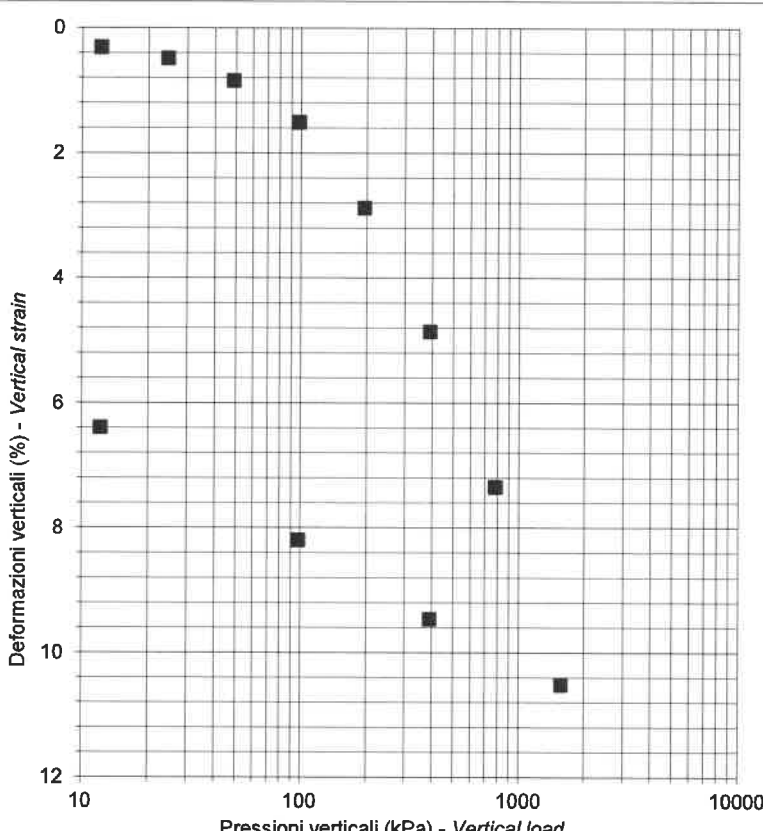



03


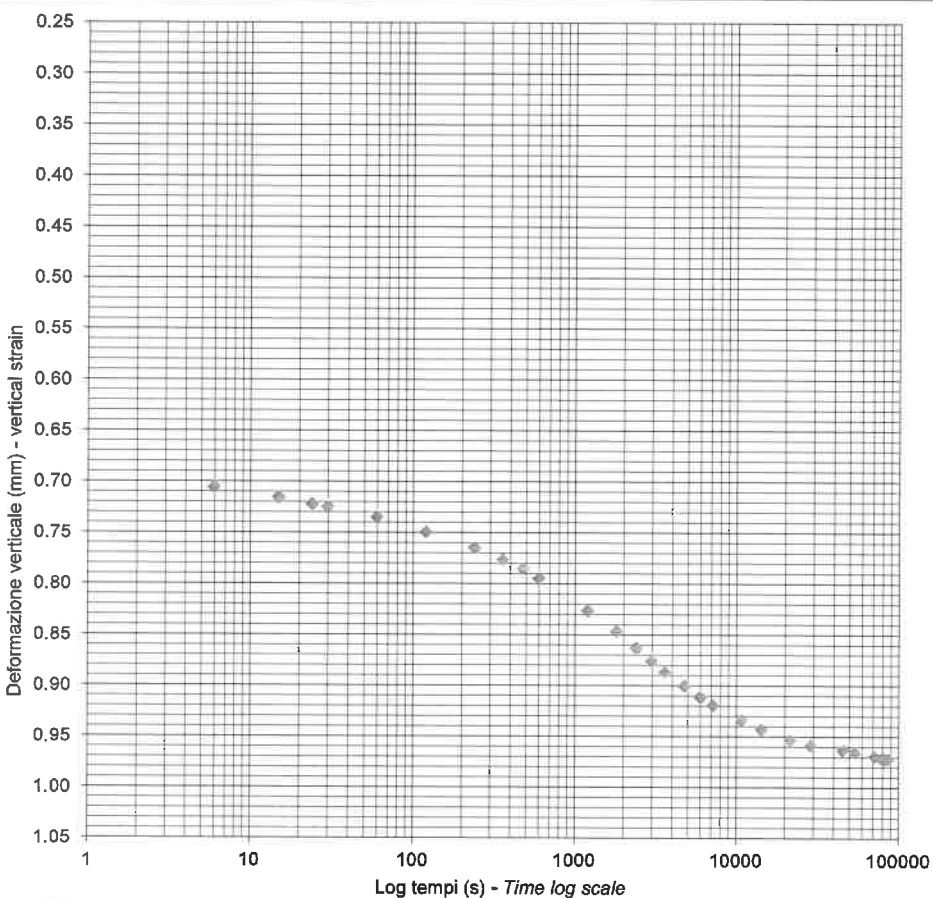
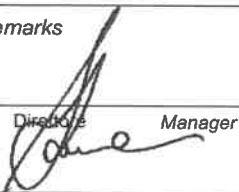


La coesione efficace e l'angolo di resistenza al taglio si riferiscono alla elaborazione della prova di taglio diretto eseguita mediante una semplice regressione lineare sui tre punti di sforzo massimo e per il campo tensionale nel quale i vari provini sono stati sottoposti a taglio.


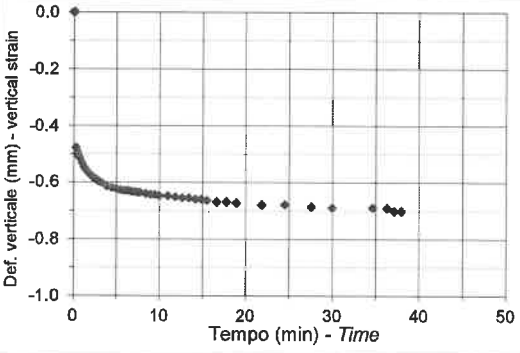
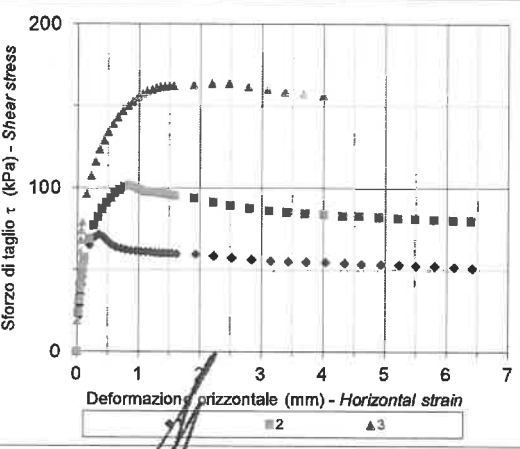
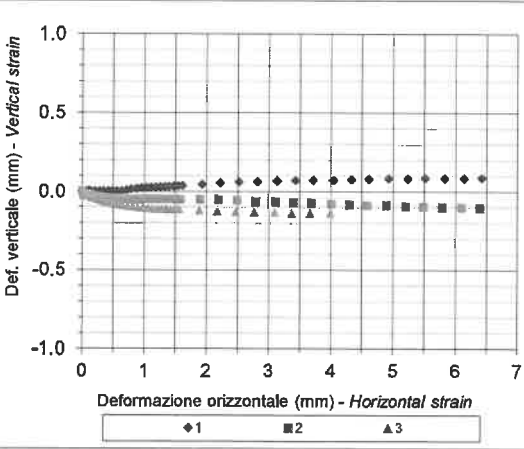



 GEOTEA s.r.l. <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</small>	PESO DI VOLUME CON FUSTELLA TARATA <i>Determination of bulk and dry density of fine-grained soil with sampling tube</i> Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-2 <i>Technical specification</i>
Certificato - Test report Verbale - Acceptance report Committente - Commissioner Località - Locality Cantiere - Site Sondaggio - Borehole Campione - Sample Profondità - Depth Data ricevimento - Receiving date Data inizio prove - Test starting date Data fine prove - Test ending date Data certificazione - Report date Data apertura campione - Sample opening date Classe campione - Sample quality	1600 - 20.235 - 001 1600 LABO' SRL CRESPPELLANO (BO) NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPLANT S1 C1 11.50 - 12.00 m 06/08/2020 07/08/2020 21/08/2020 21/08/2020 06/08/2020 Q4
Massa tara (g) - Tara weight Massa campione umido + tara (g) <i>Moist specimen + tara</i> Massa campione secco + tara (g) <i>Dried specimen + tara</i> Volume fustella tarata (cm³) <i>Sampling tube volume</i> Umidità naturale (%) - Water content Massa volumica umida (kg/m³) - Bulk density Massa volumica secca (kg/m³) - Dry density	71.72 102.69 97.53 14.98 19.99 2066.87 1722.50
Note - Remarks	
Direttore / Manager  Via della Tecnica 5/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378 e-mail laboratorio.geotea@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre	Sperimentatore Technician  
IOP DE 3.5 - MOD PROD 11 B6 REV2	





 GEOTEA s.r.l. <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</small>		ANALISI GRANULOMETRICA					
		PARTICLE SIZE ANALYSIS					
		Normativa di rif: UNI CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI A. V n° 23					
		Technical specification					
Certificato - Test report Verbale - Acceptance report Committente - Commissioner Località - Locality Cantiere - Site Sondaggio - Borehole Campione - Sample Profondità - Depth Data ricevimento - Receiving date Data inizio prove - Test starting date Data fine prove - Test ending date Data certificazione - Report date Data apertura campione - Sample opening date		1600 - 20.235 - 002 1600 LABO' SRL CREPELLANO (BO) NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPLANT S1 C1 11.50 - 12.00 m 06/08/2020 07/08/2020 21/08/2020 21/08/2020 06/08/2020					
SETACCIATURA - SIEVES TEST Massa campione (g) - Specimen weight 549.58				SEDIMENTAZIONE - HYDROMETER TEST Massa campione (g) - Specimen weight 40.12			
Setaccio (mm)	Peso (g)	Passante (%)		Diametro (mm)	Lettura	Passante (%)	
Sieve diameter	Mass retained	Percentage passing		Particle size	Data	Percentage passing	
100	0.00	100.00		0.042	25.0	83.10	
75	0.00	100.00		0.030	24.0	79.20	
60	0.00	100.00		0.019	22.0	71.40	
40	0.00	100.00		0.014	20.0	63.59	
25	0.00	100.00		0.010	18.0	55.79	
15	0.00	100.00		0.006	16.0	47.99	
10	0.00	100.00		0.004	13.0	36.28	
5	0.00	100.00		0.0030	11.0	28.48	
2	0.25	99.95		0.0021	9.0	20.68	
1	0.66	99.83		0.0012	7.0	12.87	
0.425	0.82	99.69					
0.18	5.21	98.74					
0.075	13.65	96.25					
Granulometria A.G.I.	Ghiaia (%)	0.05	Sabbia (%)	9.76	Limo (%)	70.63	Argilla (%)
<i>PSD</i>	<i>Gravel</i>		<i>Sand</i>		<i>Silt</i>		<i>Clay</i>
Curva granulometrica - Particle Size Distribution (PSD) 							
D₁₀ (mm)		0.005	D₆₀ (mm)		0.041		
Agente disperdente - dispersing agent: Sodium hexametaphosphate				temperatura di prova (°) - temperature 21			
Note - Remarks							
Direzione <i>Manager</i>				Operamentatore <i>Technician</i>			
Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4988378 e-mail laboratorio.geotea@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre							

 GEOTEA s.r.l. <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI SETTORE TERRE.</small>		LIMITI DI ATTERBERG		
		ATTERBERG LIMITS		
		Normativa di riferimento: UNI EN ISO/TS 17892-12		
		Technical specification		
Certificato - <i>Test report</i>	1600 - 20.235 - 003			
Verbale - <i>Acceptance report</i>	1600			
Committente - <i>Commissioner</i>	LABO' SRL			
Località - <i>Locality</i>	CRESPELLANO (BO)			
Cantiere - <i>Site</i>	NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPLANT			
Sondaggio - <i>Borehole</i>	S1			
Campione - <i>Sample</i>	C1			
Profondità - <i>Depth</i>	11.50 - 12.00 m			
Data ricevimento - <i>Receiving date</i>	06/08/2020			
Data inizio prove - <i>Test starting date</i>	07/08/2020			
Data fine prove - <i>Test ending date</i>	21/08/2020			
Data certificazione - <i>Report date</i>	21/08/2020			
Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>	06/08/2020			
Classe campione - <i>Sample quality</i>	Q4			
Penetrazione del cono (mm) - <i>Cone penetration</i>	Provino 1 - <i>Specimen 1</i>	Provino 2 - <i>Specimen 2</i>	Provino 3 - <i>Specimen 3</i>	
Massa tara (g) - <i>Tara weight</i>	14.60	19.00	23.80	
Massa campione umido + tara (g)	70.64	72.15	72.06	
Moist specimen + tara	88.21	94.72	98.95	
Massa campione secco + tara (g)	83.17	87.88	90.53	
Dried specimen + tara	40.22	43.48	45.59	
Contenuto in acqua (%) - <i>Moisture content</i>				
Limite liquido (%) - <i>Liquid limit</i>	43.6			
Massa tara (g) - <i>Tara weight</i>	72.02	71.69		
Massa campione umido + tara (g)	79.94	80.03		
Massa campione secco + tara (g)	78.78	78.80		
Dried specimen + tara				
Limite plastico (%) - <i>Plastic limit</i>	17.25	17.30	differenza percentuale 0.31	
Limite plastico (%) - <i>Plastic limit</i>	17.3			
				
Note - Remarks				
Direttore <i>Manager</i> 		Sperimentatore <i>Technician</i> 		
Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378 e-mail laboratorio.geotea@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre				
IOP DE 3.5 - MOD PROD 11 B21a REV2				

 GEOTECA s.r.l. <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</small>				PROVA EDOMETRICA I.L. INCREMENTAL LOADING OEDOMETER TEST Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-5 Technical specification																																																			
Certificato - Test report Verbale - Acceptance report Committente - Commissioner Località - Locality Cantiere - Site Sondaggio - Borehole Campione - Sample Profondità - Depth Data ricevimento - Receiving date Data inizio prove - Test starting date Data fine prove - Test ending date Data certificazione - Report date Data apertura campione - Sample opening date Classe campione - Sample quality				1600 - 20.235 - 004 1600 LABO' SRL CRESPPELLANO (BO) NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPLANT S1 C1 11.50 - 12.00 m 06/08/2020 07/08/2020 21/08/2020 21/08/2020 06/08/2020 Q4																																																			
Area (cm²) - Cross-sectional area of specimen Altezza provino (cm) - Specimen height				20.00 2.00																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>σ_v (kPa)</th> <th>ϵ_v (mm)</th> <th>ϵ_v (%)</th> <th>e</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carichi Vert. load</td> <td>Deformazione verticale Vertical strain</td> <td>Indice vuoti Void ratio</td> <td></td> </tr> <tr><td>12.2</td><td>0.062</td><td>0.31</td><td>0.509</td></tr> <tr><td>24.5</td><td>0.098</td><td>0.49</td><td>0.506</td></tr> <tr><td>49.0</td><td>0.169</td><td>0.85</td><td>0.500</td></tr> <tr><td>98.0</td><td>0.302</td><td>1.51</td><td>0.490</td></tr> <tr><td>196.0</td><td>0.576</td><td>2.88</td><td>0.470</td></tr> <tr><td>392.0</td><td>0.972</td><td>4.86</td><td>0.440</td></tr> <tr><td>784.0</td><td>1.469</td><td>7.35</td><td>0.402</td></tr> <tr><td>1568.0</td><td>2.103</td><td>10.52</td><td>0.354</td></tr> <tr><td>392.0</td><td>1.893</td><td>9.47</td><td>-</td></tr> <tr><td>98.0</td><td>1.640</td><td>8.20</td><td>-</td></tr> <tr><td>12.2</td><td>1.279</td><td>6.40</td><td>-</td></tr> </tbody> </table>	σ_v (kPa)	ϵ_v (mm)	ϵ_v (%)	e	Carichi Vert. load	Deformazione verticale Vertical strain	Indice vuoti Void ratio		12.2	0.062	0.31	0.509	24.5	0.098	0.49	0.506	49.0	0.169	0.85	0.500	98.0	0.302	1.51	0.490	196.0	0.576	2.88	0.470	392.0	0.972	4.86	0.440	784.0	1.469	7.35	0.402	1568.0	2.103	10.52	0.354	392.0	1.893	9.47	-	98.0	1.640	8.20	-	12.2	1.279	6.40	-			
σ_v (kPa)	ϵ_v (mm)	ϵ_v (%)	e																																																				
Carichi Vert. load	Deformazione verticale Vertical strain	Indice vuoti Void ratio																																																					
12.2	0.062	0.31	0.509																																																				
24.5	0.098	0.49	0.506																																																				
49.0	0.169	0.85	0.500																																																				
98.0	0.302	1.51	0.490																																																				
196.0	0.576	2.88	0.470																																																				
392.0	0.972	4.86	0.440																																																				
784.0	1.469	7.35	0.402																																																				
1568.0	2.103	10.52	0.354																																																				
392.0	1.893	9.47	-																																																				
98.0	1.640	8.20	-																																																				
12.2	1.279	6.40	-																																																				
Pocket Penetrometer 2.5-2.5 kg/cm ² Tor Vane 0.8 kg/cm ² Umidità naturale iniziale 19.99 % Densità naturale 2.08 t/m ³ Densità secca 1.73 t/m ³ Peso specifico dei grani 2.62 t/m ³ Umidità finale 21.77 % Indice dei vuoti iniziale 0.51																																																							
Note - Remarks																																																							
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> Direttore Manager  </div> <div> Sperimentatore Technician  </div> </div>																																																							
<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378 e-mail laboratorio.geotea@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre </div> <div style="flex: 1; text-align: center;">  </div> </div>																																																							

 GEOTEA s.r.l. <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</small>		COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE COEFFICIENT OF CONSOLIDATION Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892/5 Technical specification			
Certificato - Test report Verbale - Acceptance report Committente - Commissioner Località - Locality Cantiere - Site Sondaggio - Borehole Campione - Sample Profondità - Depth Data ricevimento - Receiving date Data inizio prove - Test starting date Data fine prove - Test ending date Data certificazione - Report date Data apertura campione - Sample opening date Classe campione - Sample quality		1600 - 20.235 - 005 1600 LABO' SRL CREPELLANO (BO) NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPLANT S1 C1 11.50 - 12.00 m 06/08/2020 07/08/2020 21/08/2020 21/08/2020 06/08/2020 Q4			
Area (cm²) - Cross-sectional area of specimen Altezza provino (cm) - Specimen height		20 2	Intervallo di carico (kPa) Load range	98.0 196.0	
Tempi (s) Time 6 15 24 30 60 120 240 360 480 600 1200 1800 2400 3000 3600 4800 6000 7200 10800 14400 21600 28800 45600 54000 72000 79200 82800 86400	Def. (mm) Vertical strain 0.706 0.716 0.722 0.725 0.735 0.749 0.765 0.777 0.786 0.795 0.827 0.847 0.863 0.876 0.887 0.900 0.911 0.919 0.934 0.943 0.954 0.958 0.963 0.966 0.969 0.971 0.972 0.972				
Note - Remarks					
Direttore  Manager		Sperimentatore  Technician			
Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378 e-mail laboratorio.geotea@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre					

 GEOTEA s.r.l. <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</small>		TAGLIO DIRETTO <i>DIRECT SHEAR TEST</i> Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10 <i>Technical specification</i>																																																
Certificato - Test report Verbale - Acceptance report Committente - Commissioner Località - Locality Cantiere - Site Sondaggio - Borehole Campione - Sample Profondità - Depth Data ricevimento - Receiving date Data inizio prove - Test starting date Data fine prove - Test ending date Data certificazione - Report date Data apertura campione - Sample opening date Classe del campione - Sample quality		1600 - 20.235 - 006 1600 LABO' SRL CREPELLANO (BO) NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX SOLPLANT S1 C1 11.50 - 12.00 m 06/08/2020 07/08/2020 21/08/2020 21/08/2020 06/08/2020 Q4																																																
Umidità iniziale - Initial water content Densità naturale iniziale - Initial wet density Densità secca iniziale - Initial dry density Provino - Specimen id Lato - Specimen side Altezza iniziale - Initial specimen height Velocità di taglio utilizzata - Strain rate Press. di consolidazione - Consolidation pressure Umidità finale - Final water content		<table border="1"> <tr> <td>%</td> <td>19.99</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>kg/m³</td> <td>2080.76</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>kg/m³</td> <td>1734.08</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>n°</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>mm</td> <td>60.0</td> <td>60.0</td> <td>60.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>mm</td> <td>20.0</td> <td>20.0</td> <td>20.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>mm/min</td> <td>0.006</td> <td>0.006</td> <td>0.006</td> <td></td> </tr> <tr> <td>kPa</td> <td>98.1</td> <td>196.1</td> <td>294.2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>%</td> <td>22.84</td> <td>21.53</td> <td>21.09</td> <td></td> </tr> </table>				%	19.99				kg/m ³	2080.76				kg/m ³	1734.08				n°	1	2	3		mm	60.0	60.0	60.0		mm	20.0	20.0	20.0		mm/min	0.006	0.006	0.006		kPa	98.1	196.1	294.2		%	22.84	21.53	21.09	
%	19.99																																																	
kg/m ³	2080.76																																																	
kg/m ³	1734.08																																																	
n°	1	2	3																																															
mm	60.0	60.0	60.0																																															
mm	20.0	20.0	20.0																																															
mm/min	0.006	0.006	0.006																																															
kPa	98.1	196.1	294.2																																															
%	22.84	21.53	21.09																																															
Fase di consolidazione - Consolidation test		Note - Remarks																																																
		limo argilloso di colore marrone. <table border="1"> <tr> <td>Pocket Penetrometer</td> <td>3.4 - 4.0</td> <td>kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>Tor Vane</td> <td>1.8 - 1.9</td> <td>kg/cm²</td> </tr> </table>				Pocket Penetrometer	3.4 - 4.0	kg/cm ²	Tor Vane	1.8 - 1.9	kg/cm ²																																							
Pocket Penetrometer	3.4 - 4.0	kg/cm ²																																																
Tor Vane	1.8 - 1.9	kg/cm ²																																																
																																																		
Direttore Manager 		Spettatore Tecnico 																																																
Grado di incertezza delle misure degli strumenti di forza: ± 0,15%																																																		
Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378 e-mail laboratorio.geotea@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori																																																		

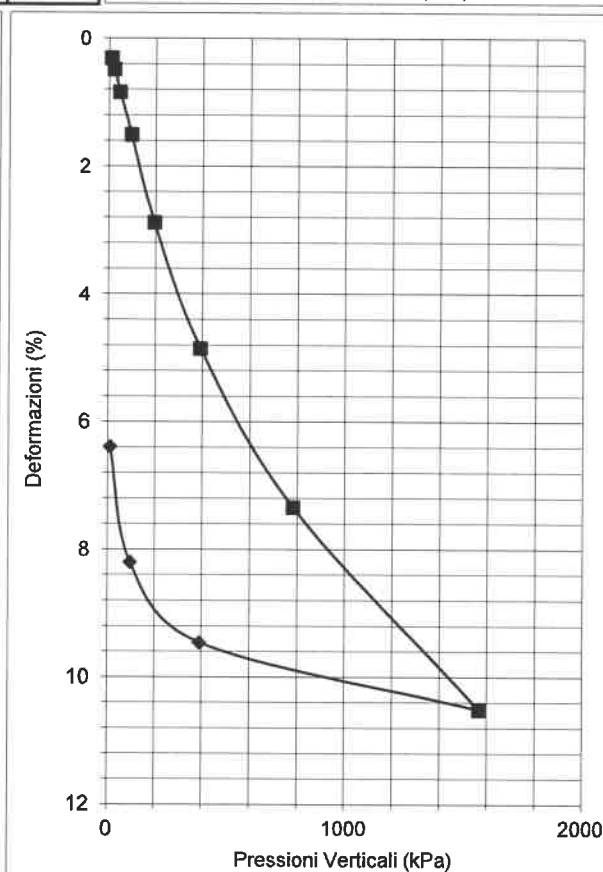
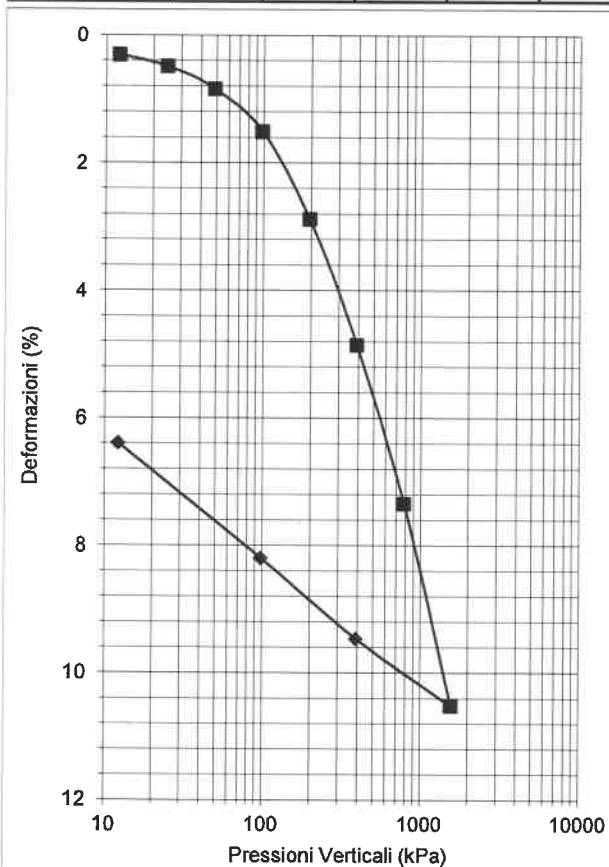
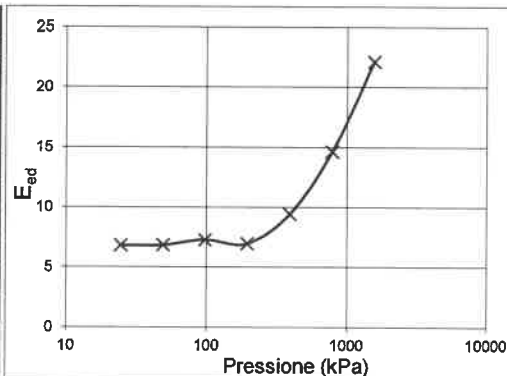
 GEOTEAS.r.l. <small>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY</small>		TAGLIO DIRETTO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
		DIRECT SHEAR TEST																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
		Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
		Technical specification																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Certificato - Test report Verbale - Acceptance report		1600 - 20.235 - 006 1600																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Consolidation test (0-100 kPa) <table border="1"> <thead> <tr> <th>time (s)</th> <th>def. ↓ (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>-0.48</td></tr> <tr><td>12</td><td>-0.49</td></tr> <tr><td>24</td><td>-0.51</td></tr> <tr><td>30</td><td>-0.51</td></tr> <tr><td>60</td><td>-0.53</td></tr> <tr><td>90</td><td>-0.55</td></tr> <tr><td>120</td><td>-0.55</td></tr> <tr><td>180</td><td>-0.57</td></tr> <tr><td>240</td><td>-0.58</td></tr> <tr><td>300</td><td>-0.58</td></tr> <tr><td>360</td><td>-0.59</td></tr> <tr><td>420</td><td>-0.59</td></tr> <tr><td>480</td><td>-0.60</td></tr> <tr><td>540</td><td>-0.60</td></tr> <tr><td>600</td><td>-0.60</td></tr> <tr><td>900</td><td>-0.62</td></tr> <tr><td>1200</td><td>-0.62</td></tr> <tr><td>1500</td><td>-0.62</td></tr> <tr><td>1800</td><td>-0.63</td></tr> <tr><td>2100</td><td>-0.63</td></tr> <tr><td>2400</td><td>-0.63</td></tr> <tr><td>2700</td><td>-0.63</td></tr> <tr><td>3000</td><td>-0.63</td></tr> <tr><td>3300</td><td>-0.64</td></tr> <tr><td>3600</td><td>-0.64</td></tr> <tr><td>4200</td><td>-0.64</td></tr> <tr><td>4800</td><td>-0.64</td></tr> <tr><td>5400</td><td>-0.64</td></tr> <tr><td>6000</td><td>-0.65</td></tr> <tr><td>7200</td><td>-0.65</td></tr> <tr><td>8400</td><td>-0.65</td></tr> <tr><td>9600</td><td>-0.66</td></tr> <tr><td>10800</td><td>-0.66</td></tr> <tr><td>12000</td><td>-0.66</td></tr> <tr><td>13200</td><td>-0.66</td></tr> <tr><td>14400</td><td>-0.66</td></tr> <tr><td>16800</td><td>-0.67</td></tr> <tr><td>19200</td><td>-0.67</td></tr> <tr><td>21600</td><td>-0.67</td></tr> <tr><td>28800</td><td>-0.68</td></tr> <tr><td>36000</td><td>-0.68</td></tr> <tr><td>45600</td><td>-0.69</td></tr> <tr><td>54000</td><td>-0.69</td></tr> <tr><td>72000</td><td>-0.69</td></tr> <tr><td>79200</td><td>-0.69</td></tr> <tr><td>82800</td><td>-0.70</td></tr> <tr><td>86400</td><td>-0.70</td></tr> </tbody> </table>	time (s)	def. ↓ (mm)	1		6	-0.48	12	-0.49	24	-0.51	30	-0.51	60	-0.53	90	-0.55	120	-0.55	180	-0.57	240	-0.58	300	-0.58	360	-0.59	420	-0.59	480	-0.60	540	-0.60	600	-0.60	900	-0.62	1200	-0.62	1500	-0.62	1800	-0.63	2100	-0.63	2400	-0.63	2700	-0.63	3000	-0.63	3300	-0.64	3600	-0.64	4200	-0.64	4800	-0.64	5400	-0.64	6000	-0.65	7200	-0.65	8400	-0.65	9600	-0.66	10800	-0.66	12000	-0.66	13200	-0.66	14400	-0.66	16800	-0.67	19200	-0.67	21600	-0.67	28800	-0.68	36000	-0.68	45600	-0.69	54000	-0.69	72000	-0.69	79200	-0.69	82800	-0.70	86400	-0.70	Provino 1 - Specimen 1 <table border="1"> <thead> <tr> <th>def. → (mm)</th> <th>def. ↓ (mm)</th> <th>shear stress (kPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.03</td><td>0.00</td><td>21.72</td></tr> <tr><td>0.05</td><td>0.00</td><td>28.28</td></tr> <tr><td>0.06</td><td>0.00</td><td>34.80</td></tr> <tr><td>0.08</td><td>0.00</td><td>40.40</td></tr> <tr><td>0.09</td><td>0.00</td><td>45.45</td></tr> <tr><td>0.11</td><td>0.00</td><td>49.75</td></tr> <tr><td>0.12</td><td>0.00</td><td>53.54</td></tr> <tr><td>0.13</td><td>0.00</td><td>56.57</td></tr> <tr><td>0.21</td><td>0.00</td><td>64.90</td></tr> <tr><td>0.28</td><td>0.00</td><td>69.44</td></tr> <tr><td>0.35</td><td>0.00</td><td>71.21</td></tr> <tr><td>0.42</td><td>0.00</td><td>70.20</td></tr> <tr><td>0.49</td><td>0.00</td><td>67.68</td></tr> <tr><td>0.56</td><td>0.00</td><td>65.40</td></tr> <tr><td>0.64</td><td>0.00</td><td>63.64</td></tr> <tr><td>0.72</td><td>-0.01</td><td>62.88</td></tr> <tr><td>0.79</td><td>-0.01</td><td>62.12</td></tr> <tr><td>0.88</td><td>-0.02</td><td>61.62</td></tr> <tr><td>0.96</td><td>-0.02</td><td>61.36</td></tr> <tr><td>1.04</td><td>-0.02</td><td>61.11</td></tr> <tr><td>1.12</td><td>-0.02</td><td>60.86</td></tr> <tr><td>1.19</td><td>-0.03</td><td>60.61</td></tr> <tr><td>1.27</td><td>-0.03</td><td>60.35</td></tr> <tr><td>1.33</td><td>-0.03</td><td>60.10</td></tr> <tr><td>1.40</td><td>-0.03</td><td>60.10</td></tr> <tr><td>1.48</td><td>-0.03</td><td>59.85</td></tr> <tr><td>1.55</td><td>-0.03</td><td>59.85</td></tr> <tr><td>1.62</td><td>-0.04</td><td>59.60</td></tr> <tr><td>1.93</td><td>-0.04</td><td>59.34</td></tr> <tr><td>2.24</td><td>-0.05</td><td>58.59</td></tr> <tr><td>2.53</td><td>-0.06</td><td>57.58</td></tr> <tr><td>2.83</td><td>-0.06</td><td>56.57</td></tr> <tr><td>3.15</td><td>-0.07</td><td>55.81</td></tr> <tr><td>3.44</td><td>-0.07</td><td>55.30</td></tr> <tr><td>3.73</td><td>-0.07</td><td>55.05</td></tr> <tr><td>4.04</td><td>-0.08</td><td>54.55</td></tr> <tr><td>4.34</td><td>-0.08</td><td>54.29</td></tr> <tr><td>4.82</td><td>-0.08</td><td>53.79</td></tr> <tr><td>4.94</td><td>-0.08</td><td>53.54</td></tr> <tr><td>5.24</td><td>-0.08</td><td>53.03</td></tr> <tr><td>5.52</td><td>-0.08</td><td>52.53</td></tr> <tr><td>5.83</td><td>-0.08</td><td>52.27</td></tr> <tr><td>6.14</td><td>-0.08</td><td>51.77</td></tr> <tr><td>6.43</td><td>-0.08</td><td>51.26</td></tr> </tbody> </table>	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)	0.03	0.00	21.72	0.05	0.00	28.28	0.06	0.00	34.80	0.08	0.00	40.40	0.09	0.00	45.45	0.11	0.00	49.75	0.12	0.00	53.54	0.13	0.00	56.57	0.21	0.00	64.90	0.28	0.00	69.44	0.35	0.00	71.21	0.42	0.00	70.20	0.49	0.00	67.68	0.56	0.00	65.40	0.64	0.00	63.64	0.72	-0.01	62.88	0.79	-0.01	62.12	0.88	-0.02	61.62	0.96	-0.02	61.36	1.04	-0.02	61.11	1.12	-0.02	60.86	1.19	-0.03	60.61	1.27	-0.03	60.35	1.33	-0.03	60.10	1.40	-0.03	60.10	1.48	-0.03	59.85	1.55	-0.03	59.85	1.62	-0.04	59.60	1.93	-0.04	59.34	2.24	-0.05	58.59	2.53	-0.06	57.58	2.83	-0.06	56.57	3.15	-0.07	55.81	3.44	-0.07	55.30	3.73	-0.07	55.05	4.04	-0.08	54.55	4.34	-0.08	54.29	4.82	-0.08	53.79	4.94	-0.08	53.54	5.24	-0.08	53.03	5.52	-0.08	52.53	5.83	-0.08	52.27	6.14	-0.08	51.77	6.43	-0.08	51.26	Provino 2 - Specimen 2 <table border="1"> <thead> <tr> <th>def. → (mm)</th> <th>def. ↓ (mm)</th> <th>shear stress (kPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.03</td><td>0.02</td><td>24.44</td></tr> <tr><td>0.04</td><td>0.02</td><td>32.08</td></tr> <tr><td>0.05</td><td>0.02</td><td>38.50</td></tr> <tr><td>0.07</td><td>0.02</td><td>44.00</td></tr> <tr><td>0.09</td><td>0.02</td><td>48.28</td></tr> <tr><td>0.10</td><td>0.03</td><td>51.64</td></tr> <tr><td>0.11</td><td>0.03</td><td>54.69</td></tr> <tr><td>0.13</td><td>0.03</td><td>57.75</td></tr> <tr><td>0.20</td><td>0.03</td><td>69.06</td></tr> <tr><td>0.27</td><td>0.04</td><td>77.31</td></tr> <tr><td>0.34</td><td>0.04</td><td>82.50</td></tr> <tr><td>0.41</td><td>0.05</td><td>87.39</td></tr> <tr><td>0.48</td><td>0.05</td><td>91.06</td></tr> <tr><td>0.54</td><td>0.05</td><td>94.11</td></tr> <tr><td>0.62</td><td>0.05</td><td>97.17</td></tr> <tr><td>0.70</td><td>0.05</td><td>99.31</td></tr> <tr><td>0.78</td><td>0.05</td><td>100.83</td></tr> <tr><td>0.86</td><td>0.05</td><td>101.44</td></tr> <tr><td>0.93</td><td>0.05</td><td>100.53</td></tr> <tr><td>1.01</td><td>0.05</td><td>99.31</td></tr> <tr><td>1.09</td><td>0.05</td><td>98.08</td></tr> <tr><td>1.16</td><td>0.05</td><td>97.78</td></tr> <tr><td>1.24</td><td>0.05</td><td>97.47</td></tr> <tr><td>1.31</td><td>0.05</td><td>97.17</td></tr> <tr><td>1.38</td><td>0.05</td><td>96.56</td></tr> <tr><td>1.45</td><td>0.05</td><td>96.25</td></tr> <tr><td>1.52</td><td>0.05</td><td>95.94</td></tr> <tr><td>1.59</td><td>0.05</td><td>95.33</td></tr> <tr><td>1.91</td><td>0.05</td><td>94.11</td></tr> <tr><td>2.22</td><td>0.05</td><td>91.67</td></tr> <tr><td>2.50</td><td>0.06</td><td>89.53</td></tr> <tr><td>2.81</td><td>0.07</td><td>88.00</td></tr> <tr><td>3.12</td><td>0.07</td><td>86.47</td></tr> <tr><td>3.41</td><td>0.07</td><td>85.56</td></tr> <tr><td>3.70</td><td>0.08</td><td>84.64</td></tr> <tr><td>4.01</td><td>0.08</td><td>84.03</td></tr> <tr><td>4.31</td><td>0.09</td><td>83.42</td></tr> <tr><td>4.59</td><td>0.09</td><td>83.11</td></tr> <tr><td>4.90</td><td>0.09</td><td>82.50</td></tr> <tr><td>5.21</td><td>0.09</td><td>81.89</td></tr> <tr><td>5.49</td><td>0.10</td><td>81.58</td></tr> <tr><td>5.79</td><td>0.10</td><td>80.97</td></tr> <tr><td>6.11</td><td>0.10</td><td>80.67</td></tr> <tr><td>6.39</td><td>0.11</td><td>80.36</td></tr> </tbody> </table>	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)	0.03	0.02	24.44	0.04	0.02	32.08	0.05	0.02	38.50	0.07	0.02	44.00	0.09	0.02	48.28	0.10	0.03	51.64	0.11	0.03	54.69	0.13	0.03	57.75	0.20	0.03	69.06	0.27	0.04	77.31	0.34	0.04	82.50	0.41	0.05	87.39	0.48	0.05	91.06	0.54	0.05	94.11	0.62	0.05	97.17	0.70	0.05	99.31	0.78	0.05	100.83	0.86	0.05	101.44	0.93	0.05	100.53	1.01	0.05	99.31	1.09	0.05	98.08	1.16	0.05	97.78	1.24	0.05	97.47	1.31	0.05	97.17	1.38	0.05	96.56	1.45	0.05	96.25	1.52	0.05	95.94	1.59	0.05	95.33	1.91	0.05	94.11	2.22	0.05	91.67	2.50	0.06	89.53	2.81	0.07	88.00	3.12	0.07	86.47	3.41	0.07	85.56	3.70	0.08	84.64	4.01	0.08	84.03	4.31	0.09	83.42	4.59	0.09	83.11	4.90	0.09	82.50	5.21	0.09	81.89	5.49	0.10	81.58	5.79	0.10	80.97	6.11	0.10	80.67	6.39	0.11	80.36	Provino 3 - Specimen 3 <table border="1"> <thead> <tr> <th>def. → (mm)</th> <th>def. ↓ (mm)</th> <th>shear stress (kPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.01</td><td>0.02</td><td>18.82</td></tr> <tr><td>0.02</td><td>0.02</td><td>31.50</td></tr> <tr><td>0.03</td><td>0.02</td><td>43.36</td></tr> <tr><td>0.04</td><td>0.02</td><td>53.12</td></tr> <tr><td>0.06</td><td>0.02</td><td>61.14</td></tr> <tr><td>0.07</td><td>0.03</td><td>67.95</td></tr> <tr><td>0.08</td><td>0.03</td><td>73.85</td></tr> <tr><td>0.09</td><td>0.03</td><td>78.88</td></tr> <tr><td>0.16</td><td>0.04</td><td>96.35</td></tr> <tr><td>0.24</td><td>0.05</td><td>107.66</td></tr> <tr><td>0.30</td><td>0.06</td><td>116.22</td></tr> <tr><td>0.37</td><td>0.07</td><td>123.46</td></tr> <tr><td>0.44</td><td>0.07</td><td>129.02</td></tr> <tr><td>0.51</td><td>0.08</td><td>134.43</td></tr> <tr><td>0.59</td><td>0.09</td><td>139.31</td></tr> <tr><td>0.66</td><td>0.09</td><td>143.17</td></tr> <tr><td>0.75</td><td>0.09</td><td>147.01</td></tr> <tr><td>0.83</td><td>0.10</td><td>150.18</td></tr> <tr><td>0.90</td><td>0.10</td><td>153.08</td></tr> <tr><td>0.99</td><td>0.11</td><td>155.62</td></tr> <tr><td>1.07</td><td>0.11</td><td>157.42</td></tr> <tr><td>1.14</td><td>0.11</td><td>159.12</td></tr> <tr><td>1.22</td><td>0.11</td><td>160.11</td></tr> <tr><td>1.29</td><td>0.11</td><td>161.15</td></tr> <tr><td>1.35</td><td>0.11</td><td>161.84</td></tr> <tr><td>1.42</td><td>0.11</td><td>162.02</td></tr> <tr><td>1.50</td><td>0.11</td><td>162.45</td></tr> <tr><td>1.57</td><td>0.12</td><td>162.45</td></tr> <tr><td>1.89</td><td>0.12</td><td>162.98</td></tr> <tr><td>2.20</td><td>0.13</td><td>163.90</td></tr> <tr><td>2.48</td><td>0.13</td><td>163.90</td></tr> <tr><td>2.79</td><td>0.13</td><td>161.89</td></tr> <tr><td>3.10</td><td>0.14</td><td>160.09</td></tr> <tr><td>3.39</td><td>0.14</td><td>158.74</td></tr> <tr><td>3.68</td><td>0.14</td><td>157.50</td></tr> <tr><td>4.00</td><td>0.14</td><td>156.33</td></tr> </tbody> </table>	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)	0.01	0.02	18.82	0.02	0.02	31.50	0.03	0.02	43.36	0.04	0.02	53.12	0.06	0.02	61.14	0.07	0.03	67.95	0.08	0.03	73.85	0.09	0.03	78.88	0.16	0.04	96.35	0.24	0.05	107.66	0.30	0.06	116.22	0.37	0.07	123.46	0.44	0.07	129.02	0.51	0.08	134.43	0.59	0.09	139.31	0.66	0.09	143.17	0.75	0.09	147.01	0.83	0.10	150.18	0.90	0.10	153.08	0.99	0.11	155.62	1.07	0.11	157.42	1.14	0.11	159.12	1.22	0.11	160.11	1.29	0.11	161.15	1.35	0.11	161.84	1.42	0.11	162.02	1.50	0.11	162.45	1.57	0.12	162.45	1.89	0.12	162.98	2.20	0.13	163.90	2.48	0.13	163.90	2.79	0.13	161.89	3.10	0.14	160.09	3.39	0.14	158.74	3.68	0.14	157.50	4.00	0.14	156.33
time (s)	def. ↓ (mm)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
6	-0.48																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
12	-0.49																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
24	-0.51																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
30	-0.51																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
60	-0.53																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
90	-0.55																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
120	-0.55																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
180	-0.57																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
240	-0.58																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
300	-0.58																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
360	-0.59																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
420	-0.59																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
480	-0.60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
540	-0.60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
600	-0.60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
900	-0.62																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
1200	-0.62																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
1500	-0.62																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
1800	-0.63																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
2100	-0.63																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
2400	-0.63																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
2700	-0.63																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3000	-0.63																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3300	-0.64																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3600	-0.64																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
4200	-0.64																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
4800	-0.64																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5400	-0.64																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
6000	-0.65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
7200	-0.65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
8400	-0.65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
9600	-0.66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
10800	-0.66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
12000	-0.66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
13200	-0.66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
14400	-0.66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
16800	-0.67																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
19200	-0.67																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
21600	-0.67																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
28800	-0.68																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
36000	-0.68																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
45600	-0.69																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
54000	-0.69																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
72000	-0.69																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
79200	-0.69																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
82800	-0.70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
86400	-0.70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.03	0.00	21.72																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.05	0.00	28.28																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.06	0.00	34.80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.08	0.00	40.40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.09	0.00	45.45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.11	0.00	49.75																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.12	0.00	53.54																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.13	0.00	56.57																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.21	0.00	64.90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.28	0.00	69.44																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.35	0.00	71.21																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.42	0.00	70.20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.49	0.00	67.68																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.56	0.00	65.40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.64	0.00	63.64																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.72	-0.01	62.88																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.79	-0.01	62.12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.88	-0.02	61.62																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.96	-0.02	61.36																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.04	-0.02	61.11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.12	-0.02	60.86																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.19	-0.03	60.61																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.27	-0.03	60.35																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.33	-0.03	60.10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.40	-0.03	60.10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.48	-0.03	59.85																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.55	-0.03	59.85																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.62	-0.04	59.60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.93	-0.04	59.34																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.24	-0.05	58.59																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.53	-0.06	57.58																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.83	-0.06	56.57																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.15	-0.07	55.81																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.44	-0.07	55.30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.73	-0.07	55.05																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.04	-0.08	54.55																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.34	-0.08	54.29																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.82	-0.08	53.79																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.94	-0.08	53.54																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.24	-0.08	53.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.52	-0.08	52.53																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.83	-0.08	52.27																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
6.14	-0.08	51.77																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
6.43	-0.08	51.26																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.03	0.02	24.44																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.04	0.02	32.08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.05	0.02	38.50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.07	0.02	44.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.09	0.02	48.28																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.10	0.03	51.64																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.11	0.03	54.69																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.13	0.03	57.75																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.20	0.03	69.06																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.27	0.04	77.31																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.34	0.04	82.50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.41	0.05	87.39																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.48	0.05	91.06																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.54	0.05	94.11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.62	0.05	97.17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.70	0.05	99.31																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.78	0.05	100.83																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.86	0.05	101.44																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.93	0.05	100.53																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.01	0.05	99.31																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.09	0.05	98.08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.16	0.05	97.78																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.24	0.05	97.47																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.31	0.05	97.17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.38	0.05	96.56																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.45	0.05	96.25																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.52	0.05	95.94																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.59	0.05	95.33																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.91	0.05	94.11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.22	0.05	91.67																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.50	0.06	89.53																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.81	0.07	88.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.12	0.07	86.47																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.41	0.07	85.56																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.70	0.08	84.64																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.01	0.08	84.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.31	0.09	83.42																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.59	0.09	83.11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.90	0.09	82.50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.21	0.09	81.89																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.49	0.10	81.58																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5.79	0.10	80.97																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
6.11	0.10	80.67																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
6.39	0.11	80.36																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.01	0.02	18.82																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.02	0.02	31.50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.03	0.02	43.36																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.04	0.02	53.12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.06	0.02	61.14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.07	0.03	67.95																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.08	0.03	73.85																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.09	0.03	78.88																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.16	0.04	96.35																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.24	0.05	107.66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.30	0.06	116.22																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.37	0.07	123.46																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.44	0.07	129.02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.51	0.08	134.43																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.59	0.09	139.31																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.66	0.09	143.17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.75	0.09	147.01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.83	0.10	150.18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.90	0.10	153.08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.99	0.11	155.62																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.07	0.11	157.42																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.14	0.11	159.12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.22	0.11	160.11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.29	0.11	161.15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.35	0.11	161.84																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.42	0.11	162.02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.50	0.11	162.45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.57	0.12	162.45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.89	0.12	162.98																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.20	0.13	163.90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.48	0.13	163.90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2.79	0.13	161.89																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.10	0.14	160.09																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.39	0.14	158.74																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3.68	0.14	157.50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4.00	0.14	156.33																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Note - Remarks																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Direttore Manager 		Sperimentatore Technician 																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378 e-mail laboratorio.geotea@database.it Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
IOP DE 3.5 - MOD PROD 11 B31 REV2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		

Committente: LABO' SRL
Località: CREPELLANO (BO)
Cantiere: NUOVA LOTTIZZAZIONE -
 AREA EX SOLPLANT

Sondaggio: S1
Campione: C1
Profondità: 11.50 - 12.00 m

ELABORAZIONE PROVA EDOMETRICA

Pressione kPa	dv mm	dv %	e 0.51	E_{ed} MPa	mv kPa^{-1}	Cc -
12.2	0.06	0.31	0.509	-		0.009
24.5	0.10	0.49	0.506	6.80	1.5E-04	0.0178
49	0.17	0.85	0.500	6.84	1.4E-04	0.0334
98	0.30	1.51	0.490	7.26	1.4E-04	0.0689
196	0.58	2.88	0.470	6.95	1.4E-04	0.0995
392	0.97	4.86	0.440	9.42	1.0E-04	0.1249
784	1.47	7.35	0.402	14.62	6.3E-05	0.1594
1568	2.10	10.52	0.354	22.13	4.0E-05	
392	1.89	9.47	-			
98	1.64	8.20	-			
12.2	1.28	6.40	-			



Legenda: D_v = deformazione verticale; d_h = deformazione percentuale; e = indice dei vuoti; E_{ed} = modulo edometrico; m_v = indice di compressibilità; C_c = coefficiente di compressibilità.

Committente: LABO' SRL
 Località: CREPELLANO (BO)
 Cantiere: NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX
 SOLPLANT

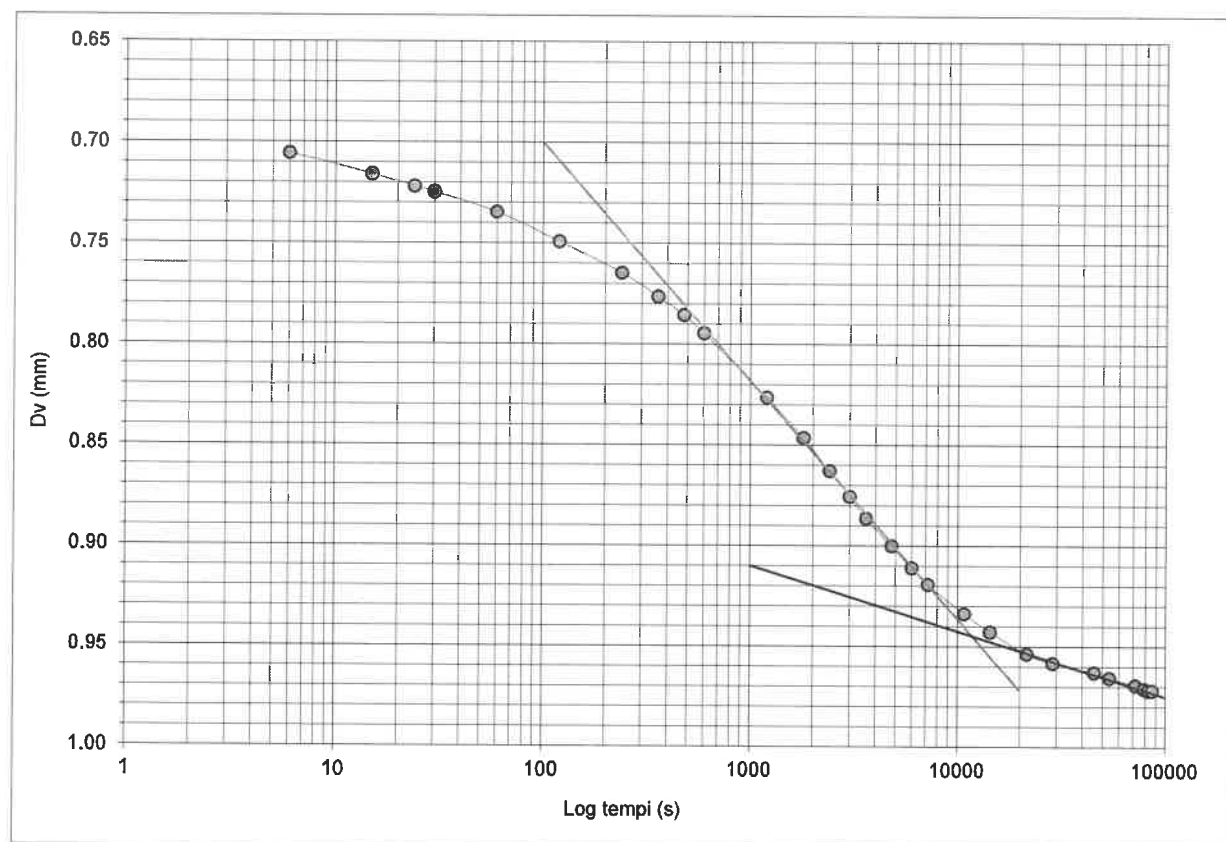
Sondaggio: S1
 Campione: C1
 Profondità: 11.50 - 12.00 m

COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE

Tempi	Dv
s	mm
6	0.706
15	0.716
24	0.722
30	0.725
60	0.735
120	0.749
240	0.765
360	0.777
480	0.786
600	0.795
1200	0.827
1800	0.847
2400	0.863
3000	0.876
3600	0.887

Tempi	Dv
s	mm
4800	0.900
6000	0.911
7200	0.919
10800	0.934
14400	0.943
21600	0.954
28800	0.958
45600	0.963
54000	0.966
72000	0.969
79200	0.971
82800	0.972
86400	0.972

Parametri calcolati		
D ₅₀	0.805	mm
T ₅₀	7754	s
CV	2.340E-05	cm ² /s
E _{ed}	9.42	MPa
K	2.484E-10	cm/s
C α	6.566E-07	cm ² /s



TAGLIO DIRETTO

Committente: LABO' SRL

Località: CRESPPELLANO (BO)

Cantiere: NUOVA LOTTIZZAZIONE - AREA EX
SOLPLANT

Sondaggio: S1

Campione: C1

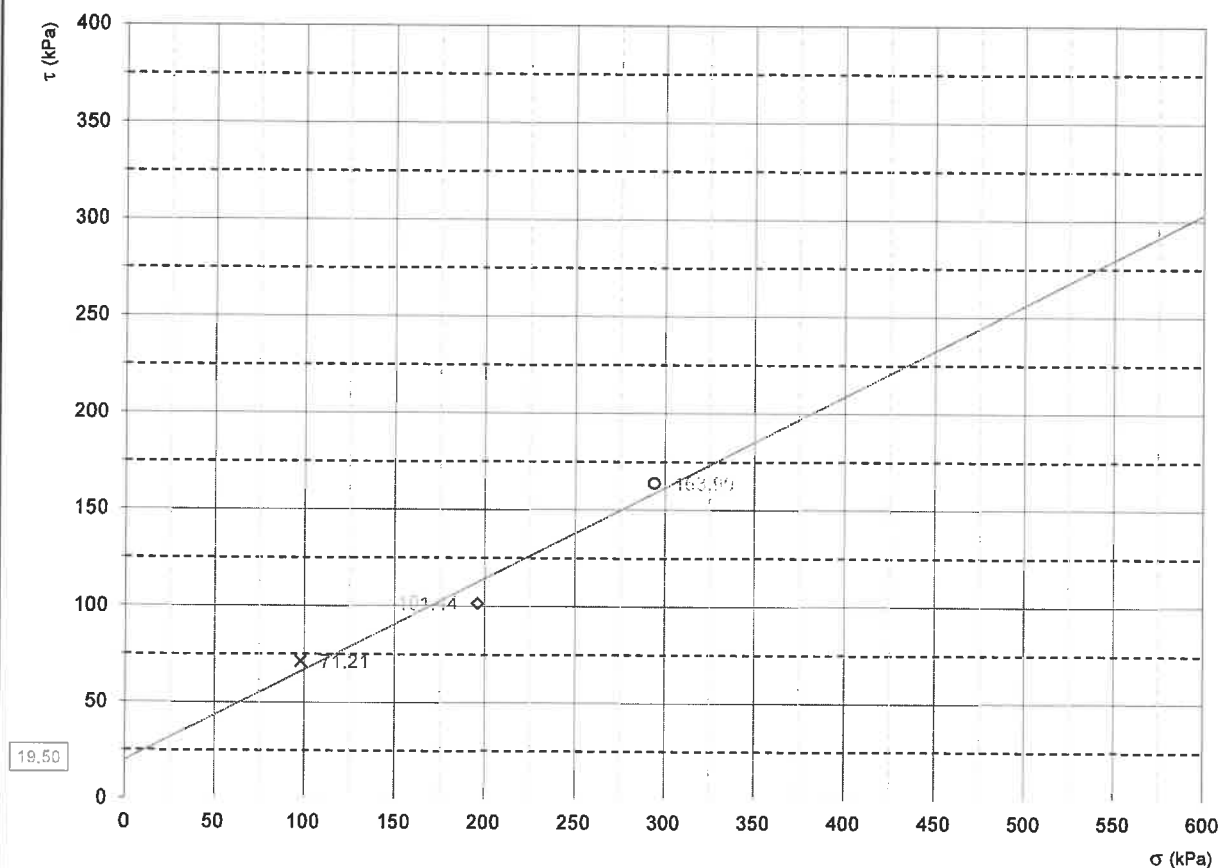
Profondità: 11.50 - 12.00 m

REGRESSIONE LINEARE DEI TRE VALORI DI SFORZO MASSIMO

Lato provino	60.00	mm
Altezza iniziale	20.00	mm

limo argilloso di colore marrone.

Valori dei provini a rottura				
Provino	n°	1	2	3
Sforzo a rottura	kPa	71.21	101.44	163.90
Intercetta C'	KPa	19.50		
ϕ'	° sess	25.29		

Velocità di prova
0.006
mm/min

x1

◇2

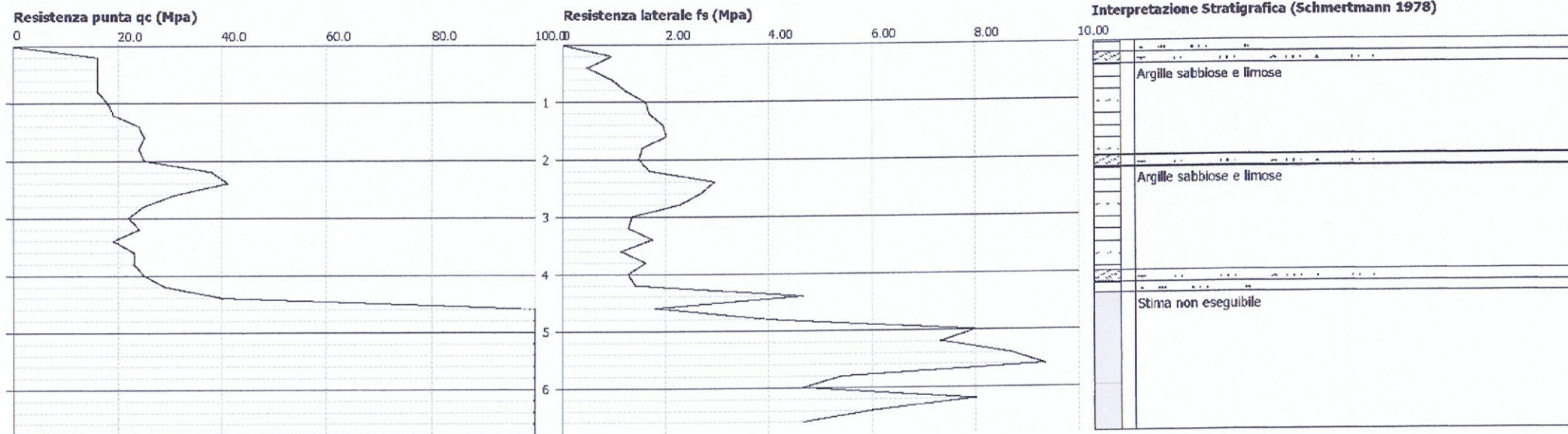
○3

La coesione efficace e l'angolo di resistenza al taglio si riferiscono alla elaborazione della prova di taglio diretto eseguita mediante una semplice regressione lineare sui tre punti di sforzo massimo e per il campo tensionale nel quale i vari provini sono stati sottoposti a taglio.

Probe CPT - Cone Penetration CPT1
Strumento utilizzato... PAGANI TG 63 (200 kN)
Diagramma Resistenze qc fs

Committente : STUDIO SAMUEL SANGIROLI/2013
 Cantiere : Comparti C2.14.C2.15
 Località : Crespellano

Scala 1:50



037023P189CPT193

GEOTEA S.R.L.
VIA CALZOLARI 30/A
BOLOGNA

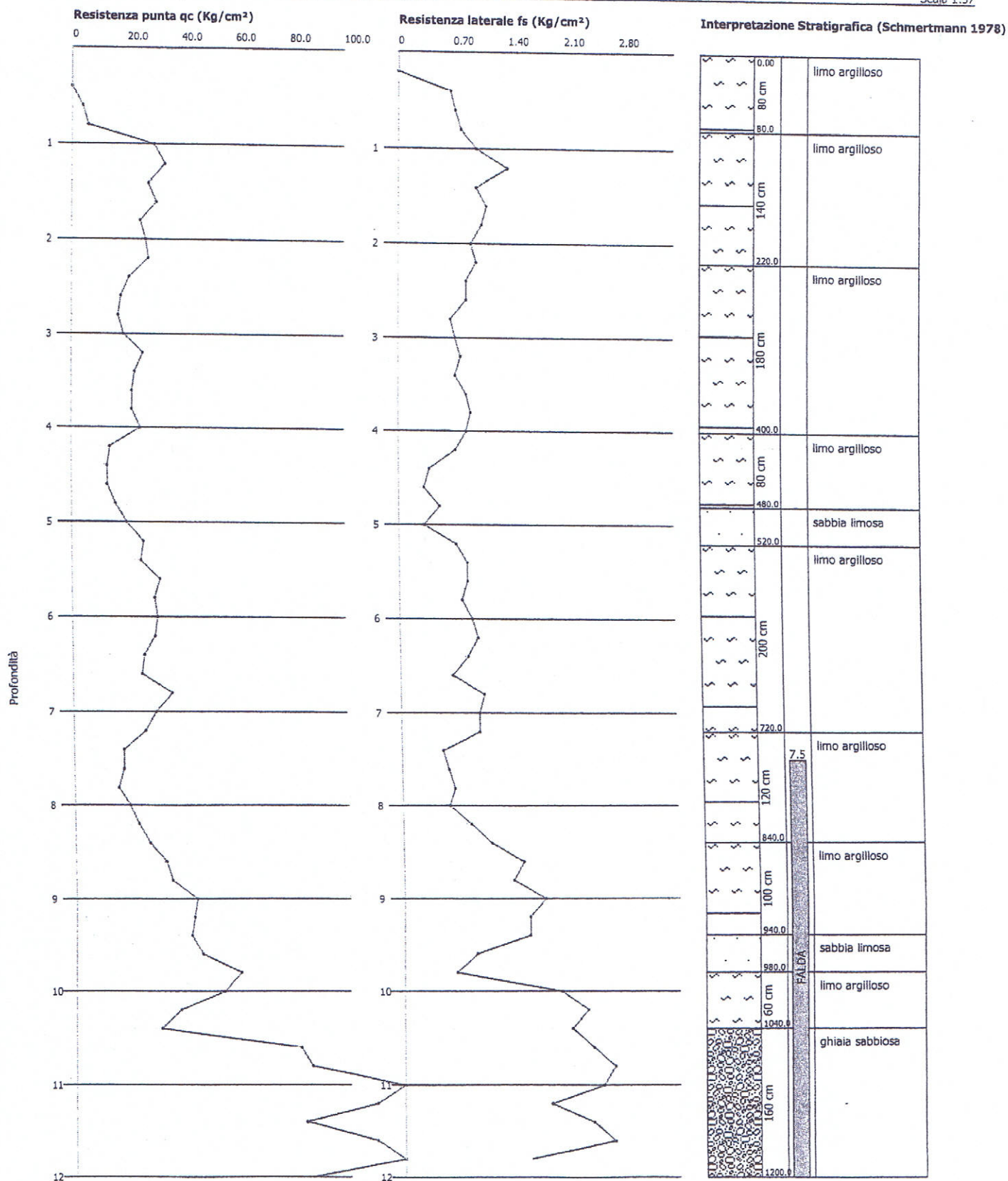
037023P108CPT108

Probe CPT - Cone Penetration Nr.2
Strumento utilizzato... DEEP DRILL
Diagramma Resistenze qc fs

Committente : Rigenti SpA
Cantiere : Comparto 1-2-3
Località : Crespellano (BO)

Data :08/03/2006

Scale 1:57





037023P109CPT109

CERTIFICATI PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

Committente: Rigenti Spa
Località: Crespellano-Bo
Cantiere: Comparto C21
Commessa: 08.110

Caratteristiche Strumentali DEEP DRILL

Area punta 10
 Angolo di apertura punta (°) 60
 Diametro Punta conica meccanica (mm) 35,7
 Superficie manicotto 150
 Costante di trasformazione Ct 20

PROVA CPT 1

Profondità	Lettura punta	Lettura laterale	qc	fs	qc/fs	fs/qcx100	Valutazione litologica secondo: Schmertmann 1978
0.20	0.0	0.0	0.0	0.0			Riporto
0.40	0.0	0.0	0.0	0.93	0.0		
0.60	24.0	31.0	48.0	2.0	24.0	4.17	
0.80	11.0	26.0	22.0	1.53	14.38	6.95	
1.00	10.5	22.0	21.0	0.93	22.58	4.43	
1.20	8.0	15.0	16.0	0.6	26.67	3.75	Argille sabbiose e limose
1.40	8.0	12.5	16.0	0.6	26.67	3.75	Argille sabbiose e limose
1.60	8.0	12.5	16.0	0.4	40.0	2.5	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
1.80	8.0	11.0	16.0	0.93	17.2	5.81	Argilla inorganica compatta
2.00	19.0	26.0	38.0	1.33	28.57	3.5	Argille sabbiose e limose
2.20	12.0	22.0	24.0	2.0	12.0	8.33	Argilla inorganica molto compatta
2.40	15.0	30.0	30.0	2.13	14.08	7.1	Argilla inorganica molto compatta
2.60	16.0	32.0	32.0	2.33	13.73	7.28	Argilla inorganica molto compatta
2.80	13.5	31.0	27.0	1.73	15.61	6.41	Argilla inorganica molto compatta
3.00	18.0	31.0	36.0	1.67	21.56	4.64	Argille sabbiose e limose
3.20	19.5	32.0	39.0	2.07	18.84	5.31	Argilla inorganica molto compatta
3.40	22.5	38.0	45.0	2.53	17.79	5.62	Argilla inorganica molto compatta
3.60	23.0	42.0	46.0	1.93	23.83	4.2	Argille sabbiose e limose
3.80	21.0	35.5	42.0	1.87	22.46	4.45	Argille sabbiose e limose
4.00	18.0	32.0	36.0	1.4	25.71	3.89	Argille sabbiose e limose
4.20	15.5	26.0	31.0	1.07	28.97	3.45	Argille sabbiose e limose
4.40	16.0	24.0	32.0	1.13	28.32	3.53	Argille sabbiose e limose
4.60	12.0	20.5	24.0	1.2	20.0	5.0	Argilla inorganica molto compatta
4.80	10.0	19.0	20.0	1.73	11.56	8.65	Argilla inorganica molto compatta
5.00	13.0	26.0	26.0	1.2	21.67	4.62	Argille sabbiose e limose
5.20	12.0	21.0	24.0	0.73	32.88	3.04	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
5.40	9.5	15.0	19.0	0.6	31.67	3.16	Argille sabbiose e limose
5.60	8.0	12.5	16.0	0.4	40.0	2.5	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
5.80	9.0	12.0	18.0	0.67	26.87	3.72	Argille sabbiose e limose
6.00	8.0	13.0	16.0	0.53	30.19	3.31	Argille sabbiose e limose
6.20	12.5	16.5	25.0	0.53	47.17	2.12	Sabbie



6.40	12.5	16.5	25.0	0.67	37.31	2.68	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
6.60	6.0	11.0	12.0	0.6	20.0	5.0	Argilla inorganica compatta
6.80	7.0	11.5	14.0	1.07	13.08	7.64	Argille organiche e terreni misti
7.00	13.0	21.0	26.0	0.73	35.62	2.81	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
7.20	20.5	26.0	41.0	2.0	20.5	4.88	Argille sabbiose e limose
7.40	30.0	45.0	60.0	2.13	28.17	3.55	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
7.60	18.0	34.0	36.0	2.13	16.9	5.92	Argilla inorganica molto compatta
7.80	18.0	34.0	36.0	2.0	18.0	5.56	Argilla inorganica molto compatta
8.00	26.0	41.0	52.0	2.0	26.0	3.85	Argille sabbiose e limose
8.20	22.0	37.0	44.0	2.27	19.38	5.16	Argille sabbiose e limose
8.40	16.0	33.0	32.0	1.67	19.16	5.22	Argilla inorganica molto compatta
8.60	14.0	26.5	28.0	1.33	21.05	4.75	Argille sabbiose e limose
8.80	17.0	27.0	34.0	1.13	30.09	3.32	Argille sabbiose e limose
9.00	17.5	26.0	35.0	1.2	29.17	3.43	Argille sabbiose e limose
9.20	21.0	30.0	42.0	1.47	28.57	3.5	Argille sabbiose e limose
9.40	21.0	32.0	42.0	2.4	17.5	5.71	Argilla inorganica molto compatta
9.60	18.0	36.0	36.0	2.27	15.86	6.31	Argilla inorganica molto compatta
9.80	25.0	42.0	50.0	2.13	23.47	4.26	Argille sabbiose e limose
10.00	23.0	39.0	46.0	0.0		0.0	Sabbie

PROVA CPT 2

037023P210CPT110

Profondità	Lettura punta	Lettura laterale	qc	fs	qc/fs	fs/qcx100	Valutazione litologica secondo: Schmertmann 1978
0.20	0.0	0.0	0.0	0.0			Riporto
0.40	0.0	0.0	0.0	1.07	0.0		
0.60	25.0	33.0	50.0	1.6	31.25	3.2	
0.80	9.0	21.0	18.0	1.73	10.4	9.61	
1.00	10.0	23.0	20.0	0.93	21.51	4.65	
1.20	7.0	14.0	14.0	0.53	26.42	3.79	Argille sabbiose e limose
1.40	8.0	12.0	16.0	0.67	23.88	4.19	Argilla inorganica compatta
1.60	8.0	13.0	16.0	0.4	40.0	2.5	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
1.80	7.0	10.0	14.0	1.07	13.08	7.64	Argille organiche e terreni misti
2.00	20.0	28.0	40.0	1.47	27.21	3.68	Argille sabbiose e limose
2.20	12.0	23.0	24.0	1.87	12.83	7.79	Argilla inorganica molto compatta
2.40	14.0	28.0	28.0	2.13	13.15	7.61	Argilla inorganica molto compatta
2.60	16.0	32.0	32.0	2.13	15.02	6.66	Argilla inorganica molto compatta
2.80	12.0	28.0	24.0	1.33	18.05	5.54	Argilla inorganica molto compatta
3.00	20.0	30.0	40.0	1.6	25.0	4.0	Argille sabbiose e limose
3.20	18.0	30.0	36.0	1.93	18.65	5.36	Argilla inorganica molto compatta
3.40	21.5	36.0	43.0	2.4	17.92	5.58	Argilla inorganica molto compatta
3.60	22.0	40.0	44.0	2.13	20.66	4.84	Argille sabbiose e limose
3.80	21.0	37.0	42.0	1.93	21.76	4.6	Argille sabbiose e limose
4.00	17.0	31.5	34.0	1.47	23.13	4.32	Argille sabbiose e limose
4.20	14.0	25.0	28.0	1.07	26.17	3.82	Argille sabbiose e limose
4.40	16.0	24.0	32.0	1.07	29.91	3.34	Argille sabbiose e limose
4.60	10.0	18.0	20.0	1.33	15.04	6.65	Argilla inorganica molto compatta



4.80	10.0	20.0	20.0	1.33	15.04	6.65	Argilla inorganica molto compatta
5.00	14.0	24.0	28.0	1.07	26.17	3.82	Argille sabbiose e limose
5.20	13.0	21.0	26.0	0.53	49.06	2.04	Sabbie
5.40	10.0	14.0	20.0	0.53	37.74	2.65	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
5.60	9.0	13.0	18.0	0.53	33.96	2.94	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
5.80	8.0	12.0	16.0	0.53	30.19	3.31	Argille sabbiose e limose
6.00	7.5	11.5	15.0	0.4	37.5	2.67	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
6.20	14.0	17.0	28.0	0.4	70.0	1.43	Sabbie
6.40	14.0	17.0	28.0	0.27	103.7	0.96	Sabbie
6.60	8.0	10.0	16.0	0.27	59.26	1.69	Sabbie Scioltc
6.80	7.0	9.0	14.0	1.27	11.02	9.07	Argille organiche e terreni misti
7.00	11.0	20.5	22.0	0.53	41.51	2.41	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
7.20	21.0	25.0	42.0	0.73	57.53	1.74	Sabbie
7.40	22.0	27.5	44.0	2.13	20.66	4.84	Argille sabbiose e limose
7.60	17.0	33.0	34.0	2.07	16.43	6.09	Argilla inorganica molto compatta
7.80	17.5	33.0	35.0	1.73	20.23	4.94	Argille sabbiose e limose
8.00	25.0	38.0	50.0	2.13	23.47	4.26	Argille sabbiose e limose
8.20	20.0	36.0	40.0	2.0	20.0	5.0	Argille sabbiose e limose
8.40	15.0	30.0	30.0	1.47	20.41	4.9	Argilla inorganica molto compatta
8.60	14.0	25.0	28.0	1.47	19.05	5.25	Argilla inorganica molto compatta
8.80	16.5	27.5	33.0	1.6	20.63	4.85	Argille sabbiose e limose
9.00	16.0	28.0	32.0	1.2	26.67	3.75	Argille sabbiose e limose
9.20	20.0	29.0	40.0	1.6	25.0	4.0	Argille sabbiose e limose
9.40	18.0	30.0	36.0	2.0	18.0	5.56	Argilla inorganica molto compatta
9.60	18.0	33.0	36.0	1.87	19.25	5.19	Argilla inorganica molto compatta
9.80	24.0	38.0	48.0	2.13	22.54	4.44	Argille sabbiose e limose
10.00	24.0	40.0	48.0	0.0		0.0	Sabbie

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Nr: Numero progressivo strato
 Prof: Profondità strato (m)
 Tipo: C: Coesivo; I: Incoerente; CI: Coesivo-Incoerente
 Cu: Coesione non drenata (Kg/cm²)
 Eu: Modulo di deformazione non drenato (Kg/cm²)
 Mo: Modulo Edometrico (Kg/cm²)
 G: Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm²)
 OCR: Grado di sovraconsolidazione (Kg/cm²)
 Puv: Peso unità di volume (t/m³)
 PuvS: Peso unità di volume saturo (t/m³)
 Dr: Densità relativa (%)
 Fi: Angolo di resistenza al taglio (°)
 Ey: Modulo di Young (Kg/cm²)
 K: Permeabilità (cm/s)

CPT1

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	K
1	1.00	I	--	--	91.0	164.84	6.94	1.8	2.1	57.21	37.12	45.5	1.00E-11
2	1.80	C	0.53	592.53	48.02	152.36	7.5	1.93	2.01	--	--	--	1.56E-07
3	2.00	C	1.27	1413.86	76.0	258.47	9.0	2.08	2.16	--	--	--	5.46E-07
4	2.20	C	0.8	887.32	48.0	195.19	9.0	2.0	2.08	--	--	--	1.00E-11

GEOTEA S.R.L.
VIA CALZOLARI 30/A
BOLOGNA

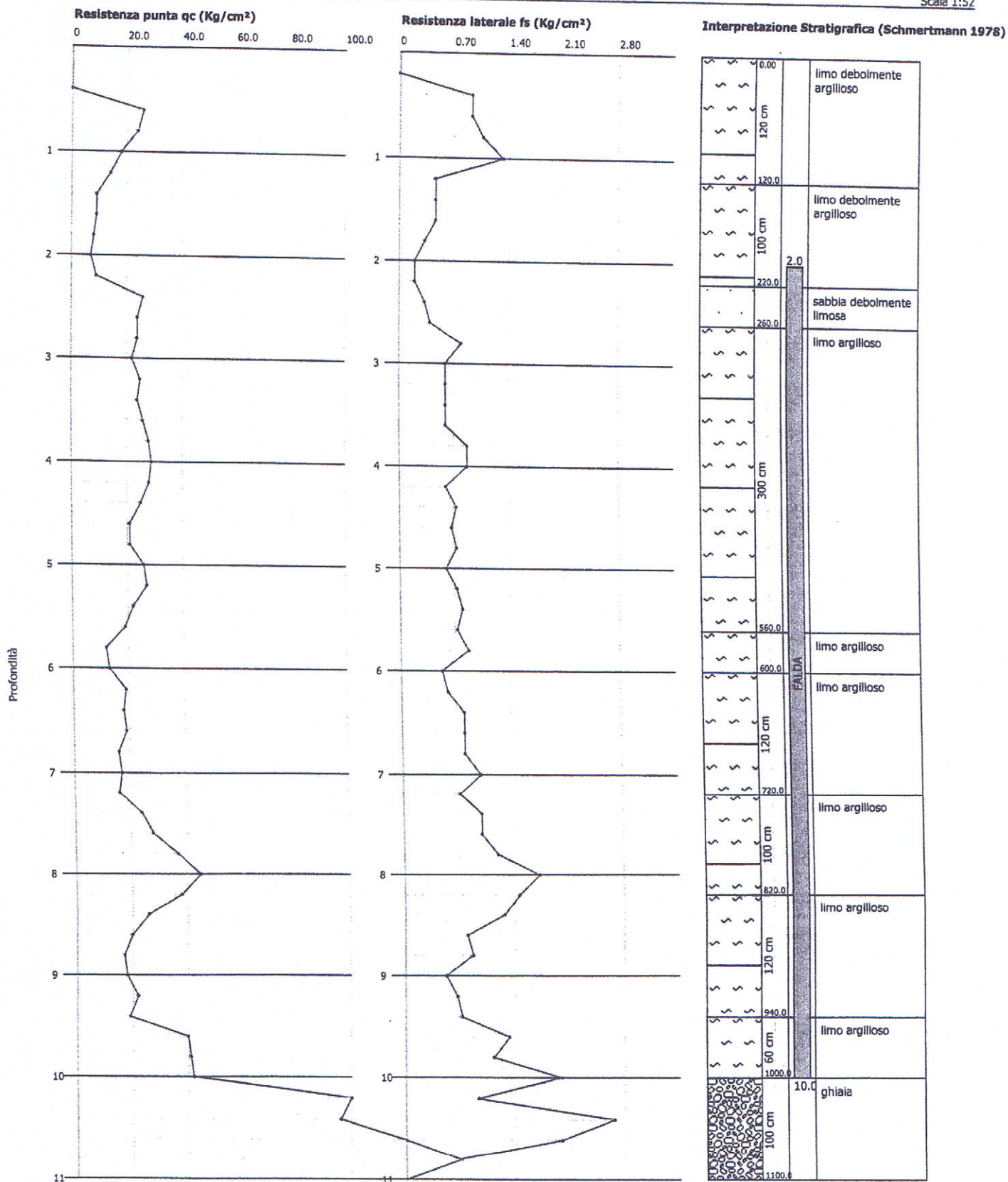
037023 P107 CPT107


Probe CPT - Cone Penetration Nr.1
Strumento utilizzato... DEEP DRILL
Diagramma Resistenze qc fs

Committente : Rgenti SpA
Cantiere : Comparto 1-2-3
Località : Crespellano (BO)

Data :08/03/2006

Scala 1:52



 SOGEO S.R.L. INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI Via Edison 1/1 - 48022 LUGO (RA) Tel. 0542/2042 - Fax 0542/34443 - E-mail: sogeo@sogeo-rl.com Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore C Decr. n. 005754 del 05/07/2010	COMMITTENTE:		SOND.N°: S.1	PROF.(m): 30.00
	CANTIERE: Crespellano (BO) - area 4		QUOTA (m): p.d.c.	
	PERFORATRICE: CMV MK900 D1		LATITUDINE (°): N 44 515889°	
	METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo		LONGITUDINE (°): E 11.134301°	
	ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice Ø 101 mm		DATA INIZ-FINE: 18/01/2012-19/01/2012	
RIVESTIMENTO: Ø 127 mm	PIEZOMETRO: Installato piezometro Norton Ø 2" a -16.00 m dal p.d.c. (fessurato da -3.00 a -16.00 m)		SCALA: 1:100	
RIF.PREV.N°: 011-12	CERTIFICATO N°: C12-010-1	RAPPORTO N°: -----	DATA DI EMISSIONE: 26/01/2012	PAGINA N°: 1 di 2

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm²]	Vane Test [daN/cm²]	Profondità [m]	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Falda	Pz Norton	Inclinometro	Tubo Down Hole
1	>6.0				Limo sabbioso di colore marrone chiaro							
2	>6.0											
3			2.60		Sabbia limosa di colore marrone chiaro							
4			3.00		Campione indisturbato	3.00						
5			3.60			C.I. 1						
6					Sabbia limosa di colore marrone chiaro	3.60						
7			5.60									
8					Ghiaia media - grossa, subarrotondata, in matrice sabbiosa di colore marrone chiaro - grigio							
9								8.00 17/21/21 8.45				
10	2.3	1.10	9.60									
11	2.5	1.10			Limo argilloso di colore marrone - rossastro con striature nere e giallastre							
12	3.0	1.40										
13	3.0	1.40	11.50		Ghiaia media - grossa, arrotondata, in matrice sabbiosa di colore marrone chiaro - grigio				12.00			
14			13.50									
15	3.0	0.50	14.70		Limo debolmente argilloso di colore marrone - rossastro							
16								15.00 9/12/11 15.45				
17					Ghiaia media - grossa, arrotondata, in matrice sabbiosa di colore marrone chiaro - grigio					16.00		
18			18.30									
19	2.0	1.00			Limo argilloso di colore marrone - grigio con striature nere e giallastre, con calcinelli							
20	2.6	1.20	19.90		Campione indisturbato	19.90						
21	4.6	1.60	20.50			C.I. 2						
22	4.0	1.84				20.50						
23	4.7	>2.4										
24	4.2											
25	5.8	>2.4										
26	4.5	1.88										
27	4.0	1.60			Limo argilloso di colore marrone - grigio con striature nere e giallastre, con calcinelli. Da -25.90 a -26.10 m presente un livello di limo sabbioso di colore marrone chiaro							
28	3.3	1.30										
29	3.7	1.34										
30	3.7	1.32										
31	3.4	1.40										
32	3.6	1.38										
33	3.2	1.60										
34	3.3	1.40	28.30									
35					Ghiaia media - grossa, arrotondata, in matrice limo - sabbiosa di colore grigio							
36			30.00									

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

mod. K/1


Part. IVA e Cod

NOTE : campione indisturbato

DATA 14/03/86

DIRETTORE TECNICO

SPERIMENTATORE

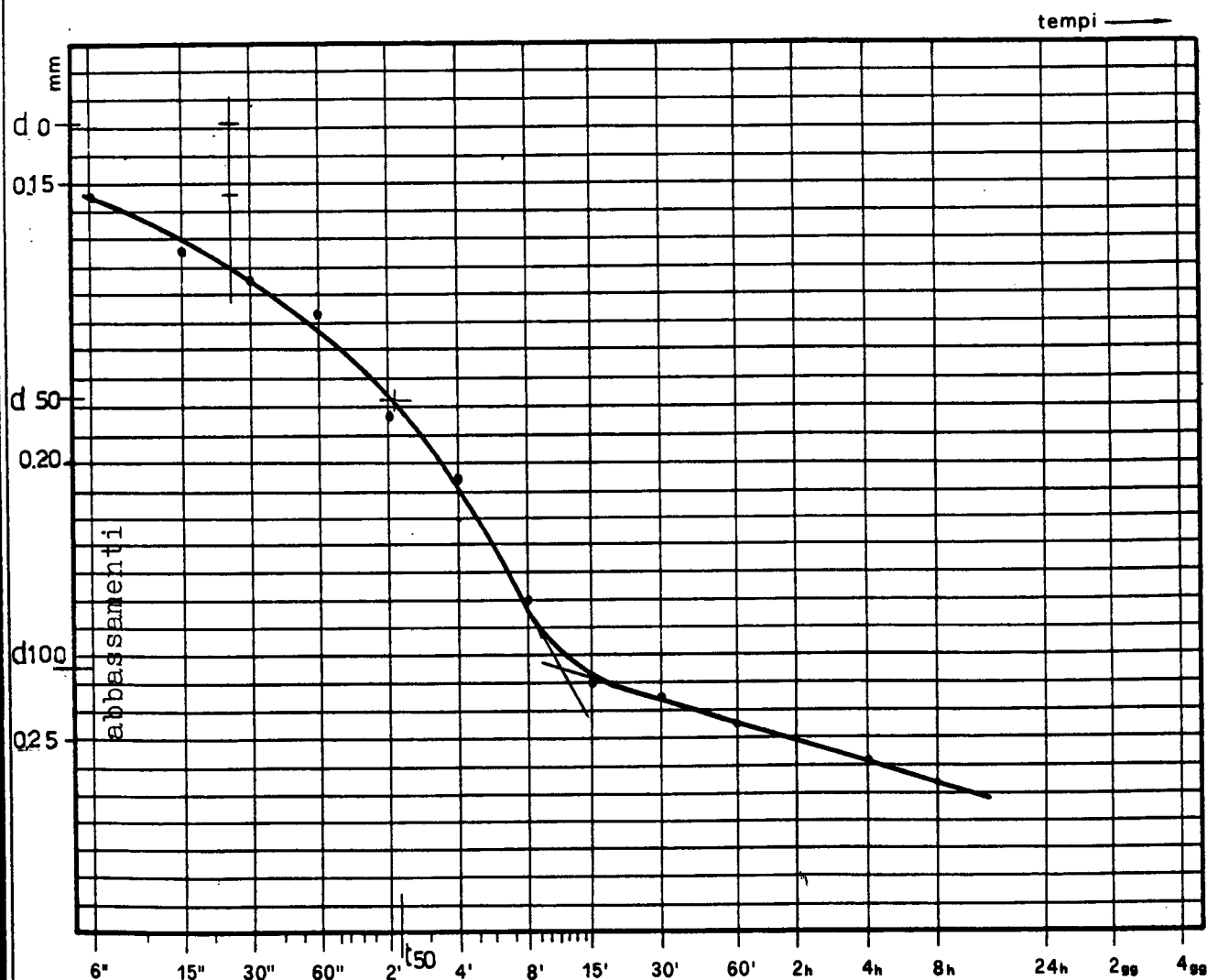
PROFONDITA' (m)			campioni		colonna stratigrafica	DESCRIZIONE DEI TERRENI	NOTE E OSSERVAZIONI
progressiva	parz.						
1						LIMO ARGILLOSO LEGGERMENTE SABBIOSO	UMIDITA' MEDIA
2						LIMO ABBONDANTEMENTE SABBIOSO	UMIDITA' MEDIA
3				SHELB		LIMO LEGGERMENTE SABBIOSO PLASTICO, PLASTICO-TENERO	TRA I 2.40 m. E I 2.90 m., CAMPIONE INDISTURBATO CON FUSTELLA SHELBY
4						COME SOPRA MA PLASTICO-TENERO	UMIDITA' MEDIA
5						LIMO SABBIOSO DI COLORE BRUNO NOCCIOLA PLASTICO-TENERO	UMIDITA' MEDIO-ALTA
6							UMIDITA' MEDIA
7							UMIDITA' MEDIA
8						LIMO ARGILLOSO-SABBIOSO DI COLORE NOCCIOLA CON VENATURE BRUNE, PLASTICO-TENERO	
9							
10							
11							
12							

QUOTA INIZIALE 0,00

LIVELLO STATICO DI FALDA :

DATA : 5/3/1986

22080889
406

GEO-TECNO BOLOGNA40134 Bologna
via Treves, 13/f
tel. (051) 42.35.10**PERMEABILITA' (PROVA EDOMETRICA)^{SC.}**COMMITTENTE: dott. VIGNATI
LOCALITA': CREPELLANO
CANTIERE: CimiteroSONDAGGIO N. 1
CAMPIONE N. 1
PROFONDITA m. 2.60LETTURE MINUTATE TRA LE PRESSIONI DI 0.4-0.8 kg/cm² $t_{50} = 140$ sec. $c_v = 1.38 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1}$ $m_v = 1.6 \times 10^{-2} \text{ cm}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$ $K = 2.2 \times 10^{-8} \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$

NOTE: campione indisturbato

DATA: 14/03/86

DIRETTORE TECNICO

SPERIMENTATORE

GEO-TECNO BOLOGNA40134 Bologna
via Treves, 13/1
tel. (051) 42.35.10**PROVA DI TAGLIO (CASAGRANDE)**

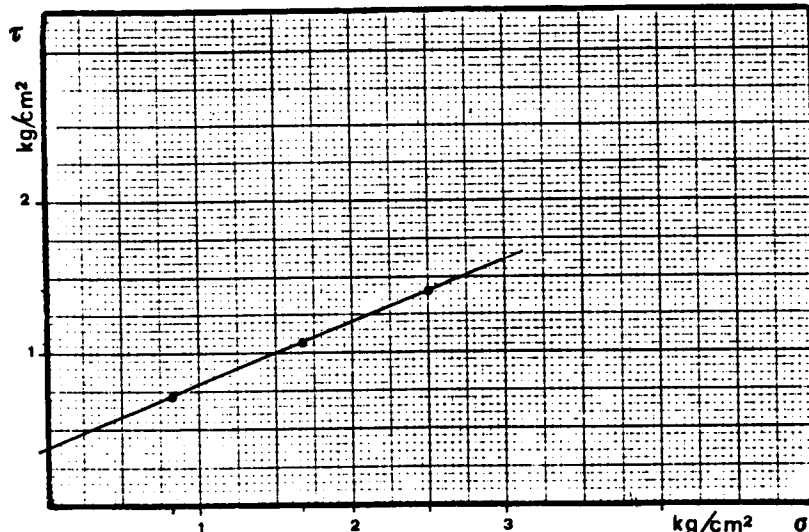
COMMITTENTE: dott. A. VIGNATI
LOCALITA': CRESPELLANO (Bo)
CANTIERE: Cimitero

SONDAGGIO N. 1
CAMPIONE N. 1
PROFONDITA' m. 2.5

DIMENSIONI DEL PROVINO

base : 6 x 6 cm

altezza: 2 cm

UMIDITA' NATURALE $w_n = 19.1$ % in peso**DENSITA' NATURALE** $\gamma_n = 1.85$ gr./cm³.**TIPO DI PROVA**☐ U.U. - non consolidata - non drenata☐ C.U. - consolidata - non drenata☐ C.D. - consolidata - drenata**DENSITA' SECCA** $\gamma_s = 1.55$ gr./cm³.

PROVE	1	2	3	4
σ (kg/cm ²)	0.83	1.66	2.50	
τ (kg/cm ²)	0.74	1.06	1.42	

COESIONE: 0.4 kg/cm²

ANGOLO DI ATTRITO: 22°

NOTE: campione indisturbato

DATA: 14/03/86

DIRETTORE TECNICO

SPERIMENTATORE

RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA

- Analisi di II livello di approfondimento -

(ai sensi del D.M.17-01-18 e della Deliberazione della Giunta della Regione Emilia-Romagna 21 dicembre 2015, n.2193)

Sasso Marconi (BO), gennaio 2022



INDICE

1. PREMESSA.....	139
2. NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	140
3. INQUADRAMENTO DELL'AREA D'INDAGINE.....	142
4. ANALISI DEI PIANI NORMATIVI SOVRAORDINATI.....	144
5. INDAGINI GEOFISICHE PREGRESSE ESEGUITE AL CONTORNO DEL SITO	146
6. INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE IN SITO.....	148
6.1 PREMESSA	148
6.2 INTRODUZIONE GENERALE	148
6.3 TECNICA MASW: PROCEDURA E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	149
6.4 TECNICA HVSR: PROCEDURA E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	150
7. RISULTATI DELLE INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE IN SITO E MODELLAZIONE SISMICA MEDIANTE APPROCCIO SEMPLIFICATO	151
7.1 MASW/REMI E HVSR.....	151
7.2 MODELLO SISMICO DEL SITO.....	153
7.3 VERIFICA PRELIMINARE DELLA POTENZIALE LIQUEFAZIONE DEI TERRENI GRANULARI SATURI.....	154
7.4 VERIFICA DELLA POTENZIALE LIQUEFAZIONE MEDIANTE METODI INGEGNERISTICI.....	155
8. INDIVIDUAZIONE DEI PRINCIPALI PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI	158
9. CONCLUSIONI.....	163

ALLEGATO

- FOTO ESECUZIONE INDAGINI IN SITO;
- REPORT D'INDAGINE GEOFISICA;
- CERTIFICATI INDAGINI PREGESSE ESEGUITE AL CONTORNO DEL SITO.

1. PREMESSA

Alla luce del modello geologico ricavato per il sito si ritiene sufficiente provvedere ad uno studio di II livello di approfondimento in quanto non sono emerse delle criticità nella zona d'indagine.

Con il presente elaborato ci si prefigge di:

- inquadrare l'area d'indagine dal punto di vista della sua storia sismica;
- analizzare i Piani normativi Sovraordinati in merito alla componente sismica locale per verificare se emergano o meno potenziali criticità;
- discutere eventuali indagini geofisiche eseguite al contorno del sito per avere un quadro preliminare della zona;
- riportare i risultati dell'indagine geofisica eseguita;
- ricostruire un modello sismico profondo del sottosuolo;
- assegnare i principali parametri e coefficienti sismici di riferimento.

A seguito dei nuovi valori dei parametri sismici ottenuti si procederà alla verifica della necessità o meno del potenziale liquefazione dei terreni granulari saturi.

Tutte le informazioni suddette risulteranno utili al Progettista, in relazione a quanto prescritto nella Normativa vigente in materia di costruzioni, per la valutazione di una corretta in campo sismico.

2. NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Il presente elaborato è stato redatto in ottemperanza a quanto contenuto nella normativa di seguito riportata:

a) *Normativa nazionale:*

- Decreto Ministeriale 17-01-2018: Testo Unitario – *“Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”*;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: *“Istruzioni per l’applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 147 gennaio 2018. Circolare 21 gennaio 2019, n.7”*;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: *“Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale”*. Allegato al voto n.36 del 27-07-2007;

b) *Normativa regionale:*

- Regione Emilia-Romagna: *“Deliberazione della Giunta Regionale 23/07/2018, n.1164 - Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell’Emilia-Romagna”*;
- Regione Emilia-Romagna: *DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE 21 DICEMBRE 2015, N. 2193 Art. 16 della L.R. n.20 del 24/3/2000. Approvazione aggiornamento dell’atto di coordinamento tecnico denominato “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”, di cui alla deliberazione dell’Assemblea legislativa 2 maggio 2007, n. 11*
- Regione Emilia-Romagna: *“Microzonazione sismica. Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica”*. Versione 2.0 del 14-11-2013. Ordinanza del Commissario delegato per la ricostruzione n.70 del 13 novembre 2012;

c) *Normativa provinciale-comunale:*

- Città Metropolitana di Bologna, *“Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P)”* approvato con Delibera del Consiglio Provinciale n.19 del 30/03/04 ed aggiornato alla Variante in materia di riduzione del rischio sismico con Delibera del Consiglio Provinciale del n°57 del 28/10/2013 e successivo aggiornamento aprile 2017;
- Unioni Valli Reno Lavino Samoggia, Comune di Crespellano – *Piano Strutturale Comunale (P.S.C.), redatto in forma associata – Microzonazione sismica.*

Per ottenere le informazioni sulla storia sismica dell’area d’indagine si è fatto riferimento al *Database macrosismico Italiano 2015 (DBM15)* Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV): M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi (a cura di), 2015.

DBMI11, la versione 2015 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15>, DOI: 10.6092/INGV.IT DBMI15.

Sono stati utilizzati i seguenti *software*:

- il *processing* dei dati è stato utilizzato il software Parametri Sismici GEOSTRU®;
- per la verifica della potenziale liquefazione si è fatto riferimento al programma CLiqv.2.2.0.35 della Geologismiki©, 2006.

Per l'analisi dei dati sismici e la valutazione della potenziale liquefazione dei terreni granulari saturi sono stati utilizzati i seguenti testi scientifici:

- Riga G., 2007 - “*La liquefazione dei terreni. Analisi valutazione e calcolo*”, 180 pp., Dario Flaccovio Editore;
- Dal Moro G., 2012 - “*Onde di superficie in geofisica applicata. Acquisizione e analisi di dati secondo tecniche MASW e HVSR*”, 191 pp., Dario Flaccovio Editore;
- Monaco S.G., 2014 - “*Liquefazione dei terreni. Metodi, criteri e procedure applicabili alla microzonazione sismica*”, 206 pp., EPC Editore;
- Bruschi A., 2014 - “*Liquefazione dei terreni e fenomeni associati. Verifica, calcolo e prevenzione*”, 280pp., Dario Flaccovio Editore.

3. INQUADRAMENTO DELL'AREA D'INDAGINE

Secondo quanto indicato nell'Allegato A della D.G.R. n.1164 del 23/07/2018, il Comune di Valsamoggia ricade all'interno della zona sismica 3 ed è caratterizzato da un valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per $T=0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}), pari a $a_{refg}=0.163$.

In Figura 1 viene individuata l'area di suddetto comune, nella mappa di pericolosità espressa in termini di accelerazione massima al suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ($V_{s,30} > 800$ m/s; cat. A, All. 2, 3.1) allegata all'Ordinanza PCM n.3519 del 28 aprile 2006; in Tabella 3.1 sono riassunte tutte le informazioni riguardanti la pericolosità sismica del Comune di Valsamoggia – Loc. Crespellano.

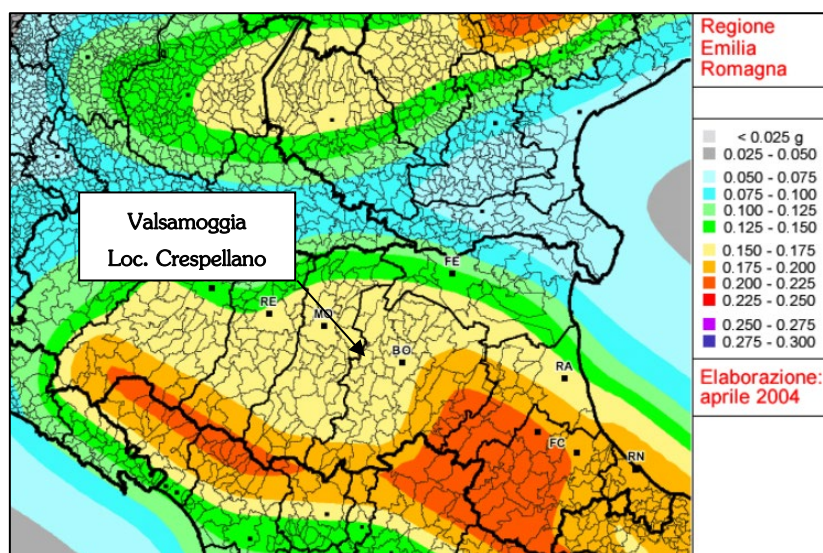


Figura 1 – Mappa di pericolosità sismica di riferimento (Ordinanza PCM del 20 marzo 2003 n.2374 All.1) espressa in termini di accelerazione massima al suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ($V_{s,30} > 800$ m/s; cat. A, All. 2, 3.1) allegata all'Ordinanza PCM n.3519 del 28 aprile 2006. (Fonte: Sito web della Regione Emilia-Romagna).

Tabella 3.1 – Valori di pericolosità sismica validi per la località Valsamoggia.

CODICE ISTAT COMUNE	CLASSIFICAZIONE NAZIONALE ZONE SISMICHE 2004	VALORE DI PERICOLOSITA' SISMICA	VALORE DI ACCELERAZIONE MASSIMA RIZZONTALE DI PICCO PER $T=0$
37061	Zona 3 – bassa pericolosità	$0.150 < a_g < 0.175$	0.163g

Il Database delle Osservazioni Macrosismiche dei terremoti Italiani (DBMI15), compilato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), per il Comune di Valsamoggia considera una storia sismica di n.17 eventi sismici dal 1929 al 2003 con valori di Magnitudo M_w compresi tra 3.89÷5.86, come mostrato in Tabella 3.2 ed in Figura 2.

Tabella 3.2 – Storia sismica del Comune di Valsamoggia – Loc. Crespellano (Fonte: DBMI15-INGV).

Is	ANNO MESE GIOR ORA	AREA EPICENTRALE	Np	Io	Mw
4-5	1929 04 10 05 44	Bolognese	87	6	5,05
6	1929 04 19 04 16	Bolognese	82	6-7	5,13

Is	ANNO MESE GIOR ORA	AREA EPICENTRALE	Np	Io	Mw
5-6	1929 04 19 22 40	Bolognese	12	5-6	4,54
7	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5,36
5-6	1929 04 22 08 26	Bolognese	41	6-7	5,1
5-6	1929 04 28 19 40	Bolognese	20	6	4,73
5-6	1929 04 29 18 36	Bolognese	45	6	5,2
6	1929 05 11 19 23	Bolognese	64	6-7	5,29
4	1929 08 17 04 25	Bolognese	10	4-5	3,89
4	1951 05 15 22 54	Lodigiano	179	6-7	5,17
NF	1967 04 03 16 36 18.00	Reggiano	45	5	4,44
4	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	850	6-7	5,04
NF	1986 12 06 17 07 19.77	Ferrarese	604	6	4,43
4	1992 04 17 11 59 07.29	Appennino bolognese	56	4-5	4,11
NF	2000 06 18 07 42 07.68	Pianura emiliana	304	5-6	4,4
NF	2002 06 19 22 11 15.57	Frignano	52	3	4,03
4-5	2003 09 14 21 42 53.18	Appennino bolognese	133	6	5,24

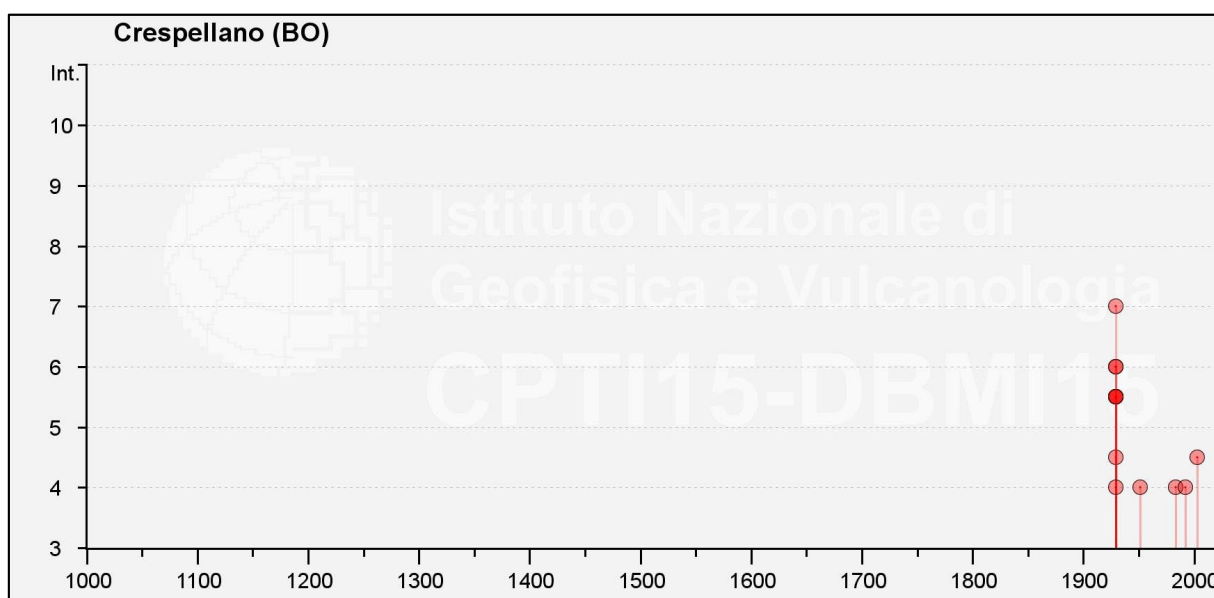


Figura 2 – Storia sismica del Comune di Valsamoggia– Loc. Crespellano (Fonte: DBMI15-INGV).

4. ANALISI DEI PIANI NORMATIVI SOVRAORDINATI

Relativamente agli studi sulle caratteristiche sismiche locali, i Piani Normativi Sovraordinati riportati nel Capitolo 2 hanno restituito quanto segue.

Per quanto concerne il *Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.)*, la Tavola 2C Foglio II alla scala 1:25.000 denominata “*Carta delle aree suscettibili di effetti locali*” fa ricadere l’area d’indagine nella zona A “Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche” (Figura 3).

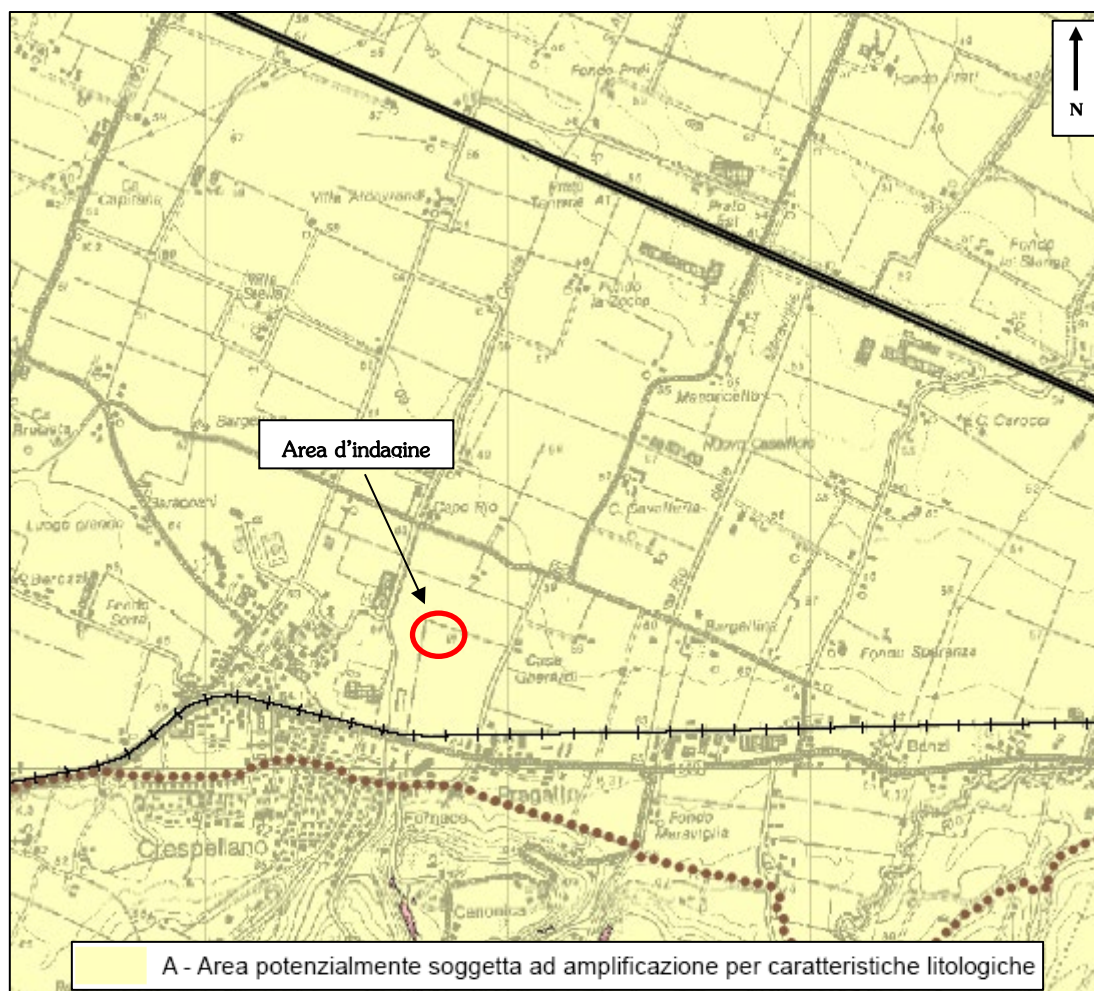


Figura 3 – Stralcio della *Carta delle aree suscettibili di effetti locali*, scala originale 1:25.000 (Fonte: Città Metropolitana di Bologna, Tavola 2C Foglio II).

Per quanto riguarda il P.S.C. dell’Unione dei Comuni Reno-Lavino-Samoggia, la cartografia relativa alla Microzonazione sismica locale ha restituito le seguenti informazioni:

- *Carta delle frequenze naturali del terreno, scala 1:7.000.* Le misure effettuate al contorno del sito d’indagine hanno restituito una classe di frequenza di possibile amplificazione/risonanza con $f_0 > 3.5\text{Hz}$ ed un rapporto $H/V < 3$ moderato, per contrasto di impedenza base-copertura;

- *Carta delle aree suscettibili di effetti locali, scala 1:5.000.* Tutto l'abitato di Crespellano compresa l'area oggetto del presente lavoro ricadono nella "Zona 1" avente le seguenti caratteristiche generali:

- Coperture alluvionali recenti (AES8) sovrastanti *bedrock* non rigido (IMO2);
- Morfologia: piana;
- Spessore coperture: $H=10$ m (alluvioni fini);
- $V_{sH}=250$ m/s;
- Effetti attesi: amplificazione del moto sismico.

Per tale zona è sufficiente un approfondimento sismico di livello 2 ed è l'equivalente dell'area A del PTCP classificata "Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche", sopra discussa;

- *Carte di microzonazione sismica di livello 2, scala 1:5.000.* L'area d'indagine ricade nelle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali in aree caratterizzate da:

- F_a (PGA)=1.9-2.0, con valore di 2.0;
- F_a (SI $0.1s < T_0 < 0.5s$) = 1.9 - 2.0, con valore di 2.0;
- F_a (SI $0.5s < T_0 < 1s$) = 1.5 - 1.6, con valore di 1.5;

- *Carta delle velocità delle onde S, scala 1:7.000.* Le misure MASW e REMI effettuate al contorno del sito in oggetto hanno restituito rispettivamente valori pari a $V_{s15}=229$ m/s e $V_{s11}=254$ m/s con profondità del *pseudo-bedrock* a rispettivamente pari a 15m e 11m (Figura 4).

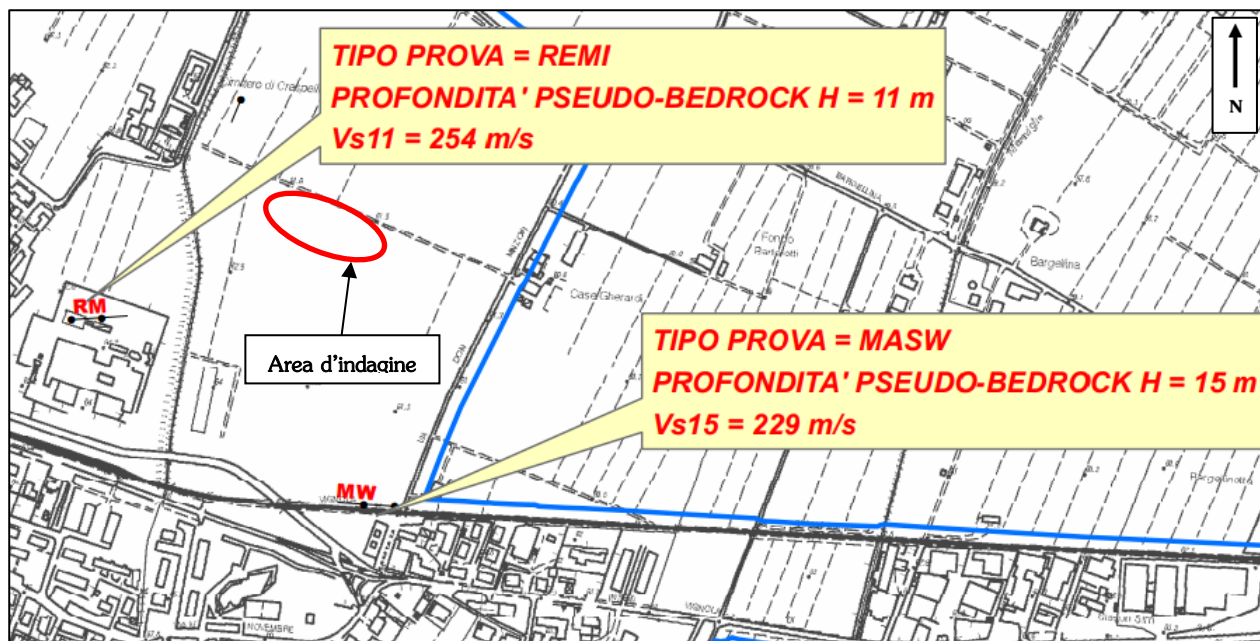


Figura 4 – Stralcio della Carta delle velocità delle onde S, scala originale 1:7.000, ingrandimento 1.5x (Fonte: Unione dei Comuni Reno-Lavino-Samoggia, Microzonazione sismica del Comune di Crespellano, ottobre 2013).

5. INDAGINI GEOFISICHE PREGRESSE ESEGUITE AL CONTORNO DEL SITO

Oltre alle indagini riportate nella cartografia della Microzonazione sismica di Crespellano discusse nel Capitolo 4, al contorno dell'area d'indagine sono state eseguite anche le seguenti prove la cui ubicazione è riportata in Figura 5:

- N.1 stendimento MASW (ID RER 220060J003) eseguita nel gennaio 2012 lungo la via Rio di Crespellano nei pressi del cimitero;
- N.1 misura HVSR (ID RER 220060R054) eseguita nel maggio 2013 ad ovest dell'area d'indagine lungo via Don Minzoni.

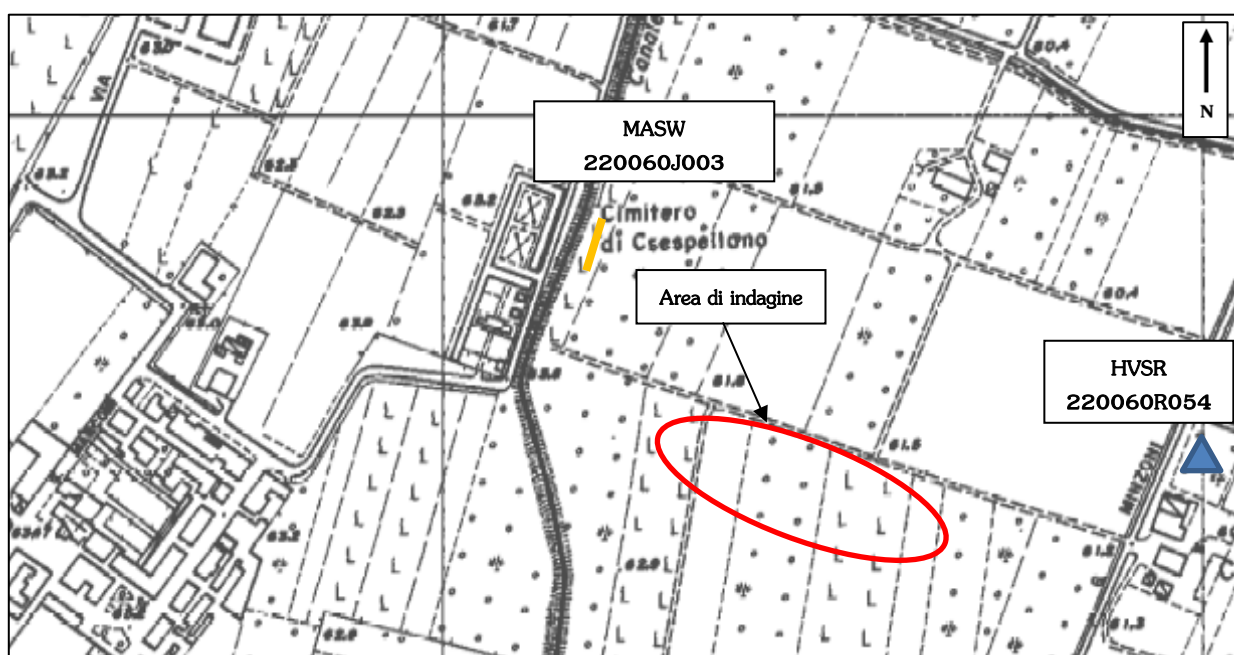


Figura 5 – Ubicazione indagini al contorno, non in scala, con identificativi delle prove descritte nel presente elaborato (Fonte: Regione Emilia-Romagna. Servizio Geologico Sismico e dei Suoli, Database on-line, mod.).

Lo stendimento MASW ha restituito un valore della velocità media ponderata delle onde di taglio S nei primi 30m da p.c. pari a $V_{s,30}=292\text{m/s}$, con un modello sismico locale costituito da n.5 sismostrati più il semispazio infinito come riportato in Tabella 5.1.

Tabella 5.1 – Sismostrati individuati dall'indagine geofisica attiva MASW, relativi spessori e velocità media ponderata delle onde di taglio S.

N. SISMOSTRATO	PROFONDITA' ALLA BASE DELLO STRATO (m da p.c.)	SPESSORE (m)	V_s (m/s)
1	3.50	3.50	150
2	7.50	4.00	200
3	27.50	20.00	370
4	62.50	35.00	480
5	132.50	70.00	400
-	Inf.	Inf.	750

Poiché suddetta indagine geofisica è stata eseguita vicino al sondaggio a carotaggio continuo 1 (ID RER 220060P415)

discusso nel Capitolo 5 della Relazione Geologica, si può ipotizzare che:

- i primi tre sismostrati per una profondità complessiva di 27.50m da p.c. e con velocità delle onde di taglio S comprese tra 150-370m/s si riferiscano alle alternanze tra sabbie limose e limi sabbiosi con argille limose/limi argillosi;
- l'aumento repentino della velocità delle onde di taglio S a 480m/s, registrato a circa 27.50m, sia riferibile alle ghiaie medie e grossolane in matrice sabbiosa rinvenute nel sondaggio a partire da 28.30m da p.c.

La misura HVSR ha restituito un debole contrasto d'impedenza per risonanza stratigrafica nel *range* compreso tra 3-10Hz, con picco compreso tra 8-9Hz.

I certificati delle prova sopra discusse sono riportate in Allegato.

6. INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE IN SITO

6.1 PREMESSA

Al fine di ricostruire un modello sismico dell'area oggetto del presente lavoro, nel luglio 2020 nella zona della lottizzazione adiacente alla strada in progetto sono state eseguite le seguenti indagini in sito, di tipo sismico:

- *n°1 indagine geofisica di tipo attivo mediante l'esecuzione di n°1 stendimento MASW-REMI lungo circa 36m;*
- *n°1 indagine geofisica di tipo passivo tramite misure HVSR.*

Nei successivi paragrafi si discutono nel dettaglio le modalità esecutive delle indagini geofisiche eseguite in sito. Le ubicazioni di suddette prove rispetto all'interno dell'area in oggetto sono riportate in Figura 8 della Relazione Geologica a cui si rimanda; le foto di esecuzione delle medesime ed il *report* d'indagine geofisica sono invece riportati nell'Allegato del presente lavoro.

6.2 INTRODUZIONE GENERALE

La tecnica MASW venne introdotta per la prima volta nell'ambito della comunità geofisica e geotecnica agli inizi del 1999.

La *Multichannel Analysis of Surface Waves* è un metodo sismico mediante il quale è possibile costruire un profilo di velocità delle onde di taglio (V_s) in relazione alla profondità (V_s -profondità), attraverso l'analisi delle onde superficiali tipo Rayleigh (onde R).

Tale tecnica permette quindi di ottemperare a quanto previsto nel D.M. 17-01-18 "Norme Tecniche per le Costruzioni", secondo il quale i terreni, su cui devono essere eseguite opere edili di una certa rilevanza, devono essere classificati sulla base del parametro $V_{s,30}$; esistono diversi tipi di onde superficiali, oltre alle già citate onde di Rayleigh (P+S), si conoscono le onde di Love (S_h) e le onde di Lamb.

Le onde di Rayleigh rappresentano la componente principale delle onde superficiali e sono generate dall'interazione tra onde di compressione (o di volume) P e onde di taglio verticali S_v ogniqualvolta si è in presenza di una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo; le onde R si propagano alla superficie libera con un moto ellittico retrogrado (moto antiorario) che si inverte alla profondità di $l/2p$ (dove l è la lunghezza d'onda); l'ampiezza di tale spostamento decresce secondo una legge esponenziale, pertanto diviene rapidamente trascurabile con la profondità.

L'utilizzo delle onde superficiali di tipo Rayleigh per la costruzione di un profilo di velocità delle onde di taglio V_s è giustificato da una serie di fattori

- la percentuale di energia convertita in onde R è nettamente predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione di onde P (7%) e onde S (26%);
- il metodo d'analisi basato sulle onde R non è limitato, al contrario del metodo basato sulla rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità;
- una buona risoluzione, a differenza della tecnica a riflessione;

- la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p (velocità delle onde di compressione P) e dalla densità del mezzo, è funzione innanzitutto della V_s che rappresenta appunto il parametro fondamentale per la caratterizzazione geotecnica di un sito;
- la tecnica in questione è inoltre particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti ed ambienti rumorosi.

Tenuto conto dei fattori sopraelencati, l'elemento fondamentale che permette l'impiego di tecniche basate sulle onde superficiali, in questo caso la tecnica MASW e le onde Rayleigh, è una caratteristica chiamata dispersione.

La dispersione è una proprietà delle onde superficiali che consiste nella deformazione di un treno d'onde dovuta alla variazione di velocità di propagazione al variare della frequenza; per le onde R questa variazione si manifesta solo all'interno di un mezzo stratificato.

In altre parole, ipotizzando una variazione di densità del terreno in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale si propaga con una differente velocità (velocità di fase), e quindi con una diversa lunghezza d'onda; questa proprietà si chiama appunto dispersione. La velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda l (e quindi per una certa frequenza n) è influenzata dalle proprietà che il mezzo possiede fino ad una profondità di $l/2$ (anche se recenti studi hanno posto questo limite a $l/2.5$); inoltre, la velocità delle onde R (V_r) è pari a circa il 90% della velocità delle onde di taglio (V_s).

Secondo quanto detto appare chiaro come la costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio V , ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh, sia una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

6.3 TECNICA MASW: PROCEDURA E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

La procedura MASW si può sintetizzare in tre stadi successivi e distinti:

- acquisizione delle onde superficiali (*ground roll*);
- costruzione della curva di dispersione: grafico velocità di fase V_r -frequenza n ;
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale della V_s .

La prima fase viene effettuata direttamente in campagna generando un treno di onde superficiali mediante l'utilizzo di una sorgente sismica attiva, quale generalmente una mazza battente, e uno stendimento lineare di geofoni ricevitori.

L'indagine svolta nel presente lavoro è stata condotta utilizzando la strumentazione DOLANG JEA 24; la geometria dello stendimento utilizzato è sintetizzata in Tabella 6.1.

Tabella 6.1 - Specifiche geometriche dello stendimento sismico mediante tecnica MASW eseguito presso l'area d'indagine.

ID STENDIMENTO	LUNGHEZZA	PASSO INTERGEOFONICO	N. DI GEOFONI IMPIEGATI	FREQUENZA DICAMPIONAMENTO
MASW	36.00	3.00	12	4000Hz

Mediante il *software* si procede alla lettura dei dati acquisiti (*common-shot gather*) e al calcolo dello spettro nel dominio-frequenza numero d'onda, spettro f - k , da cui è possibile estrarre la curva di dispersione apparente sperimentale mediante una

doppia trasformata di Fourier applicata al campo di moto misurato nel dominio spazio-tempo; l'ultimo passo da affrontare è l'inversione della curva di dispersione precedentemente costruita.

Questa operazione viene effettuata grazie all'utilizzo di una potente tecnica di ottimizzazione basata su algoritmi genetici; il risultato finale è quello di ottenere il profilo verticale della velocità delle onde di taglio Vs; in Tabella 6.2 vengono riassunte le caratteristiche di acquisizione per il metodo di MASW attiva.

Tabella 6.2 - Specifiche tecniche della strumentazione utilizzata e parametri di acquisizione per la MASW.

MODELLO SISMOGRAFO	RISOLUZIONE	N.CANALI	SORGENTE	FREQUENZE GEOFONI	TIPOLOGIA GEOFONI	VELOCITA' DI CAMPIONAMENTO
Dolang	24BIT	24	Mazza da 10kg	4.5Hz	verticali	0.25ms

6.4 TECNICA HVSR: PROCEDURA E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Il metodo *HVSR* (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) proposto da Nogoshi e Igarashi (1970) e successivamente modificato da Nakamura (1989), si basa sull'analisi del rapporto spettrale tra le componenti orizzontale (H) e verticale (V) del rumore sismico registrato in un sito.

Il rumore sismico, presente ovunque e generato sia da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) sia dall'attività antropica, è indicato spesso come microtremore poiché è caratterizzato da oscillazioni molto deboli (dell'ordine dei $\mu\text{m/s}$).

I microtremori sono in parte costituiti da onde di volume, P o S, ma soprattutto da onde superficiali, la cui velocità è comunque prossima a quella delle onde S (Mulargia *et al.*, 2007); la tecnica di misura del rumore sismico richiede tempi di registrazione pari a 12-20 minuti e necessita di sensori tridirezionali da sismologia con messa in bolla, digitalizzatore 24 bit con notevole dinamica, elevato guadagno ed alta frequenza di campionamento nativo, con minimizzazione del rumore elettro/meccanico.

L'acquisizione è stata eseguita utilizzando un tromografo digitale, "TROMINO ENGY®" (Micromed S.p.A.) dotato di 3 canali velocimetrici (N-S, E-W, Up-Down) ad alto guadagno per l'acquisizione del microtremore sismico ambientale (fino a $\sim 1.5 \text{ mm/s}$); il sistema opera nell'intervallo di frequenze $0.1 \div 1024 \text{ Hz}$.

L'elaborazione dei dati di rumore sismico acquisiti è avvenuta mediante software *Grilla®*; in Tabella 6.3 vengono riassunte le caratteristiche tecniche della misura mediante tromografo digitale eseguita in sito,

Tabella 6.3 - Specifiche delle misure effettuate in sito mediante tromografo digitale.

ID PROVA	MODELLO TROMOGRAFO	CANALI VELOCIMETRICI	SORGENTE	FREQUENZA DI CAMPIONAMENTO	LUNGHEZZA DI REGISTRAZIONE	LUNGHEZZA FINESTRE DI ANALISI
T1	Tromino Engy®	N-S; E-W; UP-DOWN	Rumore ambientale	128Hz	15min	20sec

7. RISULTATI DELLE INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE IN SITO E MODELLAZIONE SISMICA MEDIANTE APPROCCIO SEMPLIFICATO

7.1 MASW/REMI E HVSR

In generale nei primi 30 m da p.c., l'elaborazione dei dati ottenuti dallo stendimento MASW e dalla misura HVSR ha evidenziato come i terreni presenti in sito siano caratterizzati da valori di velocità delle onde S (V_s) tipiche di litologie con consistenza da media ad elevata, il cui modo fondamentale risulta essere quello riportato in Figura 6.

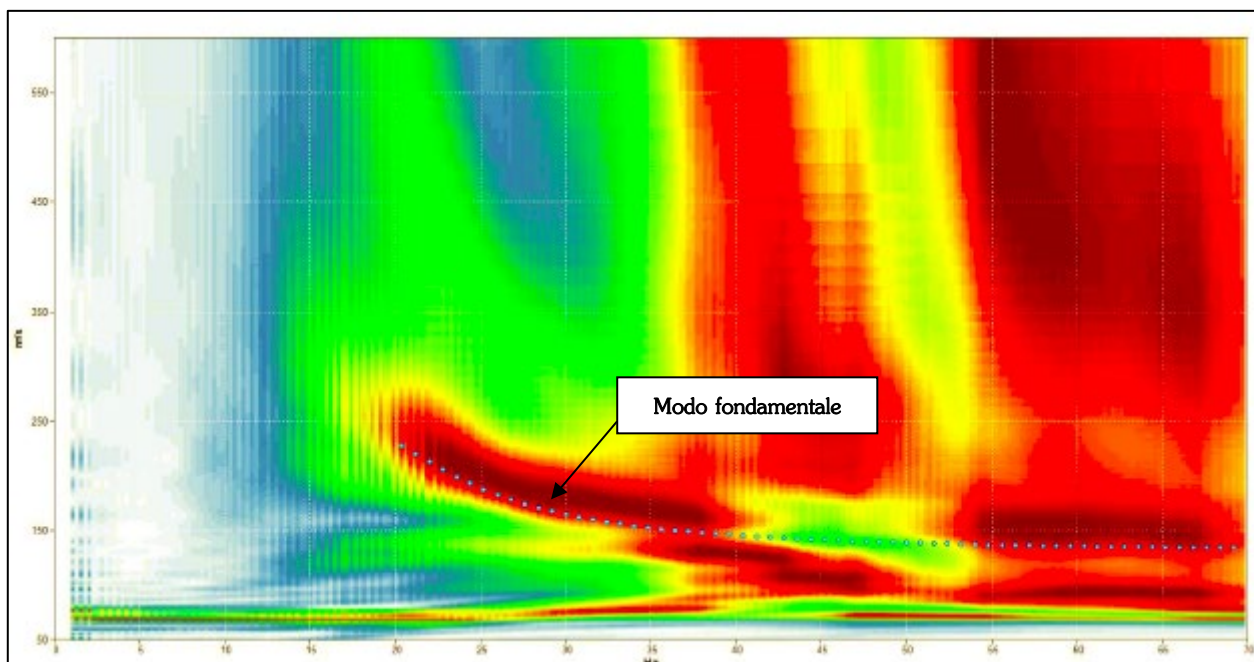


Figura 6 - Spettro di velocità di fase dell'onda di Rayleigh per il profilo sismico eseguito in array con tecnica MASW. In blu è riportato il modo fondamentale della curva di dispersione teorica.

In particolare l'indagine MASW ha permesso di ricostruire la presenza di n°7 sismostrati, più il semispazio infinito, come riportato in Tabella 7.1.

L'andamento della velocità delle onde di taglio con la profondità come modello medio al di sotto del profilo effettuato è riportato invece in Figura 7.

Tabella 7.1 - Sismostrati individuati dall'indagine geofisica attiva MASW, relativi spessori e velocità media ponderata delle onde di taglio S.

N. SISMOSTRATO	PROFONDITA' ALLA BASE DELLO STRATO (m da p.c.)	SPESSORE (m)	V_s (m/s)
1	1.70	1.70	140
2	3.30	1.60	185
3	5.30	2.00	300
4	14.30	9.00	330
5	34.30	20.00	540
6	74.30	40.00	640
7	154.30	80.00	550
-	Inf.	Inf.	1100

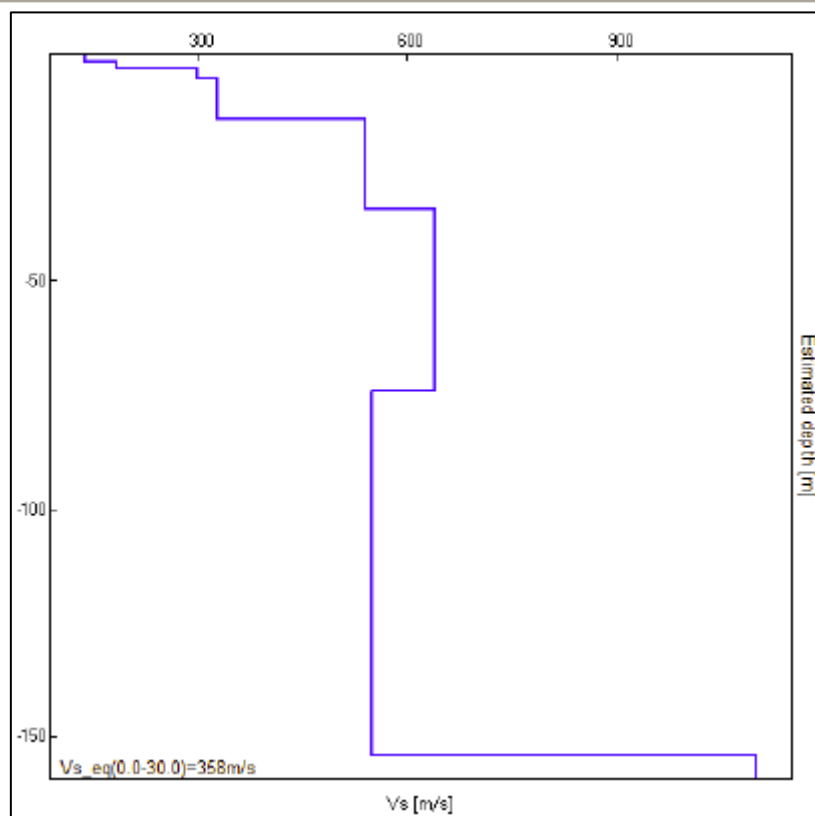


Figura 7 - Andamento delle velocità delle onde di taglio S con la profondità (modello medio sotto il profilo effettuato).

Secondo quanto riportato nell'aggiornamento delle NTC, la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

- h_i : spessore dell' i -esimo strato;
- $V_{S,i}$: velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;
- N : numero di strati;
- H : profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a **800m/s**.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a **30 m**, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30m$ nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Nel caso in questione si ritiene di dover procedere come riportato nel capoverso precedente in quanto si può considerare come pseudo-*bedrock* posto alla profondità di base di circa **74m** da p.c. e con una velocità media delle onde di taglio S pari a **640m/s**; pertanto risulta che **$V_{S,eq}(0.00-30.0m)=358m/s$** .

Per la Tabella 3.2.II del suddetto Decreto, un tale valore di $V_{s,30}$ classifica il sottosuolo dell'area d'indagine nella **Categoria C**; l'incertezza sul valore calcolato di $V_{s,30}$ è dell'ordine del 20% (cfr. Mulargia e Castellaro, 2009, *Seism. Res. Lett.*, **80**, 985-989). La Categoria di sottosuolo C è caratterizzata da *“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30m caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180m/s e 360m/s”*.

La curva HVSR, ottenuta sperimentalmente e riportata in Figura 8 è caratterizzata da modeste amplificazioni locali del moto del suolo in tutto il range analizzato, con un massimo H/V che è stato registrato a circa 5 Hz.

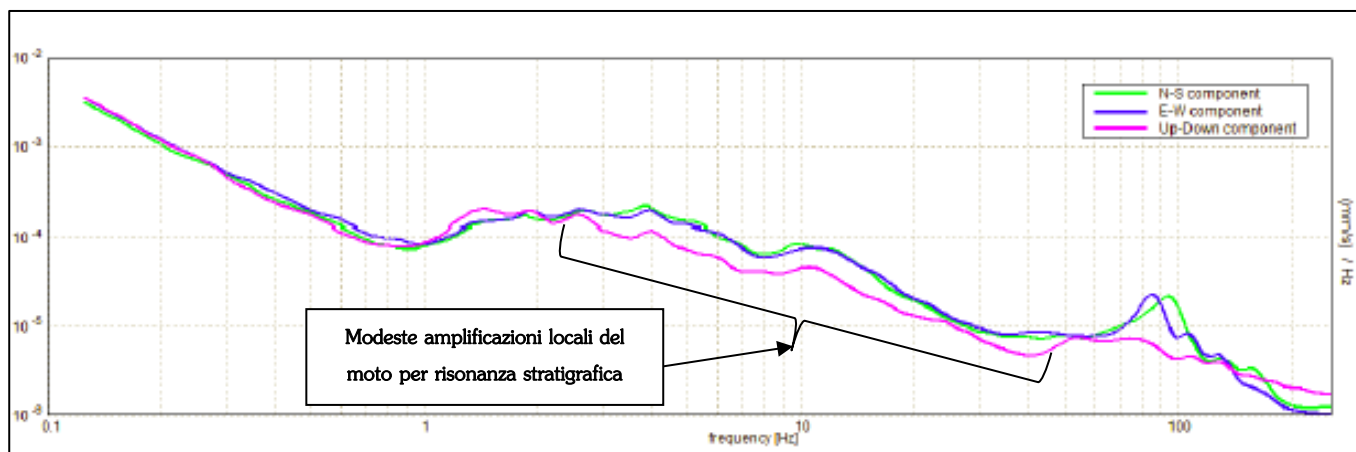


Figura 8 - Spettri delle 3 componenti del moto in velocità registrate in sito per l'indagine HVSR eseguita.

7.2 MODELLO SISMICO DEL SITO

La spezzata delle V_s con la profondità ha un andamento “a gradini discendenti”, oltre che indice di graduale aumento, per ogni sismostrato individuato, della velocità delle onde di taglio V_s , è anche indice di miglioramento delle proprietà geofisiche e fisico-meccaniche dei terreni attraversati.

Correlando le indagini geofisiche con quelle geologiche eseguite nell'area d'indagine si può asserire quanto segue:

- i primi 3m circa, caratterizzati da velocità media delle onde di taglio inferiori a 200m/s, sono attribuibili alle litologie superficiali limoso sabbiose e/o limoso argillose poco addensate o consistenti che si alternano nella prima porzione di sottosuolo;
- il successivo sismostrato fino a circa 14m da p.c., caratterizzato da velocità media delle onde di taglio attorno ai 300m/s, è riferibile alle suddette litologie probabilmente più addensate o consistenti;
- il netto aumento di velocità delle onde di taglio a partire da 14m da p.c. che restituisce un valore pari a 540m/s e si protrae fino a circa 34m da p.c. è sicuramente da attribuire alle ghiaie rinvenute nel sondaggio eseguito al contorno del sito fino a 30m da p.c. e a quelle rinvenute nel sondaggio S1 effettuato all'interno dell'area d'indagine e spinto fino a 20m da p.c.

Dal punto di vista geomorfologico il sito in oggetto ricade nell'ambiente di alta pianura, caratterizzata da modeste acclività con inclinazione $i > 15^\circ$ e pertanto ricade nella Categoria Topografia T1; si ritiene pertanto che fenomeni di amplificazione topografica non si possano verificare.

7.3 VERIFICA PRELIMINARE DELLA POTENZIALE LIQUEFAZIONE DEI TERRENI GRANULARI SATURI

Il Paragrafo 7.11.3.4.2 del D.M.17-01-18 asserisce che la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di *free-field*, campo libero) minori di 0,1g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15m dal piano campagna;
4. depositi di sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{clN} > 180$;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate in Figura 9, nel caso di terreni con coefficienti di Uniformità $U_c < 3.5$, ed in Figura 10 nel caso di terreni con coefficiente di Uniformità $U_c > 3.5$.

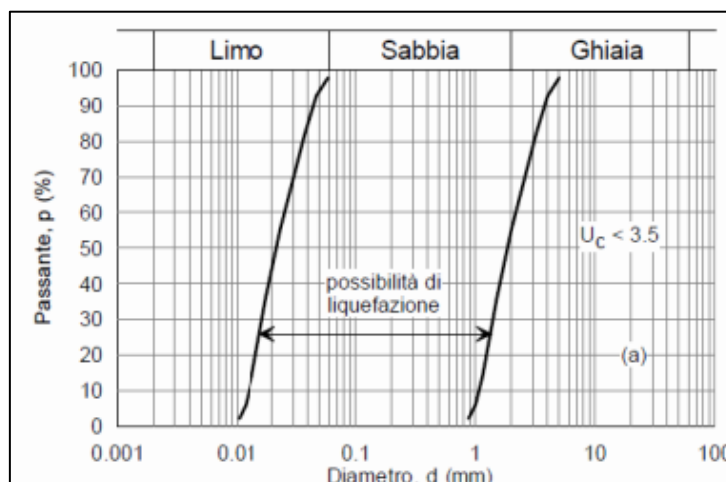


Figura 9 - Fuso granulometrico con possibilità di liquefazione per coefficiente di Uniformità $U_c < 3.5$ (Fonte: Figura 7.11.1(a) del D.M. 17-01-18.)

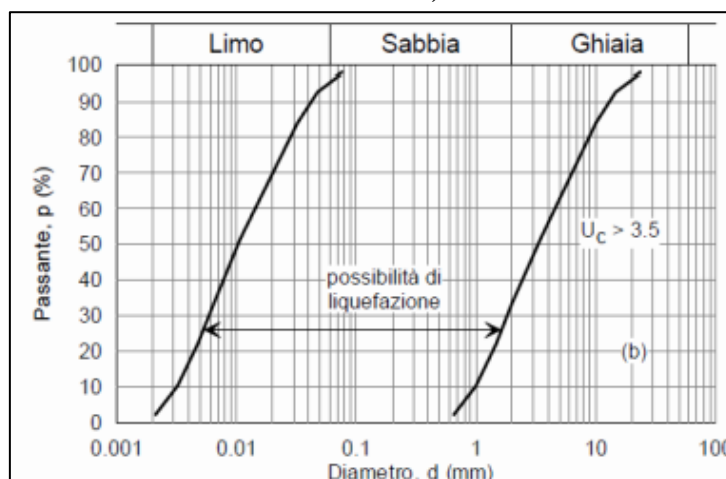


Figura 10 - Fuso granulometrico con possibilità di liquefazione per coefficiente di Uniformità $U_c > 3.5$ (Fonte: Figura 7.11.1(b) del D.M. 17-01-18.)

Qualora non risultino soddisfatte le condizioni 1 e 2, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 3, 4 e 5.

Infine qualora nessuno dei punti 1-5 sopra riportati risulti soddisfatto ed il terreno di fondazione comprenda estesi strati o lenti spessi di sabbia sciolta sotto falda occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

Tale verifica può essere effettuata con metodologie di tipo storico empirico, in cui il coefficiente di sicurezza viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto.

In merito al punto 1, il *Database* delle Osservazioni Macrosismiche dei terremoti Italiani (DBMI15) compilato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), restituisce una storia sismica per il Comune di Valsamoggia, Loc. Crespellano, tra il 1923 ed il 2003 con valori di Magnitudo M_w compresi tra $3.89 \div 5.86$ (si veda la Tabella 3.2 del Capitolo 3 della presente Relazione); in base a tali valori il primo punto non è verificato.

Il Comune di Valsamoggia è caratterizzato da una pericolosità sismica di base con valore di accelerazione compresa tra $0.150 < a_g < 0.175$, con valore $a_g = 0.163$ e pertanto nemmeno il secondo punto è stato soddisfatto.

In merito alla falda dell'area d'indagine i rilievi effettuati all'interno delle prove CPTu, alcune hanno restituito valori attorno ai 2-3m da p.c. altre non hanno dato informazioni; il sondaggio a carotaggio continuo ha invece restituito una soggiacenza di circa 14m da p.c.

Si tratta pertanto di due livelli differenti afferenti a falde diverse; in particolare il più superficiale è riferibile ad una circolazione idrica nei limi sabbiosi o nelle sabbie limose rinvenute nei primi metri; il secondo invece più profondo è attribuibile ad una vera propria falda con livello presente durante tutto l'anno idrologico ed alimentata da monte, il cui serbatoio è costituito dalle ghiaie sabbiose riscontrate dal sondaggio.

Pertanto si ritiene la falda profonda quella effettivamente di riferimento locale, mentre quella superficiale intermittente con possibile sviluppo limitato lateralmente e legata alla stagionalità delle piogge.

Tuttavia visto che la cartografia idrogeologica del PSC riporta una soggiacenza pari a circa 8-9m da p.c., dato che sono stati rilevati nelle indagini in sito livelli più o meno sabbiosi saturi o parzialmente saturi a varie profondità, a scopo cautelativo viene considerata una soggiacenza pari a 3m da p.c.

Dato che nessuna delle condizioni sopra riportate nel D.M. 17-01-18 è pienamente soddisfatta, si procederà a verificare il potenziale di liquefazione mediante metodi ingegneristici utilizzando i dati delle CPTu eseguite in sito.

7.4 VERIFICA DELLA POTENZIALE LIQUEFAZIONE MEDIANTE METODI INGEGNERISTICI

Per determinare l'Indice di Potenziale Liquefazione (*LPI – Liquefaction Potential Index*) dell'area in oggetto è stato ci si è avvalsi del software *CLiq v.1.7.6.49* utilizzando il metodo di Idriss & Boulanger 2014, che risulta essere il più cautelativo, inserendo i seguenti parametri:

- soggiacenza della falda: $z=3.00\text{m}$ da p.c.;
- magnitudo del terremoto di riferimento: $M=6.14$, come definita dalla zona sismogenetica 913 in cui ricade il territorio in oggetto secondo la suddivisione fatta dall'INGV;
- accelerazione di picco al suolo: $PGA=0.24g$, definita tramite l'accelerazione di base pari a $a_g=0.163g$ moltiplicata per il coefficiente di amplificazione del sottosuolo di Categoria C;
- Fattore di sicurezza di riferimento: $F_s=1$.

Suddetti parametri sono stati applicati a tutte e sei le prove CPTu eseguite al fine di avere più informazioni e dati da poter confrontare.

Come riportato graficamente nella Figura 11, i valori dell'indice di potenziale di liquefazione LPI ricavato per tutte le CPTu eseguite i valori di LPI sono compresi tra 0.00 per CPTu4 e 1.526 per CPTu3, e riassunti in Tabella 7.2; risulta pertanto un rischio basso per tutte le indagini analizzate.

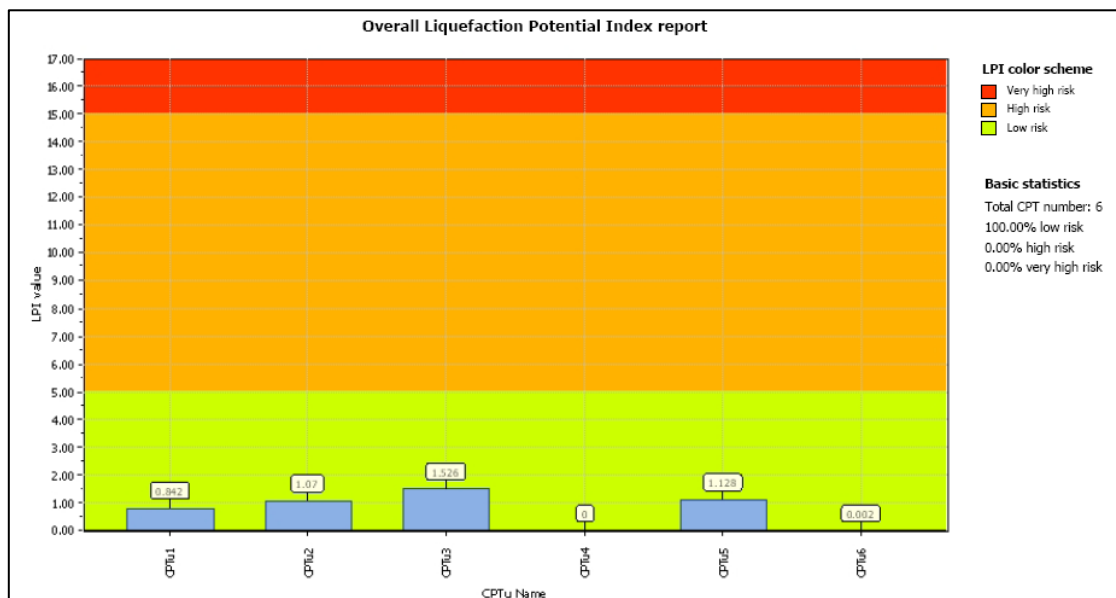


Figura 11 – Esiti a confronto dell'Indice di Potenziale Liquefazione calcolato per tutte le CPTu eseguite nel sito d'indagine (Fonte: software CLiq v.1.7.6.49).

Tabella 7.2 – Sintesi delle verifiche alla potenziale liquefazione dei terreni granulari saturi calcolati lungo tutte le verticali delle CPTu eseguite.

N	ID PROVA	PROFONDITA' RAGGIUNTA (m da p.c.)	INDICE DI POTENZIALE LIQUEFAZIONE (IPL)	RISCHIO DI POTENZIALE LIQUEFAZIONE (Somnez, 2003)
1	CPTu1	15.00	0.842	BASSO
2	CPTu2	13.30	1.07	BASSO
3	CPTu3	15.00	1.526	BASSO
4	CPTu4	14.00	0.00	BASSO
5	CPTu5	15.00	1.128	BASSO
6	CPTu6	13.10	0.002	BASSO

Utilizzando anche gli altri metodi di verifica si ottengono sempre i medesimi risultati, con valori di LPI massimi pari a 1.6 e rischio sempre basso, come riportato in Figura 12.

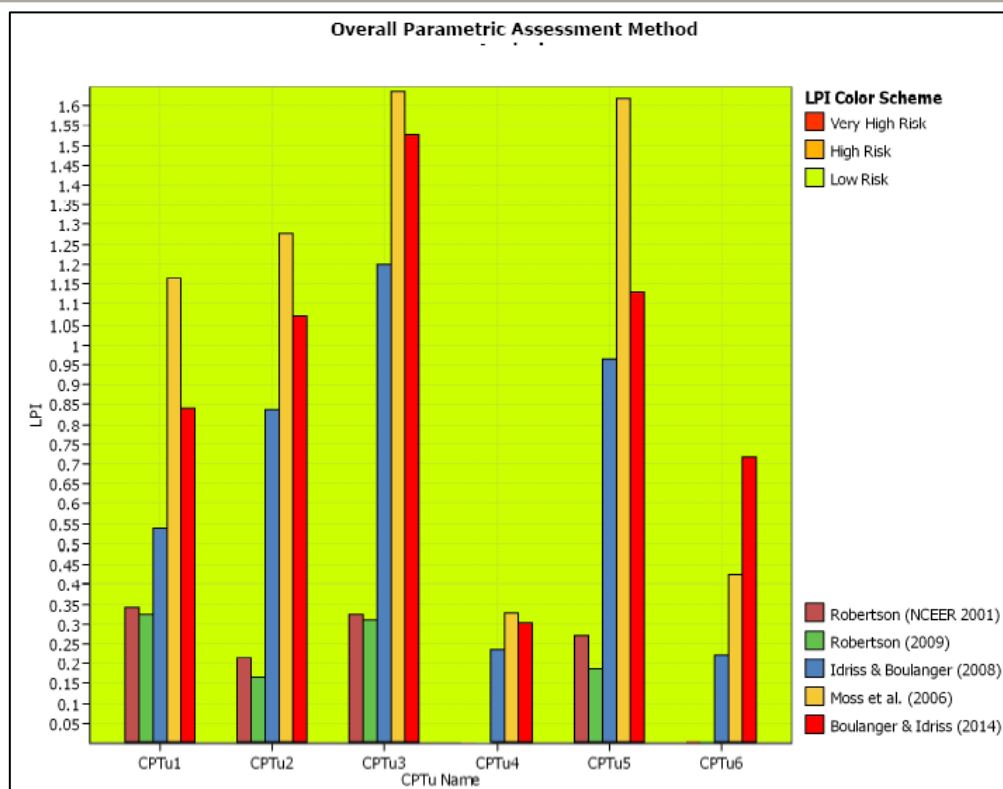


Figura 12 – Confronto dei vari metodi per il calcolo dell'Indice di Potenziale Liquefazione per tutte le CPTu eseguite nel sito d'indagine (Fonte: software CLiq v.1.7.6.49).

Infine come riportato in Figura 13 anche la probabilità di liquefazione varia tra 3.4% per la CPTu4 a 5.956% per la CPTu2, quindi con probabilità di accadimento del fenomeno complessivamente bassa.

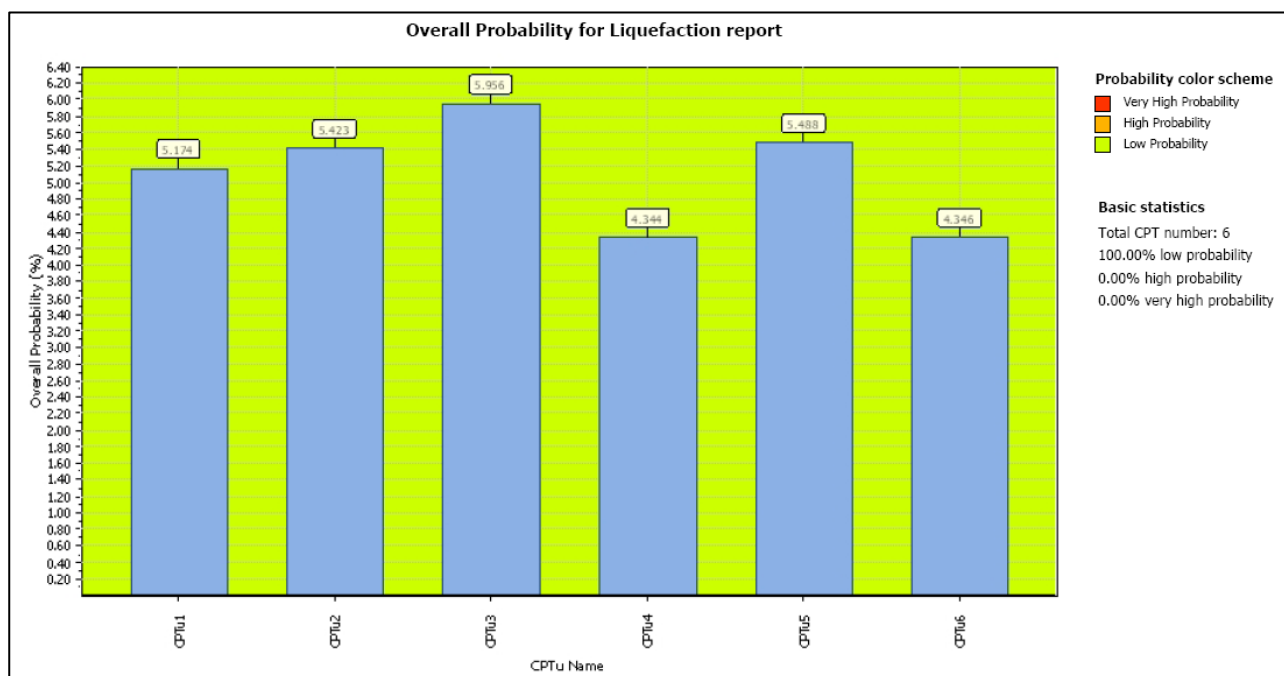


Figura 13 – Confronto tra la probabilità di liquefazione per tutte le CPTu eseguite nel sito d'indagine (Fonte: software CLiq v.1.7.6.49).

In base a quanto sopra discusso ed ai dati ricavati, si ritiene il fenomeno della potenziale liquefazione dei terreni granulari saturi in caso di sisma trascurabile per entità.

8. INDIVIDUAZIONE DEI PRINCIPALI PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI

Si eseguono di seguito le elaborazioni per l'individuazione dei principali parametri e coefficienti sismici dell'area; si sottolinea che *le ipotesi di seguito riportate hanno valore preliminare e la scelta della strategia di progettazione, gli stati limite da considerare ed i parametri sismici di riferimento dovranno essere decisi dal Progettista/Strutturista in base ai risultati dell'indagine geologica e sismica ed alle opere da realizzare.*

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito rigido di riferimento con superficie topografica orizzontale (Categoria di sottosuolo A), nonché di ordinate di spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$ con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R .

Per ciascuna probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} le forme spettrali sono definite a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g : accelerazione orizzontale massima del sito;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* : periodo di inizio del tratto di velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale.

Per poter valutare l'azione sismica del terreno appartenente all'area di indagine è necessario individuare la zona secondo le coordinate longitudine e latitudine allo scopo di poter definire i parametri sismici fondamentali per lo studio e la valutazione delle azioni sismiche di progetto. Il sito d'indagine è individuato dalle seguenti coordinate (ED50):

- Latitudine (°decimali): 44,515237;
- Longitudine (°decimali): 11,136016.

Tale punto ricade all'interno dei quattro nodi del reticolo in cui è suddiviso il territorio italiano riportati in Tabella 8.1 ed in Figura 14, ricavato mediante il *Software Geostru PS®*.

Tabella 8.1 – Codici identificativi e coordinate del reticolo di riferimento comprendenti l'area d'indagine.

N	ID PUNTO	LATITUDINE (°, DECIMALI)	LONGITUDINE (°, DECIMALI)	DISTANZA DAL PUNTO D'INTERESSE (m)
1	16727	44.5110	11.1073	2322.981
2	16728	44.5123	11.1774	3296.366
3	16506	44.5623	11.1755	6099.375
4	16505	44.5609	11.1054	5631.890

In generale le azioni sismiche su una costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento P_{VR} , funzione del tipo di costruzione e dipendente dai coefficienti vita nominale V_N e classe d'uso C_u secondo la seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_u$$

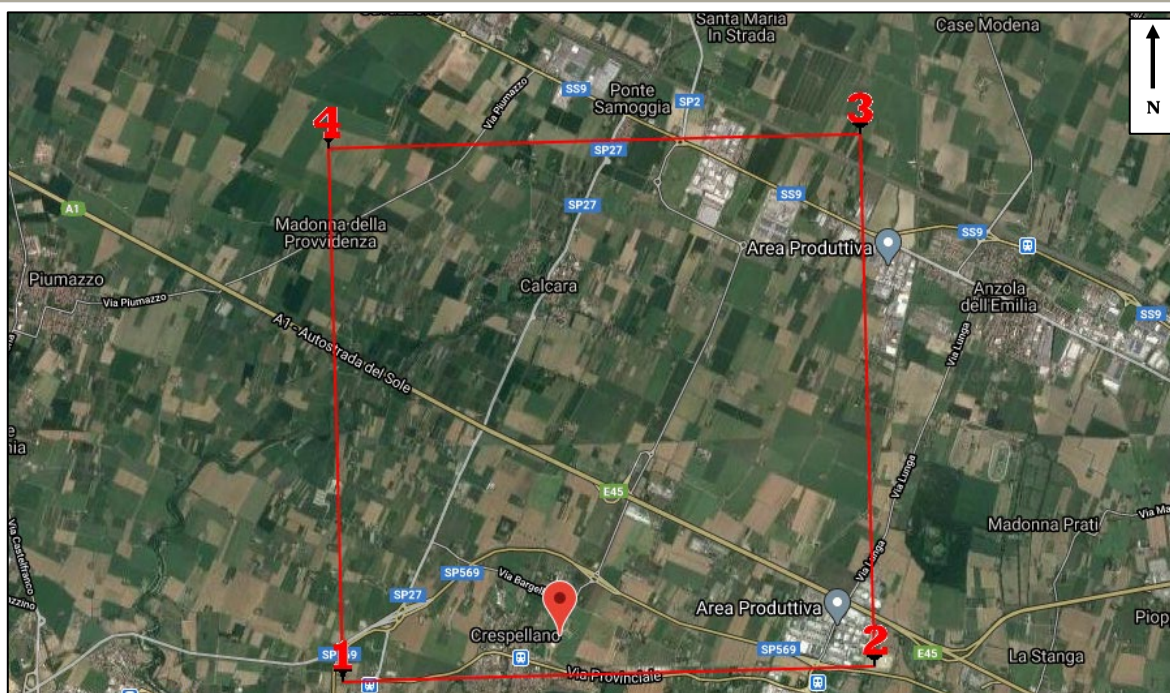


Figura 14 - Individuazione dell'area d'indagine all'interno dei nodi del reticolo di riferimento (Fonte: Geostru PGS® -Google Earth®).

In base a quanto riferito dai progettisti in via preliminare si prevede la realizzazione di edifici ad uso residenziale, e pertanto si considera una classe d'uso II per costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali, come riportato in Tabella 8.2.

Tabella 8.2 - Periodo di riferimento per l'azione sismica per l'area d'indagine in relazione alla struttura in progetto.

COEFFICIENTE	DESCRIZIONE	VALORE
Vinta nominale (V_n)	Opere ordinarie	≥ 50
Classe d'uso	II - Affollamento normale. Assenza di funzioni pubbliche e sociali	-
Coefficiente d'uso (C_L)	-	1
Periodo di riferimento dell'azione sismica per l'opera in oggetto $V_R = V_n \cdot C_L = 50$ anni		

In generale le opere e loro componenti strutturali devono essere progettate, eseguite e collaudate in maniera tale da garantire i livelli di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche.

La sicurezza e le prestazioni di un'opera o parte di essa devono essere valutati in relazione agli Stati Limite, intesi come quella condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata.

Le opere devono pertanto essere progettate possedendo i requisiti di sicurezza nei confronti di tali Stati Limite siano SLU o SLE; il superamento di uno Stato Limite Ultimo (SLU) ha carattere irreversibile, mentre il superamento di uno Stato Limite di Esercizio (SLE) può avere carattere reversibile o irreversibile.

Le due famiglie principali di Stati Limite (SL) sono così definite:

- Stato Limite di Esercizio (SLE):
 1. Stato Limite di salvaguardia della vita (SLV);
 2. Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC).

- Stato limite Ultimo (SLU):
 1. Stato Limite di Operatività (SLO);
 2. Stato Limite di Danno (SLD).

In funzione delle Categoria di sottosuolo (C) e quella topografica (T_1) del sito individuate nel Capitolo 7, si ricavano di seguito i parametri ed i coefficienti sismici di riferimento per ciascun Stato Limite considerato in relazione all'ipotesi progettuale fatta.

L'utilizzo di suddetti parametri nelle formule indicate in Normativa permette la ricostruzione degli spettri di risposta elastica per le componenti orizzontale e verticale; nella Tabella 8.3 vengono riassunti i parametri sismici, mentre in Tabella 8.4 i rispettivi coefficienti sismici.

Tabella 8.3 – Parametri sismici ricavati per ciascun Stato Limite.

STATO LIMITE	PROBABILITA' DI SUPERAMENTO (%)	T_r (anni)	$a_g(g)$	F_0	T_c^* (sec)
SLO	81	30	0.052	2.487	0.257
SLD	63	50	0.064	2.501	0.270
SLV	10	475	0.163	2.372	0.307
SLC	5	975	0.207	2.411	0.315

Tabella 8.4 – Coefficienti sismici ricavati per ciascun Stato Limite.

STATO LIMITE	S_s	C_c	S_T	k_h	k_v	$a_{max}(m/s)$	Beta
SLO	1.500	1.640	1.000	0.016	0.008	0.761	0.200
SLD	1.500	1.620	1.000	0.019	0.010	0.941	0.200
SLV	1.470	1.550	1.000	0.058	0.029	2.352	0.240
SLC	1.400	1.540	1.000	0.081	0.041	2.847	0.280

N.B.:

- a_g : accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale;
- S_s : Coefficiente di amplificazione stratigrafica;
- S_T : Coefficiente di amplificazione Topografica;
- S : coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni stratigrafiche;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* : periodo di inizio del tratto di velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale;
- a_{max} : accelerazione massima;
- k_h : coefficiente sismico orizzontale;
- k_v : coefficiente sismico verticale;
- Beta: coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa.

Si ricorda che per i coefficienti sismici riportati in Tabella 7.4 sono stati ricavati mediante le seguenti relazioni:

- $S = S_s \cdot S_T$;
- $a_{\max} = S \cdot a_g$;
- $k_v = \pm 0.5 k_h$;
- $k_h = \beta_s \cdot (a_{\max} / g)$.

Gli Spettri di risposta elastici in accelerazione nella componente orizzontale per gli Stati limite considerati sono riportati in

Figura 15.

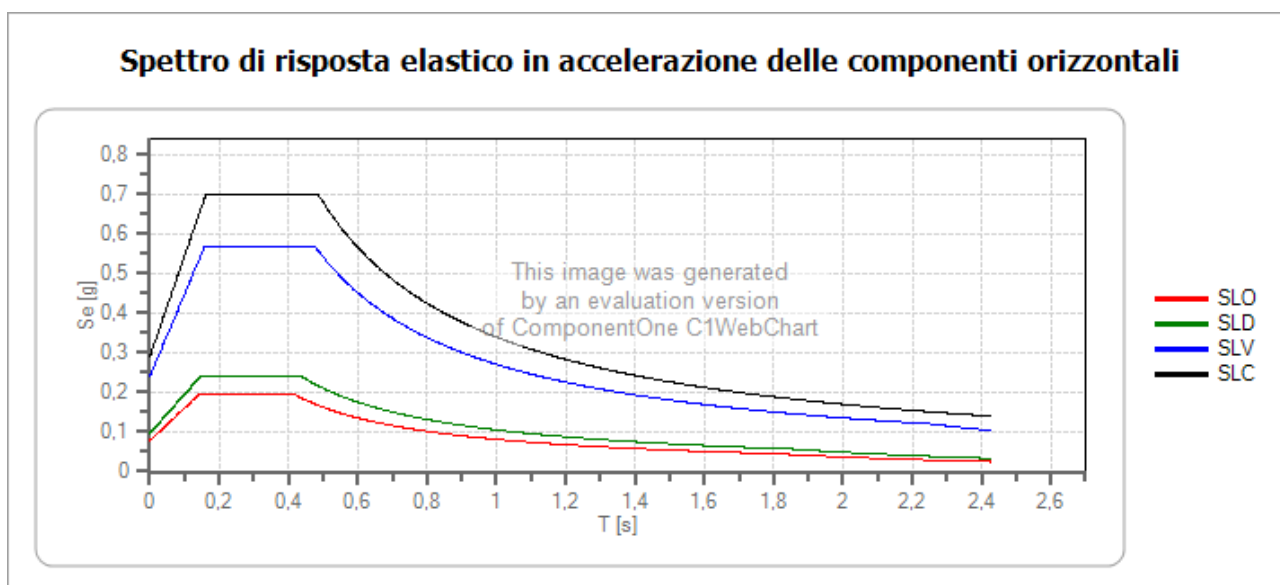


Figura 15 – Spettri di risposta elastica in accelerazione delle componenti orizzontali (Fonte: Geostru PGS®).

Infine per passare dagli Spettri elastici SE di riferimento per tutti gli Stati Limite a quelli di progetto SD sarà necessario modificare tali Spettri con l'introduzione nel *software* Spettri NTC delle seguenti informazioni:

- fattori q e q_0 (informazione a carico del Progettista/Strutturista);
- regolarità della struttura in altezza (informazione a carico del Progettista/Strutturista).

Inoltre una volta noto il/i periodo/i di vibrazione fondamentale T_1 , plottando sull'ascissa tali/e valori/e negli Spettri di progetto S_D , sarà possibile ricavare in ordinata i rispettivi fattori sismici k da utilizzare nelle verifiche alle prestazioni attese in campo sismico (Figura 16), in particolare:

- dallo Spettro di Progetto dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) si ricava il fattore k_v dalla componente verticale da utilizzare per la verifica al carico limite sismico;
- dal medesimo Spettro ma considerando la componente orizzontale, si ricava il fattore inerziale k_{hi} da utilizzare per il taglio sismico alla base della fondazione per la verifica allo scorrimento;
- dallo Spettro di Progetto dello Stato Limite di Danno (SLD) si ricava il fattore $k_{v,SLD}$ dalla componente verticale da utilizzare per la verifica ai cedimenti sismici.

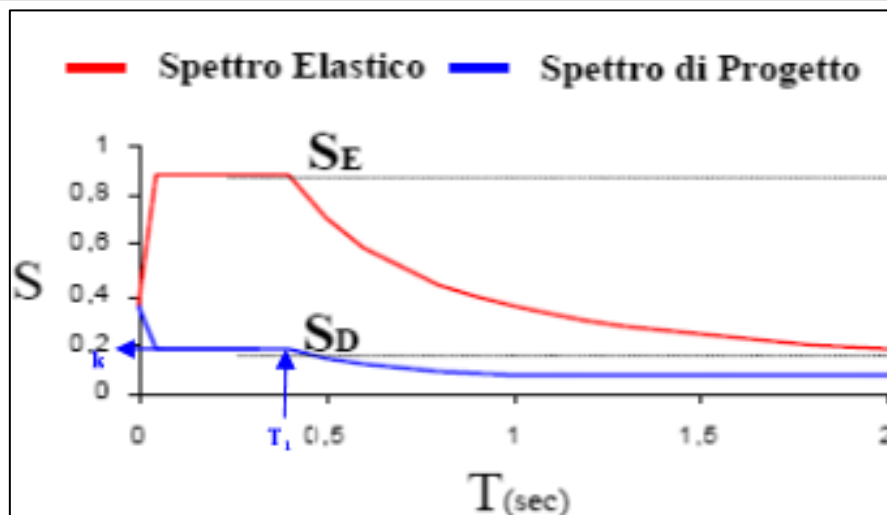


Figura 16 - Passaggio dallo Spettro Elastico S_E a quello di Progetto S_D e determinazione dei coefficienti sismici k per le verifiche delle prestazioni attese in campo sismico per gli Stati Limite considerati (Fonte: Prof. Eros Aiello-Università degli Studi di Siena. Slides del Corso NTC-Teoria ed applicazioni nella progettazione geologica e geotecnica, c/o CGT, gennaio-febbraio 2011).

9. CONCLUSIONI

Nel luglio 2020 per la caratterizzazione sismica di un'area interessata da una lottizzazione residenziale ubicata in via P Calamandrei nel comune di Valsamoggia, Loc. Crespellano, lo scrivente ha eseguito delle prove geofisiche in sito ed in particolare:

- n.1 indagine geofisica MASW-REMI;
- n.1 misura HVSr.

Per la realizzazione della strada in progetto, a servizio di suddetta lottizzazione, data l'entità dell'opera sono state utilizzate tali indagini.

I risultati dell'indagine in sito e la loro elaborazione hanno consentito la ricostruzione del modello sismico locale date le peculiarità dell'area è stata eseguita un'analisi semplificata (II livello di approfondimento).

In generale, dal punto di vista litologico si conferma quanto già emerso nella modellazione geologica; i terreni a consistenza da soffice a media, sono caratterizzati da valori delle velocità medie delle onde di taglio inferiori a 200m/s fino nei primi metri che accrescono leggermente con la profondità fino a circa 14m da p.c., profondità oltre la quale aumentano nettamente per la presenza di litologie più addensate quali le ghiaie rinvenute anche nelle indagini in sito e quelle al contorno.

In base alle elaborazioni effettuate è stato possibile verificare come ricavare un valore di media ponderata delle onde di taglio nei primi 30m pari a $V_{eq}=V_{s,30}=358m/s$, corrispondente alla *Categoria di sottosuolo C secondo l'approccio semplificato*.

L'area d'indagine è ubicata nella pianura bolognese; la misura HVSr ha restituito modeste amplificazioni locali del moto del suolo in tutto il range analizzato, con un massimo H/V che è stato registrato a circa 5 Hz.

In merito alla potenziale liquefazione dei terreni granulari, tutte le verifiche effettuate lungo le verticali delle CPTu eseguite hanno restituito un indice di potenziale liquefazione basso e pertanto il fenomeno si ritiene trascurabile.

Alla luce di quanto sopra riportato non emergono pericolosità sismiche per il sito in oggetto.

Sasso Marconi (BO), gennaio 2022



RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA

- Analisi di III livello di approfondimento -

(ai sensi del D.M.17-01-18 e della Deliberazione della Giunta della Regione Emilia-Romagna 21 dicembre 2015, n.2193)

ALLEGATO

- FOTO ESECUZIONE INDAGINI IN SITO;
- REPORT D'INDAGINE GEOFISICA;
- CERTIFICATI INDAGINI PREGESSE ESEGUITE AL CONTORNO DEL SITO.

Sasso Marconi (BO), gennaio 2022





FOTO 1 - ESECUZIONE INDAGINE GEOFISICA MASW-REMI.



FOTO 2 - ESECUZIONE INDAGINE GEOFISICA HVSR.

COMUNE DI VALSAMOGGIA

REGIONE EMILIA-ROMAGNA
CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA

***Determinazione della categoria di suolo di fondazione
eseguita sulla base della velocità equivalente di
propagazione delle onde di taglio S ($V_{s,eq}$) dei terreni
costituenti l'area di nuova lottizzazione.***



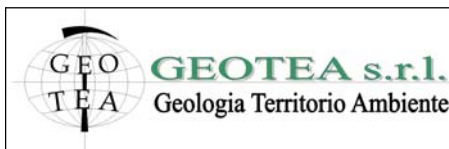
GEOTE SRL
Via della Tecnica 57/A4
40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel 0516255377 – Cell 349 7846581
Fax 0514998378
E-mail geotea.srl@database.it



Committente: LABO' SRL

Dott. Geol. Stefano Maggi

Data indagine 23/07/2020
Commessa 20.235



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW-Re.Mi. e HVSR per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area di nuova lottizzazione sita in loc. Crespellano di Valsamoggia (BO).

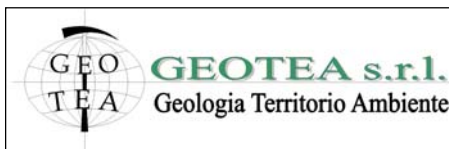
SOMMARIO.....	
2 IDENTIFICAZIONE DEL DOCUMENTO	3
3 PREMESSE	4
4 DESCRIZIONE DELLE INDAGINI	5
4.1 Introduzione generale	5
4.2 Tecnica MASW	6
4.3 Tecnica Re.Mi.	6
4.4 Misura a stazione singola H/V: procedura e strumentazione utilizzata	7
5 Risultati indagine	8
5.1 TECNICA IN ARRAY	8
5.2 TECNICA HVSR	9
6 MODELLO DI SOTTOSUOLO PROPOSTO PER IL SITO	11
7 CONCLUSIONI	12



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW-Re.Mi. e HVSR per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area di nuova lottizzazione sita in loc. Crespellano di Valsamoggia (BO).

2 IDENTIFICAZIONE DEL DOCUMENTO

- ☐ Il presente documento viene identificato con il numero 20.235 rev. n° 0;
- ☐ Le indagini e il lavoro svolto sono stati coordinati dal Dott. Geol. Stefano Maggi;
- ☐ Il presente documento è stato redatto dal Dott. Geol. Stefano Maggi in data 03/08/2020;
- ☐ Il documento si compone di n° 12 fogli



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW-Re.Mi. e HVSr per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area di nuova lottizzazione sita in loc. Crespellano di Valsamoggia (BO).

3 PREMESSE

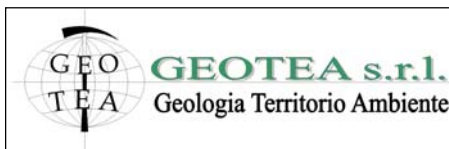
Presso l'area di nuova lottizzazione nel comune di Valsamoggia (BO) in loc. Crespellano, in data 23/07/2020 è stata effettuata un'indagine geofisica mediante prova in array con tecnica *MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)*, Re.Mi. (*Refraction Microtremor*) e misura a stazione singola con tecnica *HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)* al fine di ottenere la classificazione del tipo di suolo presente nel sito, sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio S ($V_{s,eq}$), in ottemperanza a quanto riportato nel decreto del Ministero delle Infrastrutture, 17 gennaio 2018.

La presente indagine geofisica è consistita in:

- N. 1 profilo sismico in array con tecnica MASW-ReMi.
- N. 1 misura a stazione singola con tecnica HVSr (HVSr1)

Per quanto riguarda la prova in array l'acquisizione è stata effettuata mediante sismografo digitale modello Dolang 24 canali 24 bit. La misura a stazione singola è stata eseguita con tromografo digitale modello Tromino® Engy.

Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è "GRILLA"© Release 2010 ver. 6.0 beta (All rights reserved).



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW-Re.Mi. e HVSr per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area di nuova lottizzazione sita in loc. Crespellano di Valsamoggia (BO).

4 DESCRIZIONE DELLE INDAGINI

4.1 Introduzione generale

Esistono diversi tipi di onde superficiali, oltre alle già citate onde di *Rayleigh* ($P+S_v$), si conoscono le onde di *Love* (Sh) e le onde di *Lamb*. Le onde di *Rayleigh* rappresentano la componente principale delle onde superficiali e sono generate dall'interazione tra onde di compressione (o di volume) P e onde di taglio verticali S_v ogniqualevolta si è in presenza di una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo. Le onde R si propagano alla superficie libera (vedi Fig. 1) con un moto ellittico retrogrado (moto antiorario) che si inverte alla profondità di $\lambda/2\pi$ (dove λ è la lunghezza d'onda). L'ampiezza di tale spostamento decresce secondo una legge esponenziale, pertanto diviene rapidamente trascurabile con la profondità.

L'utilizzo delle onde superficiali di tipo *Rayleigh* per la costruzione di un profilo di velocità delle onde di taglio V_s è giustificato da una serie di fattori:

- ❑ La percentuale di energia convertita in onde R è nettamente predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione di onde P (7%) e onde S (26%);
- ❑ il metodo d'analisi basato sulle onde R non è limitato, al contrario del metodo basato sulla rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità;
- ❑ buona risoluzione, a differenza della tecnica a riflessione;
- ❑ la propagazione delle onde di *Rayleigh*, anche se influenzata dalla V_p (velocità delle onde di compressione P) e dalla densità del mezzo, è funzione innanzitutto della V_s che rappresenta appunto il parametro fondamentale per la caratterizzazione geotecnica di un sito;
- ❑ la tecnica in questione è inoltre particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti ed ambienti rumorosi.

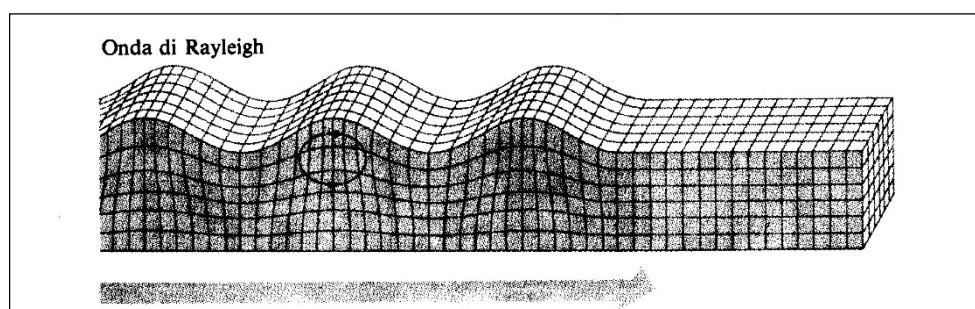
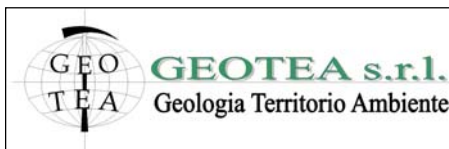


Figura 1 - Modalità di propagazione delle onde R

Tenuto conto dei fattori sopraelencati, l'elemento fondamentale che permette l'impiego di tecniche basate sulle onde superficiali e le onde *Rayleigh*, è una caratteristica chiamata *dispersione*. La dispersione è una proprietà delle onde superficiali che consiste nella deformazione di un treno d'onde dovuta alla variazione di velocità di propagazione al variare della frequenza. Per le onde R questa variazione si manifesta solo all'interno di un mezzo stratificato. In altre parole, ipotizzando una variazione di densità del terreno in senso verticale, ciascuna



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW-Re.Mi. e HVSR per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area di nuova lottizzazione sita in loc. Crespellano di Valsamoggia (BO).

componente di frequenza dell'onda superficiale si propaga con una differente velocità (velocità di fase), e quindi con una diversa lunghezza d'onda; questa proprietà si chiama appunto dispersione.

La velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda λ (e quindi per una certa frequenza ν) è influenzata dalle proprietà che il mezzo possiede fino ad una profondità di $\lambda/2$ (anche se recenti studi hanno posto questo limite a $\lambda/2.5$). Inoltre, la velocità delle onde R (V_r) è pari a circa il 90% della velocità delle onde di taglio (V_s). Secondo quanto detto appare chiaro come la costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio V_s , ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di *Rayleigh*, sia una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

4.2 Tecnica MASW

La procedura MASW si può sintetizzare in tre stadi successivi e distinti:

- acquisizione delle onde superficiali (*ground roll*);
- costruzione della curva di dispersione : grafico velocità di fase V_r – frequenza ν ;
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale della V_s .

La prima fase viene effettuata direttamente in campagna generando un treno di onde superficiali mediante l'utilizzo di una sorgente sismica attiva, quale generalmente una mazza battente, e uno stendimento lineare di geofoni ricevitori (vedi Fig. 2). L'indagine svolta nel presente lavoro è stata condotta utilizzando la strumentazione DOLANG JEA 24 descritta nelle premesse.

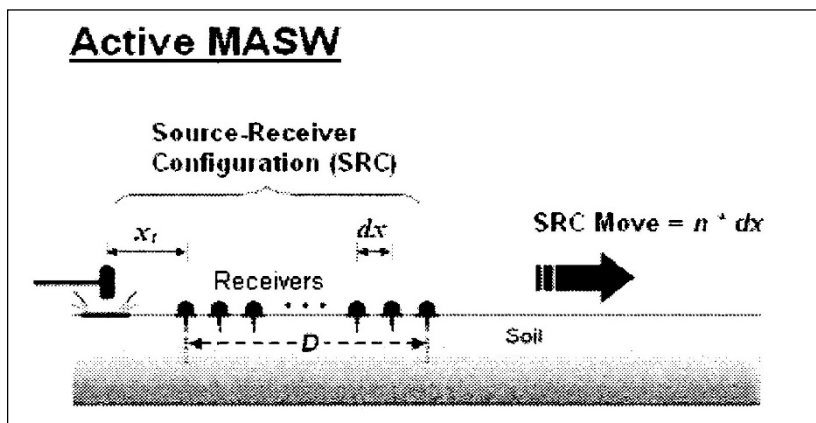


Figura 2 - MASW : stendimento lineare e sorgente attiva

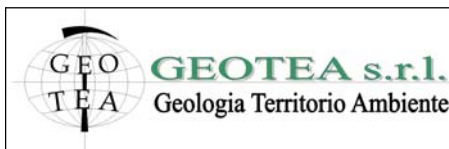
Mediante il software si procede alla lettura dei dati acquisiti (*common-shot gather*) e al calcolo dello spettro di velocità di fase (trasformata di Fourier) dal quale è possibile estrarre la curva di dispersione sperimentale.

Si procede quindi alla definizione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio S .

L'elaborazione dei dati acquisiti, avvenuta mediante software Grilla, è riportata in dettaglio nel rapporto d'indagine allegato alla presente relazione.

4.3 Tecnica Re.Mi.

A differenza del convenzionale metodo MASW, il quale prevede l'utilizzo di una sorgente sismica attiva (es:



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW-Re.Mi. e HVSR per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area di nuova lottizzazione sita in loc. Crespellano di Valsamoggia (BO).

mazza battente), la tecnica Re.Mi. utilizza onde di superficie generate passivamente dall'ambiente circostante. L'origine di questo cosiddetto "rumore di fondo" è sia di tipo naturale (onde oceaniche di marea, perturbazioni atmosferiche) sia di tipo antropico (traffico veicolare, industrie, ferrovie, etc...).

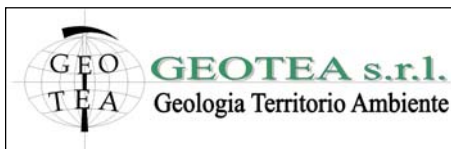
L'utilizzo di profili di geofoni a geometria lineare, genera il problema della sovrastima della velocità di fase (velocità apparente) nello spettro di velocità che si ottiene dall'elaborazione dei dati. La velocità apparente nello spettro deriva dal fatto che la direzione di propagazione delle onde (rumore di fondo) non necessariamente è parallela allo stendimento di geofoni. Per questo motivo la pratica comune prevede che il picking sulla curva di dispersione sperimentale venga eseguito non in corrispondenza del massimo di energia, ma in corrispondenza del bordo inferiore.

Il metodo Re.Mi. eseguito nel presente studio ha sfruttato la stessa geometria di profilo utilizzata per il metodo MASW. Solitamente il campionamento complessivo è della durata di qualche minuto.

4.4 Misura a stazione singola H/V: procedura e strumentazione utilizzata

Il metodo *HVSR* (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) proposto da Nogoshi e Igarashi (1970) e successivamente modificato da Nakamura (1989), si basa sull'analisi del rapporto spettrale tra le componenti orizzontale (H) e verticale (V) del rumore sismico registrato in un sito. Il rumore sismico è presente ovunque ed è generato sia da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) che dall'attività antropica. Il rumore sismico è indicato spesso come microtremore poiché è caratterizzato da oscillazioni molto deboli (dell'ordine dei $\mu\text{m/s}$). I microtremori sono in parte costituiti da onde di volume, P o S, ma soprattutto da onde superficiali, la cui velocità è comunque prossima a quella delle onde S (Mulargia et al., 2007). La tecnica di misura del rumore sismico richiede tempi di registrazione pari a 14-30 minuti e necessita di sensori tridirezionali da sismologia con messa in bolla, digitalizzatore 24 bit con elevata dinamica, elevato guadagno ed elevata frequenza di campionamento nativo, con minimizzazione del rumore elettro/meccanico.

L'acquisizione è stata eseguita utilizzando un tromografo digitale, "TROMINO ENGY" (*Micromed S.p.A.*) dotato di 3 canali velocimetrici (N-S, E-W, Up-Down) ad alto guadagno per l'acquisizione del microtremore sismico ambientale (fino a $\sim 1.5 \text{ mm/s}$); il sistema opera nell'intervallo di frequenze 0.1–1024 Hz. L'elaborazione dei dati di rumore sismico acquisiti è avvenuta mediante software *Grilla*.



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW-Re.Mi. e HVSr per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area di nuova lottizzazione sita in loc. Crespellano di Valsamoggia (BO).

5 RISULTATI INDAGINE

5.1 TECNICA IN ARRAY

Strumentazione utilizzata.....Sismografo digitale 24 canali – 24 bit modello Dolang
 Numero di geofoni verticali (frq. Propria 4.5 Hz).....12
 Spaziatura tra i geofoni.....3.00 m
 Frequenza di campionamento.....2.000 Hz (MASW) – 250 Hz (Re.Mi.)
 Lunghezza traccia acquisita.....2 sec (MASW) – 64 sec (Re.Mi.)
 Sorgente.....caduta grave e rumore ambientale

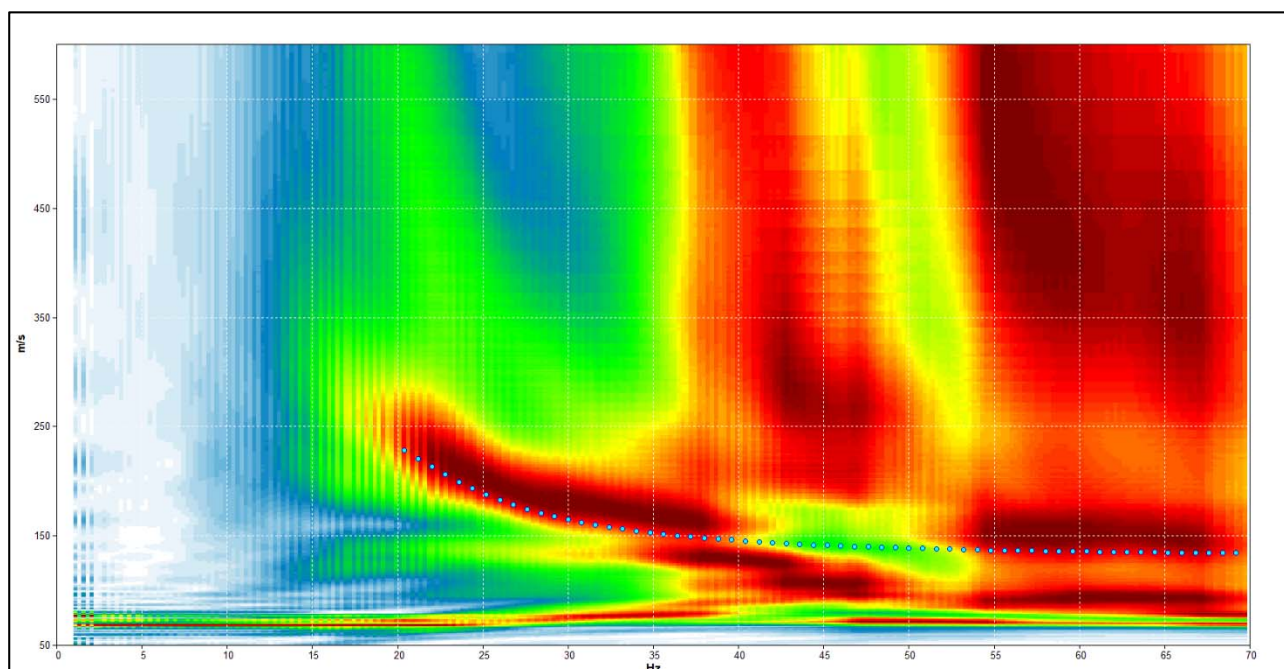
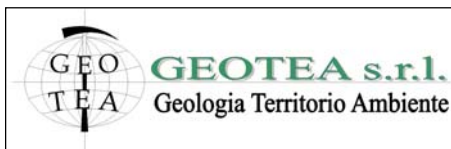


Figura 3 - Spettro di velocità di fase dell'onda di Rayleigh per il profilo sismico eseguito in array con tecnica MASW-Re.Mi. mediante sismografo digitale Dolang. In blu il modo fondamentale della curva di dispersione teorica per il modello di sottosuolo proposto per il sito.



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW-Re.Mi. e HVSR per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area di nuova lottizzazione sita in loc. Crespellano di Valsamoggia (BO).

5.2 TECNICA HVSR

Strumento: TROMINO MODELLO ENG Y

Data registrazione: 23/07/2020

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Freq. campionamento: 512 Hz

Lunghezza finestre: 30 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

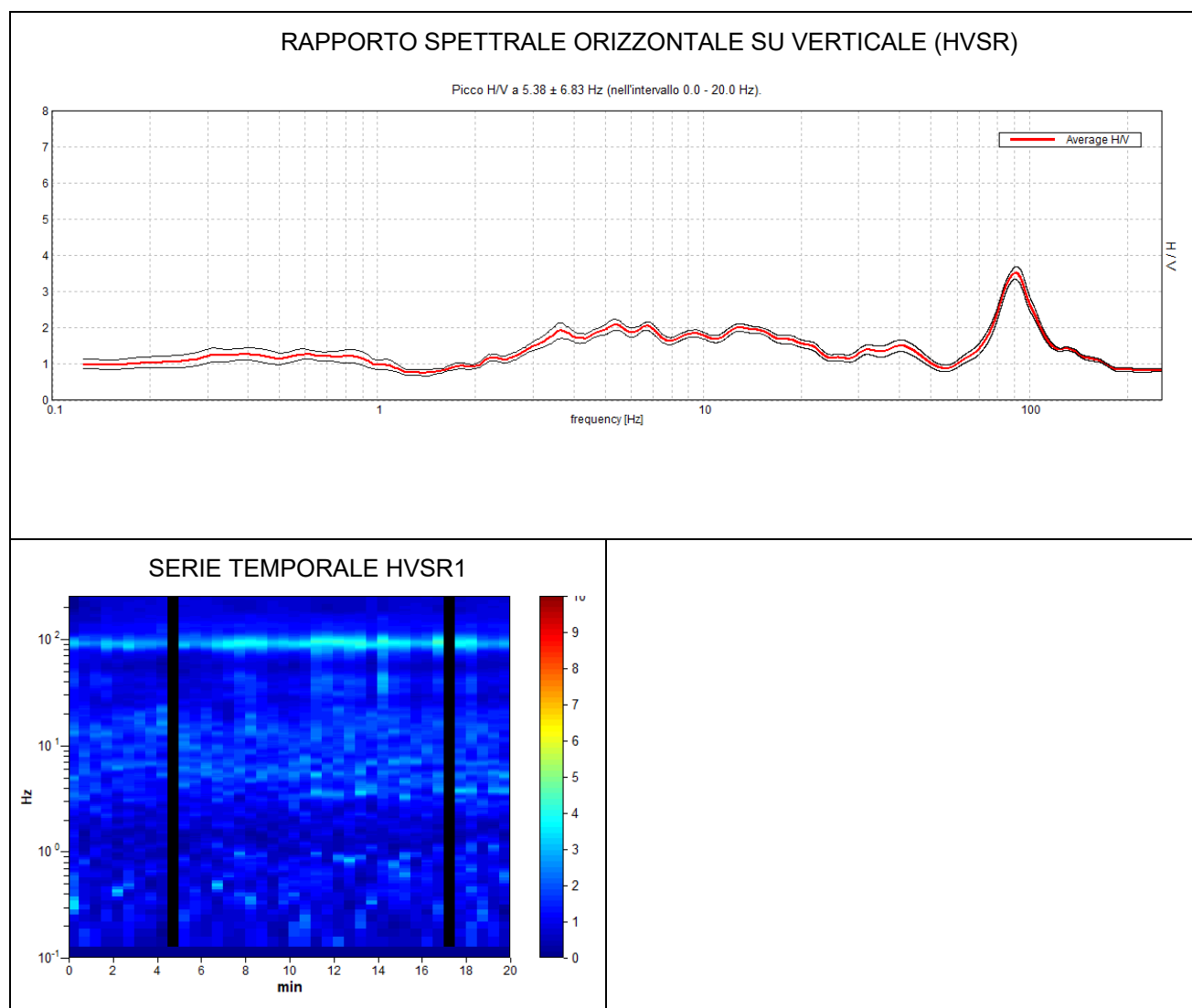
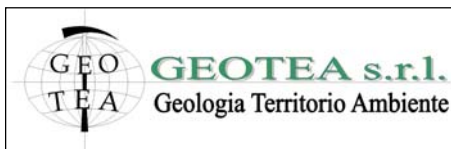


Figura 4 - Curva H/V (HVSR) registrata nel sito in esame e serie temporale considerata nell'analisi.



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW-Re.Mi. e HVSr per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area di nuova lottizzazione sita in loc. Crespellano di Valsamoggia (BO).

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI HVSr1

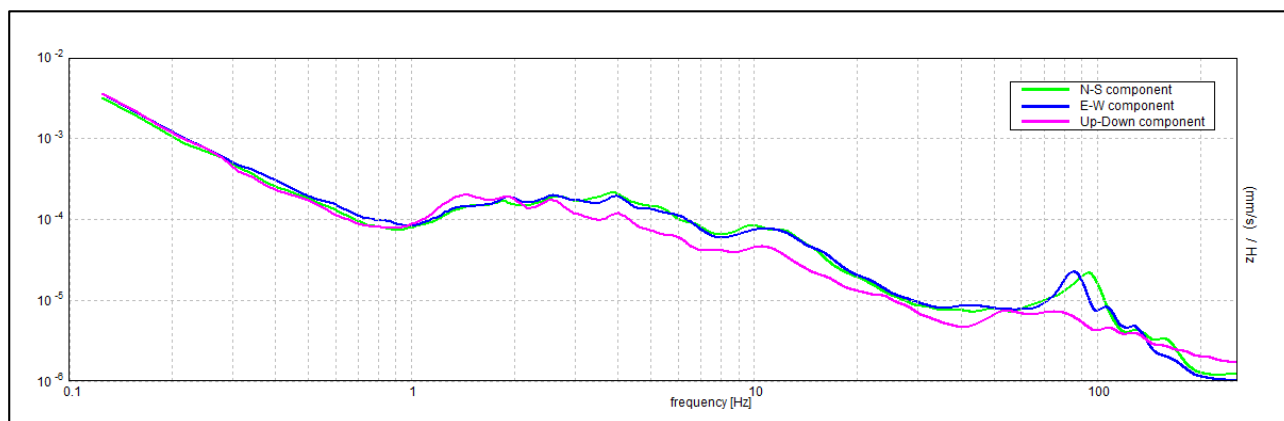


Figura 5 - spettri delle 3 componenti del moto in velocità registrate nel sito

H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

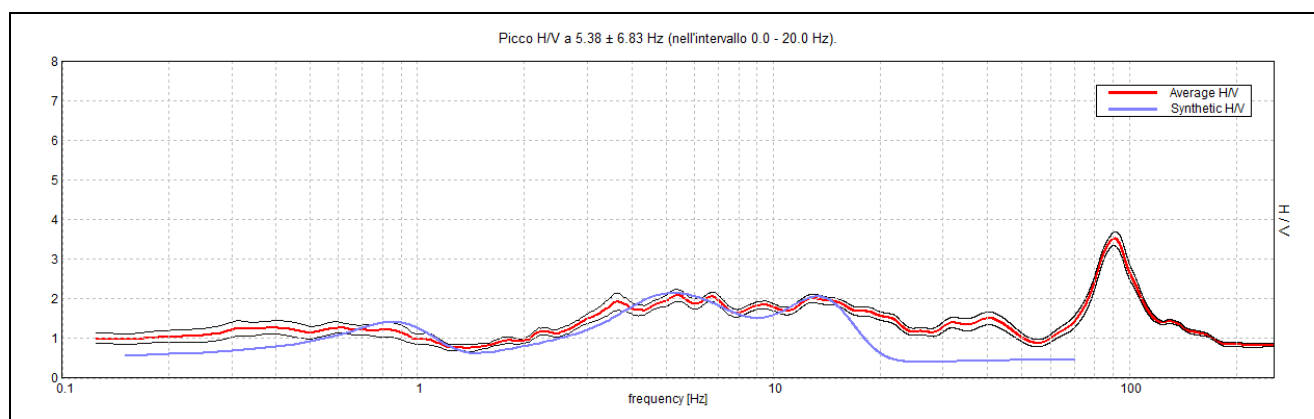
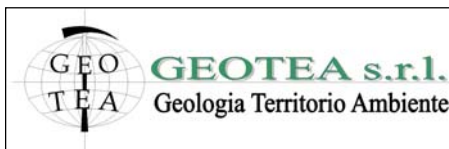


Figura 6 - confronto tra curva HVSr1 sperimentale registrata nel sito (scelta per il fit congiunto con prova MASW-Re.Mi.) e curva teorica (blu) relativa al modello di sottosuolo proposto per il sito.



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW-Re.Mi. e HVSR per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area di nuova lottizzazione sita in loc. Crespellano di Valsamoggia (BO).

6 MODELLO DI SOTTOSUOLO PROPOSTO PER IL SITO

Sulla base dei risultati ottenuti e dell'interpretazione dei dati acquisiti il modello di sottosuolo proposto per il sito in studio, in termini di profilo verticale di Vs, è il seguente (il modello è stato ottenuto mediante fit congiunto tra prova **MASW-Re.Mi.** e misura **HVSR1**):

Profondità base strato (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)
1.70	1.70	140
3.30	1.60	185
5.30	2.00	300
14.30	9.00	330
34.30	20.00	540
74.30	40.00	640
154.30	80.00	550
inf.	inf.	1100

Tabella 1 – Modello di sottosuolo proposto per il sito

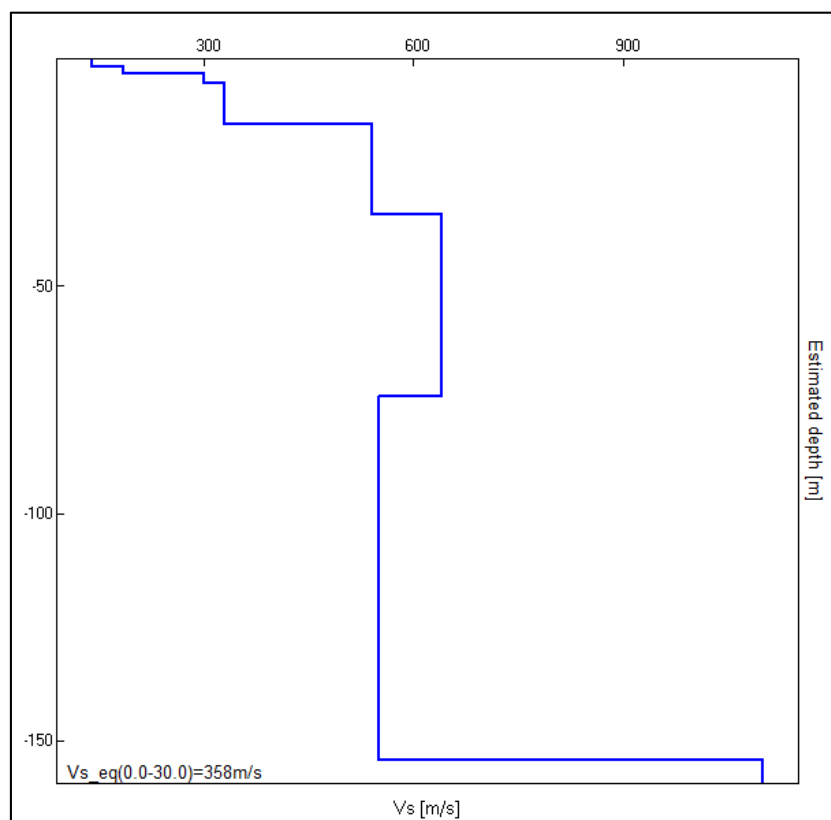
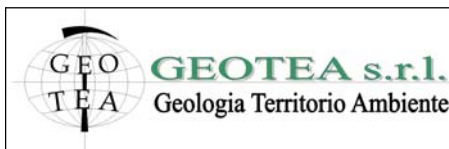


Figura 7 - Modello di velocità delle onde di taglio S (modello medio sotto il profilo effettuato)



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW-Re.Mi. e HVSR per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area di nuova lottizzazione sita in loc. Crespellano di Valsamoggia (BO).

7 CONCLUSIONI

L'analisi congiunta MASW-Re.Mi.-HVSR ha permesso sia di ricostruire il profilo verticale di velocità delle onde S nel sito in esame, sia di individuare la presenza di contrasti d'impedenza-rigidezza nel sottosuolo medesimo.

$V_{s,eq}=V_{s30}$ [m/s] da quota piano campagna su cui è stata eseguita l'indagine geofisica.....358

Nei primi 30 m da p.c., i terreni presenti in sito sono caratterizzati da valori di velocità delle onde S (V_s) caratteristici di materiali a consistenza nel complesso da media a elevata.

La curva HVSR è caratterizzata da modeste amplificazioni locali del moto del suolo in tutto il range analizzato. Il massimo H/V è stato registrato a circa 5 Hz.

La normativa applicata nel presente lavoro è il DM 17 gennaio 2018.

San Lazzaro di Savena, 03/08/2020





03+023L14MASW14

Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW e HVSR per la determinazione della categoria di suolo di fondazione, sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità (V_{s30}), del comparto sito all'incrocio tra via Rio di Crespellano e via Bargellina nel comune di Crespellano (BO). MASW1-HVSR1.

1 – Dati sperimentali tecnica MASW1 e risultati ottenuti

Strumentazione utilizzata.....Sismografo digitale 24 bit-24 canali modello Dolang
 Numero di geofoni verticali utilizzati (freq. 4.5 Hz).....12
 Spaziatura tra i geofoni.....3.00 m
 Frequenza di campionamento.....4000 Hz
 Lunghezza traccia acquisita.....1 sec
 Sorgente.....mazza battente (10Kg)

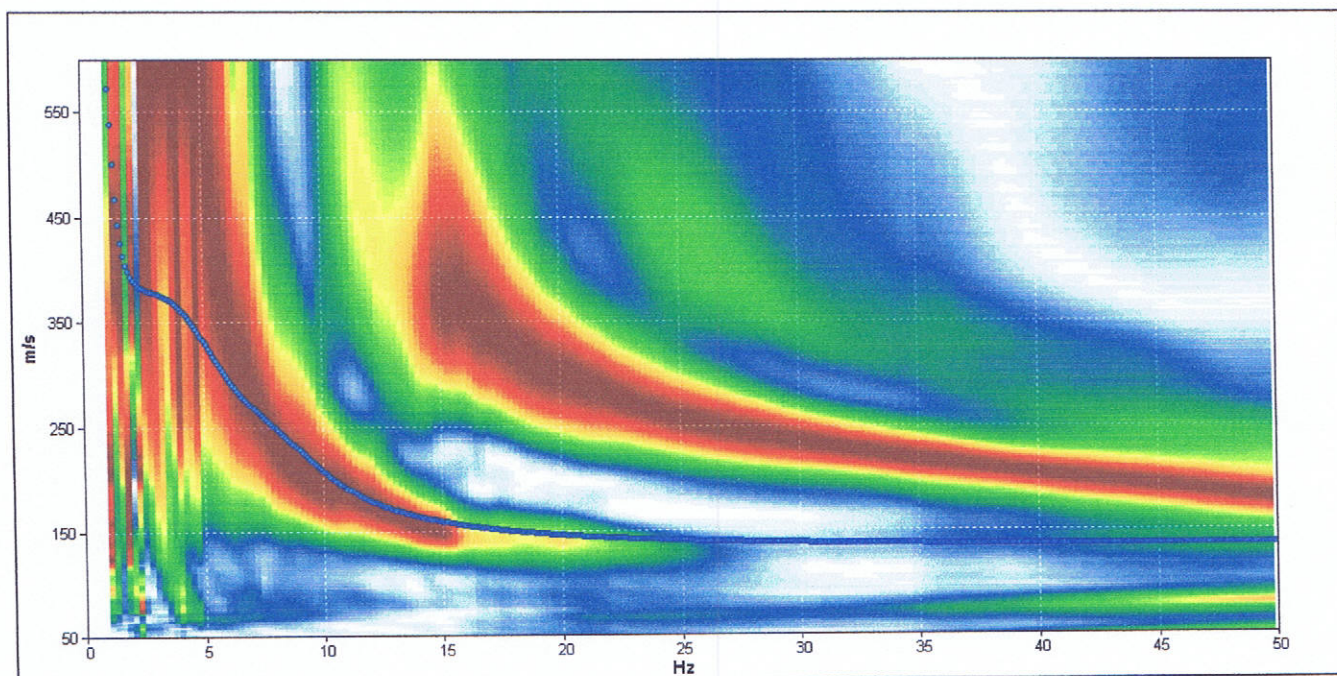


Figura 1 - Spettro di velocità di fase dell'onda di Rayleigh per il profilo sismico eseguito in array con tecnica MASW (MASW1) mediante sismografo digitale modello Dolang (energizzazione ottenuta mediante battuta con martello del peso di 10 Kg). In blu il modo fondamentale della curva di dispersione teorica per il modello di sottosuolo proposto per il sito.



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW e HVSr per la determinazione della categoria di suolo di fondazione, sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità (V_{s30}), del comparto sito all'incrocio tra via Rio di Crespellano e via Bargellina nel comune di Crespellano (BO). MASW1-HVSr1.

3 – Modello di sottosuolo proposto per il sito indagato

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
3.50	3.50	150
7.50	4.00	200
27.50	20.00	370
62.50	35.00	480
132.50	70.00	400
inf.	inf.	750

$V_s(0.0-30.0)=292$ m/s (misurata da p.c. su cui è stato eseguito lo stendimento sismico)

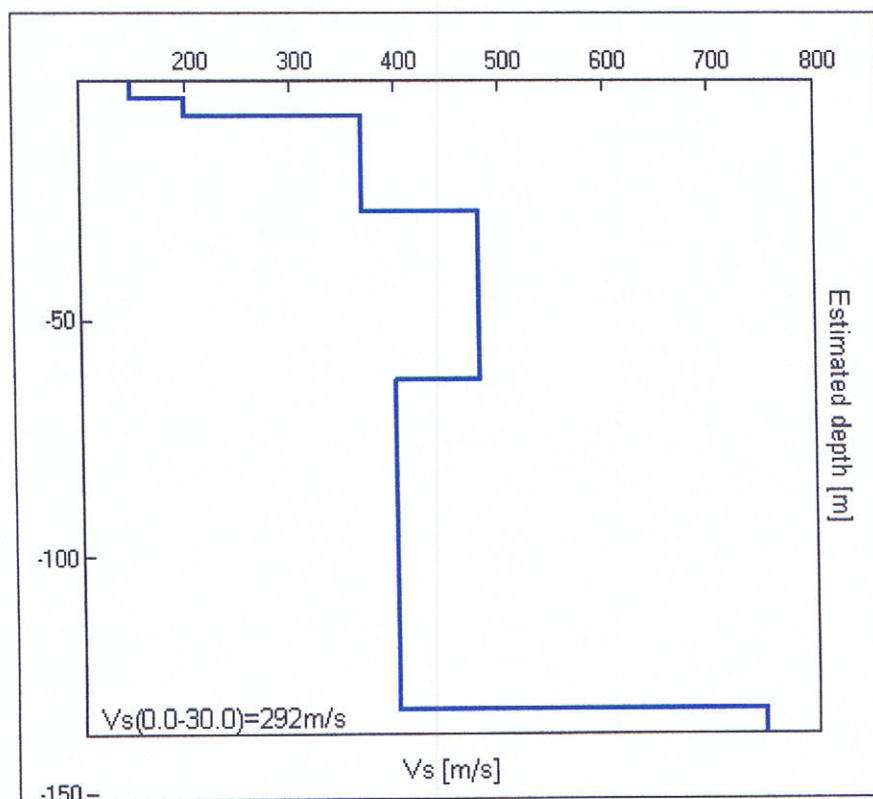


Figura 5 - Modello di velocità delle onde di taglio S (modello medio sotto il profilo effettuato) proposto per il sito in esame.

CREPELLANO, 037023P65HVSR65

Instrument: TRZ-0108/01-10

Start recording: 07/05/13 11:34:09 End recording: 07/05/13 11:46:10

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

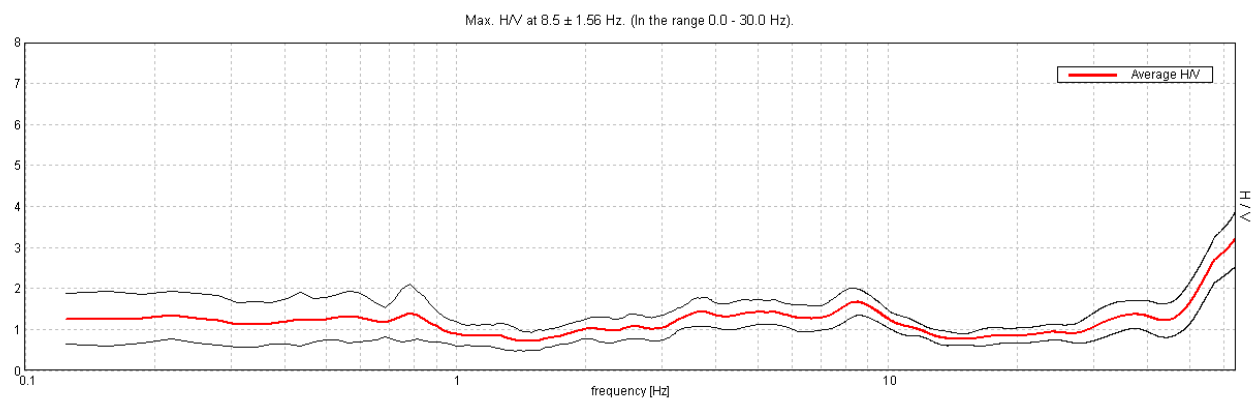
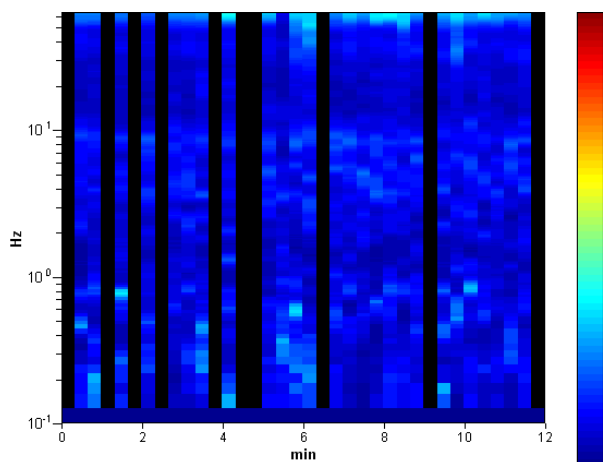
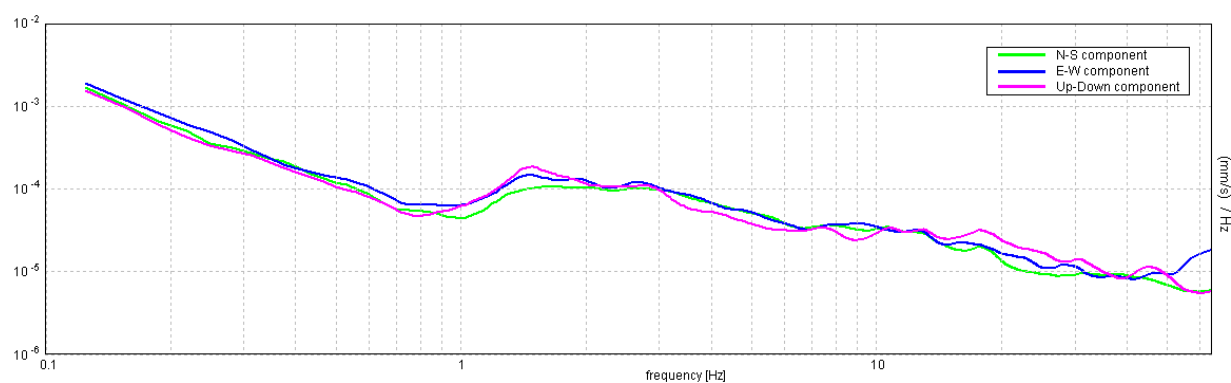
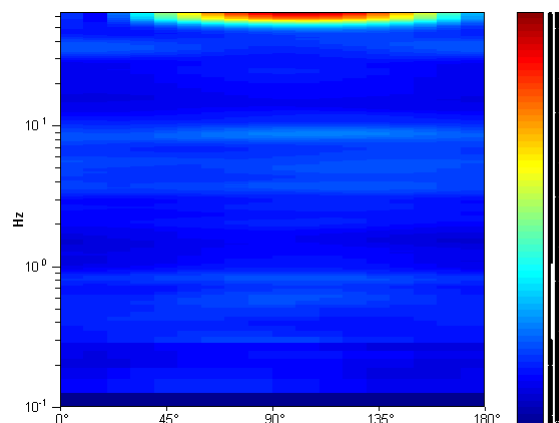
Trace length: 0h12'00". Analyzed 72% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 12%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**H/V TIME HISTORY****DIRECTIONAL H/V**

RELAZIONE GEOTECNICA

(ai sensi del D.M.17-01-18)

Sasso Marconi (BO), febbraio 2022



INDICE

1. PREMESSA.....	183
2. NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	184
3. OPERA DA REALIZZARE ED AZIONI DI PROGETTO.....	186
4. SCELTA DEGLI APPROCCI PROGETTUALI.....	189
4.1 PREMESSA.....	189
4.2 SLU	190
4.3 SLE.....	191
5. VERIFICA DELLE PRESTAZIONI ATTESE IN CAMPO STATICO.....	192
5.1 PARAMETRI CARATTERISTICI E MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO	192
5.2 VERIFICHE AGLI SLU.....	193
5.2.1 VERIFICA AL CARICO VERTICALE IN CONDIZIONI NON DRENATE.....	193
5.2.2 VERIFICA AL CARICO VERTICALE IN CONDIZIONI DRENATE.....	195
5.2.3 VERIFICA AL CARICO ORIZZONTALE	196
5.3 SLE IN CAMPO ELASTICO	197
5.3.1 PREMESSA	197
5.3.2 SLE IN CONDIZIONI NON DRENATE.....	199
5.3.3 SLE IN CONDIZIONI DRENATE	200
6. VERIFICA DELLE PRESTAZIONI ATTESE IN CAMPO SISMICO.....	201
7. CONCLUSIONI.....	203

1. PREMESSA

Alla luce dei risultati ottenuti nella Relazione Geologica e sulla Modellazione Sismica di II livello di approfondimento precedentemente riportate, viene redatta la presente Relazione Geotecnica ai sensi del D.M. 17-01-18.

La Committenza ha inviato allo scrivente i disegni di progetto del tracciato stradale, le caratteristiche del pacchetto che verrà realizzato ed i valori delle azioni di progetto.

Il presente elaborato si propone di:

- ricostruire un modello geotecnico di riferimento per il sottosuolo e ricavare i parametri fisico meccanici caratteristici di riferimento;
- verificare in campo statico e sismico che per le prestazioni attese agli SLU, agli SLE ed agli SLV, le azioni di progetto E_d siano inferiori alle resistenze di progetto R_d , come richiesto dal D.M.17-01-18, secondo la disequazione $R_d > E_d$;

2. NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Il presente elaborato è stato redatto secondo quanto prescritto dalla seguente normativa:

a) Normativa europea:

- Eurocodice 8 (1998), Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture Parte 5: *“Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)”*;
- Eurocodice 7.1 (1997): *“Progettazione geotecnica–Parte I: Regole Generali – UNI”*;
- Eurocodice 7.2 (2002): *“Progettazione geotecnica–Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI”*;
- Eurocodice 7.3 (2002): *“Progettazione geotecnica–Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI”*.

b) Normativa nazionale:

- Decreto Ministeriale 17.01.2018: *“Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”*;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: *“Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009”*;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: *“Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007”*.

Inoltre, si è fatto riferimento ai volumi di letteratura scientifica o alle dispense tecniche di seguito riportate:

- Lancellotta R., 1993 – *“Geotecnica”*, seconda ediz., 555pp., Zanichelli Ed.;
- Das, Braia M., 1998 – *“Principales of Geotechnical Engineering”* fourth Edition, 712pp., PWS Publishing Company;
- Ardolino A., 2009 – *“Calcolo delle fondazioni”*, libro+cd-software, 296pp., Dario Flaccovio Ed.;
- Riga G., 2010 – *“Geologia applicata ed ingegneria geotecnica”*, 271pp., Dario Flaccovio Ed.;
- Tanzini M., 2010 – *“Manuale del Geotecnico”*, 1959pp. 2 Tomi, Dario Flaccovio Ed.;
- Rabbuffetti A.S., 2010 – *“Fondazioni superficiali. Progetto di calcolo geotecnico secondo le nuove NTC”*, 230pp., DEI S.r.l. Ed., Tipografia del Genio Civile;
- Di Francesco R., 2010 – *“Geotecnica. Guida pratica alla luce delle nuove NTC”*, 215pp., Dario Flaccovio Ed.;
- Di Francesco R., 2011 – *“Analisi geotecniche di fondazioni superficiali e pali”*, 271pp., Dario Flaccovio Ed.;

- Rabuffetti A.S., 2011 - *“Manuale di progettazione geotecnica”*, 315pp. DEI S.r.l. Ed., Tipografia del Genio Civile;
- Froldi P., 2012 - *“Progettazione e Relazione geotecnica secondo le NTC 2008 e gli Eurocodici”*, 312pp., Maggioli Ed.;
- Slides del *“Corso di Geotecnica Sismica”* 3-5 ottobre 2012 a cura di Luigi Callisto c/o CISM Udine;
- Slides del Corso *“Progettazione di opere geotecniche in campo sismico”*, maggio-giugno 2013, AGI c/o Bologna Fiere S.p.A.;
- Consiglio Nazionale dei Geologi - *“Quaderni NTC 08. Norme tecniche per le costruzioni. Linee Guida”*;
- Tanzini M., 2014 - *“La Relazione geologica e geotecnica”*, 634pp., Dario Flaccovio Editore;
- Tanzini M., 2019 - *“Progettazione geotecnica e sismica 2.0 Volume 1”*, 203 pp. Dario Flaccovio Editore;
- Cetraro F., 2020 - *“Ingegneria geotecnica e geologia applicata”*, 365 pp., EPC Editore;
- Tanzini M., 2021 - *“Progettazione geotecnica e sismica 2.0. Volume 2”*, 277 pp. Dario Flaccovio Editore;

3. OPERA DA REALIZZARE ED AZIONI DI PROGETTO

Secondo quanto inviato allo scrivente da parte del Progettista è prevista la realizzazione di una strada comunale senza uscita di lunghezza complessiva pari a circa 150m avente una corsia per ciascun senso di marcia di larghezza pari a 3.5m.

Il nuovo tracciato si raccorderà con la via Calamandrei, già presente di fronte al plesso scolastico della Località Crespellano nel Comune di Valsamoggia (BO), e sarà costituita da:

- un tratto rettilineo, di lunghezza pari a circa 137m, avente direttrice sudest-nord ovest tra gli edifici scolastici a sud ed il lotto residenziale in costruzione a nord e terminerà;
- una rotonda di diametro all'incirca pari a 24m, posizionata in corrispondenza dell'estremo nordoccidentale della strada per l'inversione di marcia (Figura 1).

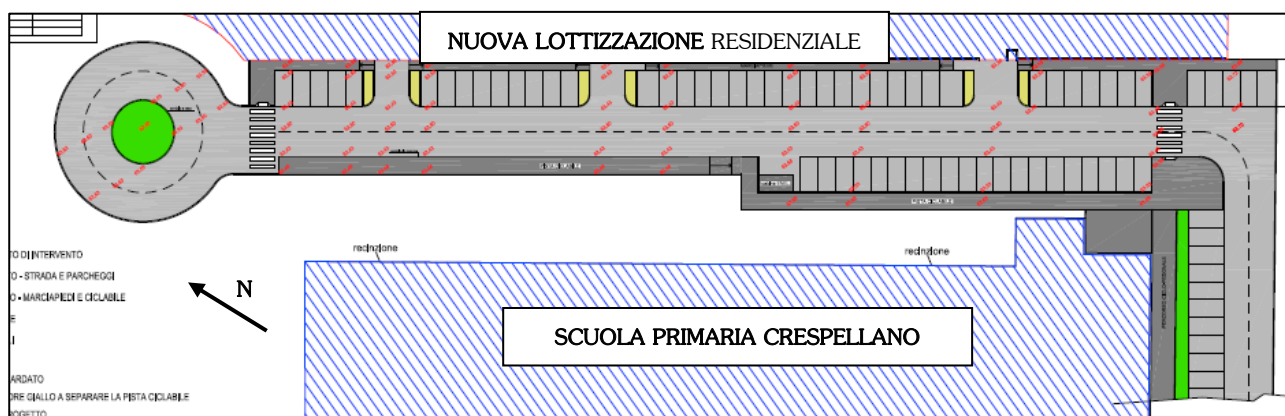


Figura 1 – Particolare del nuovo tracciato stradale previsto in progetto, non in scala (Fonte: Tavola Stato di Progetto fornita allo scrivente dallo Studio Zero associati, gennaio 2022).

Il progetto prevede inoltre le seguenti opere:

- marciapiede lungo il margine settentrionale del tracciato stradale per una larghezza di circa 1.5m
- pista ciclabile avente larghezza di circa 2.5m, lungo il lato meridionale della strada;
- attraversamenti pedonali e cabina Enel.

I pacchetti stradale e di parcheggio così come quello del marciapiede e della pista ciclabile saranno caratterizzati dai materiali rispettivamente riportati in Figura 2a e 2b.

Nello specifico, il pacchetto riportato in Figura 2a, relativo alla strada ed alle aree di parcheggio che è quello di interesse per il presente elaborato, avrà uno spessore minimo di 0.70m e, partendo dalla base, sarà così costituito da:

- materiale misto riciclato proveniente da demolizioni di spessore minimo 0.40m;
- misto granulometrico stabilizzato di spessore minimo 0.10m;
- binder chiuso 0-18, di spessore pari a 0.10m.

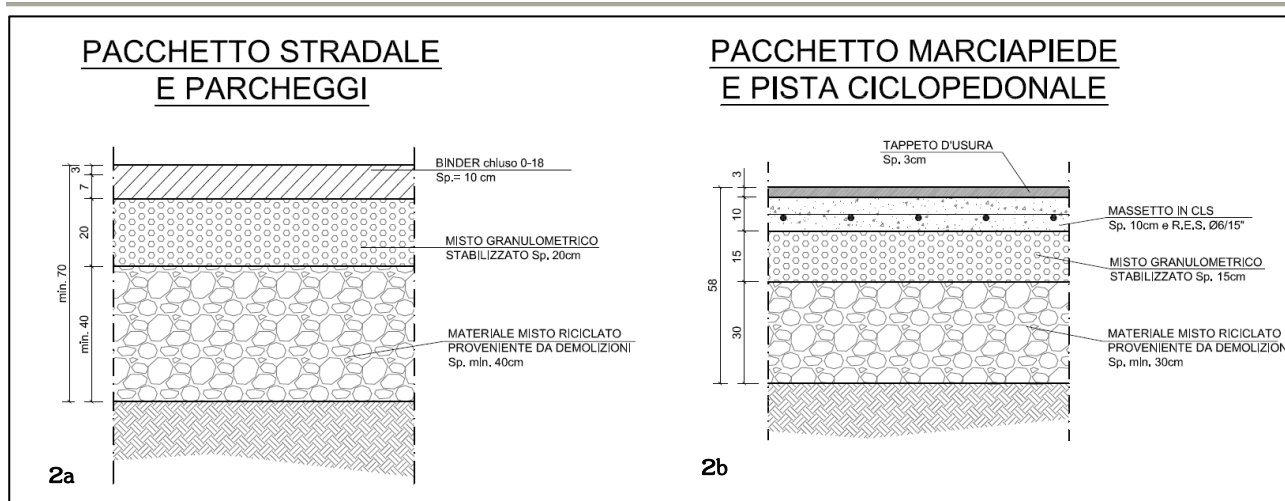


Figura 2 – Particolari del pacchetto stradale e parcheggi (2a) e di quello marciapiede e pista pedonale (2b) del nuovo tracciato stradale previsto in progetto, non in scala (Fonte: Tavola Stato di Progetto fornita allo scrivente dallo Studio Zero associati, gennaio 2022).

Si tratta pertanto di un rilevato stradale di modesta altezza rispetto al suo sviluppo orizzontale.

Per quanto concerne i carichi agenti sul tracciato stradale, la Committenza ha comunicato allo scrivente che si tratta di una strada di prima categoria; i carichi statici agenti sul rilevato stradale sono stati assunti in accordo con il paragrafo 5.1.3.3.5 del D.M. 17-01-2018, in particolare, a favore di sicurezza, si sono presi in considerazione gli schemi di carico rappresentati dalla Figura 5.1.2 del D.M. 17-01-2018, utilizzando lo Schema di carico 2 per quanto riguarda il traffico veicolare e trascurando il carico dovuto alla presenza di affollamento sui marciapiedi.

Lo Schema di carico 2 riportato in Figura 3 è costituito da carico derivante dal peso di un singolo asse di un automezzo applicato su specifiche impronte di pneumatico di forma rettangolare, di larghezza 0,60 m ed altezza 0,35 m; il carico gravante su ogni singola impronta è pari a 200 kN.

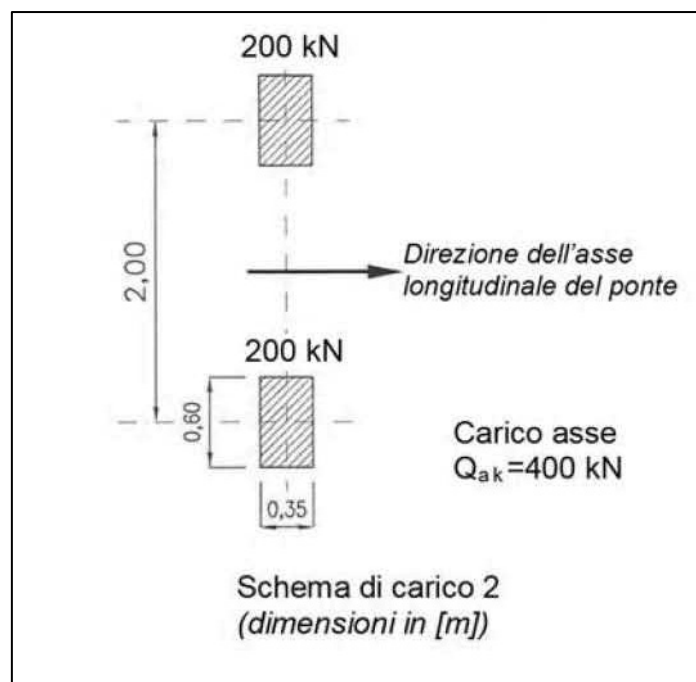


Figura 3 – Schema di carico 2 considerato per la strada in oggetto (Fonte: Figura 5.1.2. D.M. 17-01-18).

Nelle analisi numeriche tale carico è stato inserito considerando una ipotesi in cui il carico globale dell'asse di **400kN** viene trasformato in un carico distribuito di **114kN/m** su un'impronta pari a **3.5m** corrispondente alla larghezza della corsia di marcia della carreggiata;

Si fa notare come il carico derivante dallo schema di carico **2** e riferito ad un veicolo per trasporti eccezionali e pertanto l'utilizzo di questo schema di carico per le verifiche risulta essere molto a favore di sicurezza, considerando il fatto che difficilmente sul tratto di strada oggetto di verifica saranno presenti veicoli con carichi pesanti in quanto la strada sarà utilizzata prevalentemente da auto per l'accesso al lotto residenziale o alla scuola e da eventuali autobus.

Per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche dei materiali costituenti la strada in progetto verranno considerati i seguenti parametri provenienti da dati di letteratura:

- materiale misto riciclato proveniente da demolizioni: $\gamma=22\text{kN/mc}$;
- misto granulometrico stabilizzato: $\gamma=19\text{kN/mc}$;
- binder: $\gamma=25\text{kN/mc}$;

Considerando tali valori come carichi unitari distribuiti lungo la corsia e sommando l'ipotesi di carico **2** sopra riportata, risulta un valore complessivo pari a **180kN/m** che se moltiplicato per il fattore relativo a carichi permanenti strutturali sfavorevoli

1.3 risulta un valore dell'azione di progetto pari a **$E_d=234\text{kN/m}$** .

4. SCELTA DEGLI APPROCCI PROGETTUALI

4.1 PREMESSA

I principali Stati Limite Ultimi sono:

- perdita di equilibrio della struttura o di una sua parte;
- spostamenti o deformazioni eccessive;
- raggiungimento della massima capacità di resistenza di parti di strutture, collegamenti, fondazioni;
- raggiungimento della massima capacità di resistenza della struttura nel suo insieme;
- raggiungimento di meccanismi di collasso nei terreni (p.e. carico di esercizio applicato >>portanza terreno di fondazione);
- rottura di membrane e collegamenti per fatica;
- rottura di membrane e collegamenti per altri effetti dipendenti dal tempo;
- instabilità di parti della struttura o del suo insieme.

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi si distinguono:

- EQU- stato limite di equilibrio; considera la struttura, il terreno o l'insieme terreno-struttura come corpo rigido. Si utilizza, ad es., per le verifiche del ribaltamento dei muri di sostegno;
- STR- stato limite di resistenza della struttura; riguarda gli elementi di fondazione e di sostegno del terreno. Si utilizza per tutti i dimensionamenti strutturali;
- GEO- stato limite di resistenza del terreno; si utilizza per il dimensionamento geotecnico delle opere di fondazione e di sostegno e per tutte le strutture che interagiscono col terreno, ma anche per le verifiche di stabilità globale terreno-struttura;
- UPL - perdita di equilibrio del terreno o della struttura per la sotto spinta dell'acqua;
- HYD - erosione e sifonamento del terreno dovuto ai gradienti idraulici.

Nel presente elaborato verranno considerati quelli di tipo GEO relativi alla resistenza del terreno. Per quanto concerne gli

Stati Limite di Esercizio (SLE) secondo le NTC18 sono elencati di seguito:

- a) danneggiamenti locali (ad es. eccessiva fessurazione del calcestruzzo) che possano ridurre la durabilità della struttura, la sua efficienza o il suo aspetto;
- b) spostamenti e deformazioni che possano limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza e il suo aspetto;
- c) spostamenti e deformazioni che possano compromettere l'efficienza e l'aspetto di elementi non strutturali, impianti, macchinari;

- d) vibrazioni che possano compromettere l'uso della costruzione;
- e) danni per fatica che possano compromettere la durabilità (FAT);
- f) corrosione e/o eccessivo degrado dei materiali in funzione dell'ambiente di esposizione.

A tal riguardo le NTC08 non forniscono particolari indicazioni; in riferimento a quanto riportato nell'Allegato H dell'Eurocodice E7 (2003) si possono considerare cedimenti assoluti e/o differenziali, rotazioni o deformazioni angolari.

4.2 SLU

La verifica della sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) di resistenza si ottiene con il "Metodo semiprobabilistico dei Coefficienti parziali" di sicurezza tramite l'equazione

$$R_d \geq E_d$$

dove:

- E_d = valore delle azioni di progetto;
- R_d = valore delle resistenze di progetto.

Per gli Stati limite Ultimi di tipo GEO considerati nel presente lavoro bisogna verificare:

- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- collasso per scorrimento del piano di posa;
- stabilità globale del sistema geotecnico.

Per le verifiche del sistema strada/struttura in progetto l'Approccio 2 - Combinazione unica 1 (DA2-C1) del tipo GEO,

dove i coefficienti parziali γ sono contemporaneamente applicati alle azioni di progetto ed alle resistenze, mentre i parametri geotecnici sono considerati con i loro valori caratteristici. La combinazione è pertanto

$$A1+M1+R3$$

dove:

- A= azioni γ_F ;
- M= resistenze dei terreni γ_M ;
- R= resistenza globale del sistema γ_R .

Le N.T.C. 2018 per tali coefficienti forniscono i valori riportati nelle Tabelle 4.1, 4.2 e 4.3.

Tabella 4.1 – Coefficienti parziali da applicare alle azioni o all'effetto delle azioni per la DA2-C1 (Tabella 6.2.I delle N.T.C.18).

CARICHI	EFFETTO	COEFICIENTE PARZIALE γ_F	A1
Permanente	favorevole	γ_{G1}	1.0
	sfavorevole		1.3
Permanente non strutturale	favorevole	γ_{G2}	0.0
	sfavorevole		1.5

CARICHI	EFFETTO	COEFFICIENTE PARZIALE γ_F	A1
Variabile	favorevole	γ_{Qi}	0.0
	sfavorevole		1.5

Tabella 4.2 – Coefficienti parziali da applicare ai parametri geotecnici del terreno per l'approccio DA2-C1 (Tabella 6.2.II delle N.T.C.18).

PARAMETRO	GRANDEZZA A CUI APPLICARLA	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	M1
Tangente dell'angolo d'attrito	$\text{tg}(\varphi'_k)$	γ'_φ	1.0
Coesione efficace	c'_k	γ'_c	1.0
Resistenza al taglio non drenata	$c_{u,k}$	γ_{cu}	1.0
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1.0

Tabella 4.3 – Coefficienti parziali da applicare alla resistenza globale del sistema per l'approccio DA2-C1 (Tabella 6.4.I delle N.T.C.18).

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE	R3
Capacità portante	γ_R	2.3
Scorrimento		1.1

4.3 SLE

I terreni sollecitati dai carichi applicati possono subire delle deformazioni che spostano il piano di posa, ovvero si possono verificare dei cedimenti; secondo le NTC18 “si devono calcolare i valori degli spostamenti e delle distorsioni per verificare la compatibilità con i requisiti prestazionali della struttura in elevazione, forma, dimensioni e rigidità della struttura di fondazione che devono essere stabilite nel rispetto dei requisiti prestazionali, tenendo presente che le verifiche agli stati limite di esercizio possono risultare più restrittive di quelle agli stati limite ultimo”.

Pertanto, è dall'analisi del comportamento delle strutture agli SLE che scaturisce la validazione finale delle medesime. Occorre quindi determinare le deformazioni e gli spostamenti che il terreno subisce per effetto delle azioni trasmesse dalla struttura attraverso le fondazioni e, laddove possibile, distinguere le componenti immediate (cedimenti elastici o elastoplastici) da quelli a lungo termine (cedimenti visco elastici o di consolidazione).

Secondo la Circolare esplicativa “sulla base della previsione dei cedimenti deve esprimersi un giudizio sulla loro ammissibilità con riferimento ai limiti imposti dal comportamento statico e dalla funzionalità del manufatto”.

Le verifiche agli SLE devono attenersi alle seguenti assunzioni:

- i valori dei parametri geotecnici da inserire nei modelli di analisi sono quelli caratteristici, mentre i coefficienti parziali sui parametri sono sempre unitari, ovvero non viene applicata alcuna riduzione;
- gli effetti delle azioni statiche da utilizzare sono quelli pertinenti alla “combinazione frequente” relativa ai cedimenti immediati ed alla “combinazione quasi permanente” relativa ai cedimenti a lungo termine.

5. VERIFICA DELLE PRESTAZIONI ATTESE IN CAMPO STATICO

5.1 PARAMETRI CARATTERISTICI E MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

Come riportato nella Tabella 8.1 della Relazione Geologica, il sottosuolo dell'area d'indagine, al di sotto dei primi 0.5m circa di terreno vegetale, è caratterizzato fino a 10.00-12.00m da p.c. dalle argille e/o argille limose con sparsi livelli di sabbia limosa e/o limo sabbioso a differenti profondità.

Successivamente fino alla massima profondità indagata di 20m da p.c. è stata rilevata la presenza di litologie granulari incoerenti costituita da ghiaie da fini a grossolane in matrice sabbioso-limose.

Secondo "l'approccio Bayesiano", in prima approssimazione i valori caratteristici di c' , c_u e ϕ' sono determinabili con le seguenti relazioni (Cherubini & Orr, 1999):

$$x_k = x_m \cdot [1 - (CV/2)]$$

dove:

- x_k = valore caratteristico del parametro considerato;
- x_m = valore medio del parametro considerato;
- CV = coefficiente di variazione, pari al rapporto tra la deviazione standard ed il valore medio dei dati;

Utilizzando i valori medi e puntuali riportati in Tabella 8.1 della Relazione Geologica, si ottengono i seguenti parametri caratteristici:

- $\phi'_k = 24.4^\circ$;
- $c'_k = 8.47 \text{ kPa}$;
- $c_{u,k} = 46.6 \text{ kPa}$.

L'indicazione del cuneo di rottura del terreno di fondazione, ovvero della porzione del sottosuolo interessata dalla realizzazione della nuova strada, può essere valutata mediante la seguente formula:

$$P_R = 0.5 \cdot B \cdot \tan(45 + (\phi/2))$$

dove:

- B = larghezza fondazione;
- ϕ = angolo di attrito interno del terreno al di sotto del piano di posa della fondazione.

Posti B = pari a 3.5m, ovvero la larghezza di una delle corsie della strada in oggetto, e $\phi'_k = 24.4^\circ$ risulta una profondità pari a circa 2.8m; posto un prescavo/bonifica di circa 0.50/60m per l'asportazione del terreno vegetale superficiale e la successiva realizzazione del pacchetto stradale, si ha una profondità pari a circa 3.5m da p.c. e pertanto si rimane all'interno dell'orizzonte argilloso e/o limoso argilloso individuato fino a 10-12m da p.c.

Il Modello Geotecnico di riferimento per l'area in oggetto risulta pertanto quello riportato in Tabella 5.1

Tabella 5.1 – Modello Geotecnico di riferimento per l'area d'indagine.

N. UNITA' LITOTECNICA	PROF. (m da p.c.)	SPES. (m)	LITOLOGIA	PESO DELL'UNITA' DI VOLUME (γ_{kd} , kN/m ³)	COESIONE NON DRENATA ($c_{u,k}$, kPa)	COESIONE EFFICACE (c'_k , kPa)	ANGOLO DI ATTRITO INTERNO (ϕ'_k)	MODULO ELASTICO NON DRENATO E DRENATO (E_u , E'_k , kPa)
1	0.00÷12.00	10.00÷ 12.00	Argilla limosa e limo argilloso da poco a mediamente consistente	18	46.6	8.47	24.4	10'000; 8'700
Falda superficiale: 2-3m da p.c.								

La formula empirica utilizzata per ricavare i valori dei moduli elastici è $E'_k \cong E_u / 1.15$ utilizzando valori di letteratura (Bowles, 1982) per litologie simili.

5.2 VERIFICHE AGLI SLU

5.2.1 VERIFICA AL CARICO VERTICALE IN CONDIZIONI NON DRENATE

La determinazione della capacità portante limite q_{lim} del terreno può essere condotta adottando il metodo dell'equilibrio limite globale; numerose sono le soluzioni fornite in letteratura per il calcolo della q_{lim} come somma di termini dovuti ai diversi contributi.

Basandosi sull'assunzione di un comportamento rigido plastico del terreno ben note sono le soluzioni fornite da Terzaghi (1943) e Brinch-Hansen (1970).

Di seguito si propone la formula generale di Brinch-Hansen che costituisce un'estensione dell'equazione di Buisman (1935) e Terzaghi (1943) ottenuta dalla sovrapposizione di soluzioni relative a casi particolari.

L'analisi in questo caso è svolta ipotizzando un mezzo isotropo puramente coesivo ($\phi'=0$) e pertanto il relativo comportamento meccanico può essere espresso, in relazione alla resistenza limite, alla sola coesione non drenata, trascurando quindi l'azione delle pressioni interstiziali.

Il terreno si comporta come un unico corpo dato dalla sommatoria dello scheletro solido e della fase fluida contenuta negli interspazi particellari e riferendo pertanto le analisi alle sole tensioni totali.

Ragionando in termini di tensioni totali, ovvero a breve termine, con $\phi'=0$ e $c'=c_u$ l'espressione fornita da Brinch-Hansen, trascurando i fattori relativi all'inclinazione del carico i , della fondazione b e del piano campagna g ed i fattori correttivi di compressibilità ξ , è la seguente:

$$q_{lim} = c_u \cdot N_c \cdot s_c^0 \cdot d_c^0 + q \cdot N_q \cdot s_q^0 \cdot d_q^0$$

dove:

- N_c, N_q = fattori di capacità portante;
- c_u = coesione non drenata;
- $s_c^0; s_q^0$ = fattori correttivi per la forma della fondazione per $(\phi' = 0)$;
- $d_c^0; d_q^0$ = fattori correttivi per la profondità della fondazione per $(\phi' = 0)$;
- $q = \gamma \cdot h = \sigma'_{vo}$ = sovraccarico agente (tensione totale verticale alla quota del piano di posa della fondazione).

Per la verifica è stata considerata una corsia della strada come se fosse una fondazione nastriforme data la dimensione della lunghezza L molto maggiore rispetto alla larghezza B, con piano di posa pari a 0.5m da p.c.

In Tabella 5.2 si riporta la verifica effettuata.

Tabella 5.2 – Verifica agli SLU in condizioni statiche e non drenate.

Verifica di capacità portante (SLU) in condizioni statiche e non drenate NTC 2018 – Approccio progettuale 2 (A1; M1; R3)				
1. Geometria della fondazione				
Larghezza fondazione	B =	3,5	m	
Lunghezza della fondazione (per fondazione nastriforme mettere L=0)	L =	0	m	
Profondità del piano di posa della fondazione	D =	0,5	m	
Inclinazione del piano di posa	a =	0	°	
Inclinazione del piano campagna	w =	0	°	
2. Valori caratteristici dei parametri geotecnici				
Valore caratteristico del peso dell'unità di volume del terreno	γ_k =	18	kN/m ³	
Valore caratteristico della resistenza al taglio in condizioni non drenate	$c_{u,k}$ =	46	kPa	
3. Azione di progetto agente sul piano di posa della fondazione				
Valore di progetto carico verticale	N_d =	235	kN	
Valore di progetto momento agente lungo il lato B	$M_{d,B}$ =	0	kN m	
Valore di progetto momento agente lungo il lato L	$M_{d,L}$ =	0	kN m	
Valore di progetto carico orizzontale	H_d =	0	kN	
Eccentricità della risultante dei carichi lungo la larghezza B	e_B =	0,00	m	
Eccentricità della risultante dei carichi lungo la larghezza L (se 0 trattasi di una fondazione nastriforme)	e_L =	0,00	m	
Larghezza effettiva della fondazione	B' =	3,50	m	
Lunghezza effettiva della fondazione (se 0 trattasi di una fondazione nastriforme)	L' =	0,00	m	
Larghezza di calcolo della fondazione ($B \leq L$)	B =	3,50	m	
Lunghezza di calcolo della fondazione (se 0 trattasi di una fondazione nastriforme)	L =	0,00	m	
Sovraccarico a lato della fondazione	q =	9	kPa	
Fattori di capacità portante	N_c =	5,14		
Fattore di forma	s_c^0 =	1,00		
	m =	2,00		
Fattore di inclinazione del carico	i_c^0 =	1,00		
Fattore dipendente dalla profondità del piano di posa	d_c^0 =	1,06		
Fattore correttivo che tiene conto dell'inclinazione della base della fondazione	b_c^0 =	1,00		
Fattore correttivo che tiene conto dell'inclinazione del piano campagna	g_c^0 =	1,00		

Carico limite unitario della fondazione (capacità portante)	$q_{lim} =$	259	kPa
Coefficiente parziale di sicurezza che opera direttamente sulla resistenza del sistema	$g_R =$	2,3	
Valore di progetto della resistenza della fondazione	$R_d =$	394	kN
Verifica soddisfatta ($N_d \leq R_d$)		SI	
Grado di utilizzazione	$L_{GEO} =$	60	%

Risulta pertanto verificata la disequazione $R_d > E_d$.

5.2.2 VERIFICA AL CARICO VERTICALE IN CONDIZIONI DRENATE

La verifica della capacità portante delle fondazioni in condizioni drenate appartiene, usualmente, ai terreni a grana grossa come, ad esempio, le sabbie che espellono in maniera pressoché istantanea la fase fluida per effetto dei carichi applicati tanto da poter essere assimilati a sistemi idraulici aperti.

Le assunzioni per la validità della metodologia proposta sono:

- mezzo rigido perfettamente plastico;
- carico verticale uniformemente distribuito;
- condizioni di deformazione piana.

In termini di tensioni efficaci la formula generale di *Brinch-Hansen*, anche in questo caso tralasciando i fattori relativi all'inclinazione del carico i , della fondazione b e del piano campagna g ed i , quelli correttivi di compressibilità ξ , viene espressa dalla seguente formula:

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c + q' \cdot N_q \cdot s_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma$$

dove:

- N_c ; N_q ; N_γ = fattori di capacità portante;
- γ' = peso di volume efficace del terreno;
- B = larghezza della fondazione
- c' = coesione efficace;
- s_c ; s_q ; s_γ = fattori correttivi per la forma della fondazione;
- $q' = \gamma' \cdot h = \sigma'_{vo}$ = sovraccarico agente (tensione efficace verticale alla quota del piano di posa della fondazione).

Anche in questo caso per la verifica è stata considerata una corsia della strada come se fosse una fondazione nastriforme data la dimensione della lunghezza L molto maggiore rispetto alla larghezza B , con piano di posa pari a 0,5m. da p.c.

In Tabella 5.3 si riporta la verifica effettuata.

Tabella 5.3– Verifica agli SLU in condizioni statiche e drenate.

Verifica di capacità portante (SLU) in condizioni statiche e drenate NTC 2018 – Approccio progettuale 2 (A1; M1; R3)				
1. Geometria della fondazione				
Larghezza fondazione	$B =$	3,5	m	
Profondità del piano di posa della fondazione	$D =$	0,5	m	

Inclinazione del piano di posa		a =	0	°
Inclinazione del piano campagna		$\alpha =$	0	°
2. Valori caratteristici dei parametri geotecnici				
Valore caratteristico del peso dell'unità di volume del terreno		$\gamma_k =$	18	kN/m ³
Valore caratteristico della coesione in termini di tensioni efficaci		$c'_k =$	8,47	kPa
Valore caratteristico dell'angolo di resistenza al taglio		$\phi'_k =$	24,4	°
3. Azione di progetto agente sul piano di posa della fondazione				
Valore di progetto carico verticale		$N_d =$	234	kN/m
Valore di progetto momento agente lungo il lato B		$M_d =$	0	kN m /m
Valore di progetto carico orizzontale		$H_d =$	0	kN/m
Eccentricità della risultante dei carichi lungo la larghezza B		$e_B =$	0,00	m
Larghezza di calcolo della fondazione		$B =$	3,50	m
Sovraccarico a lato della fondazione		$q =$	9	kPa
Fattori di capacità portante		$N_q =$	10,0	
		$N_c =$	19,9	
		$N_g =$	10,0	
Fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico		$m =$	2,00	
		$i_q =$	1,00	
		$i_c =$	1,00	
		$i_g =$	1,00	
Fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base della fondazione		$b_q =$	1,000	
		$b_c =$	1,000	
		$b_g =$	1,000	
Fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano campagna		$g_q =$	1,000	
		$g_c =$	1,000	
		$g_g =$	1,000	
Fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa		$d_q =$	1,045	
		$d_c =$	1,042	
Carico limite unitario della fondazione (capacità portante)		$q_{lim} =$	584,2	kPa
Coefficiente parziale di sicurezza che opera direttamente sulla resistenza del sistema		$\gamma_R =$	2,3	
Valore di progetto della resistenza della fondazione		$R_d =$	889	kN
Verifica soddisfatta ($N_d \leq R_d$)			SI	
Grado di utilizzazione		$L_{GEO} =$	26,3	%

Risulta pertanto verificata la disequazione $R_d > E_d$.

5.2.3 VERIFICA AL CARICO ORIZZONTALE

La verifica allo scorrimento del piano di posa per carichi orizzontali può essere mutuata dalle metodologie di analisi dei muri di sostegno secondo cui il Fattore di Sicurezza F rispetto allo slittamento è dato dalla seguente formula:

$$F_{sl} = \frac{N \cdot \tan \delta + c_a \cdot B}{T}$$

dove:

- N = carico verticale comprensivo del peso della fondazione;
- δ' = angolo di attrito terreno-fondazione;
- c_a = coefficiente di aderenza terreno-fondazione;
- T = carico orizzontale dal quale dipende il moto di slittamento.

L'applicazione della suddetta formula comporta alcune considerazioni di carattere normativo e geotecnico:

- l'azione di progetto T è data dalla sommatoria di tutti i carichi paralleli al piano di scorrimento della fondazione;
- la resistenza di progetto allo slittamento ($R_{d,sl}$) è il valore del carico generato dall'insieme terreno fondazione, agente nella stessa direzione di T ;
- il coefficiente di adesione c_a è trascurato a favore di sicurezza;
- l'angolo di attrito fondazione terreno è posto come funzione dell'angolo di resistenza al taglio secondo la relazione

$$\delta = (2/3) \cdot \varphi', \text{ per cui nel caso in questione risulta che } \delta = 17.3^\circ.$$

Da ciò risulta che l'equazione si riduce a:

$$F_{sl} = \frac{N \cdot \tan\left(\frac{2}{3} \cdot \varphi'\right)}{T}.$$

Utilizzando l'approccio progettuale DA2 C1 per la verifica agli SLU ai carichi orizzontali, risulta necessario verificare:

$$\left(\frac{R_d}{E_d}\right)_{(DA2-C1)_{sl}} = \frac{1}{1.1} \cdot \left[\frac{N \cdot \tan\left(\frac{2}{3} \cdot \varphi'\right)}{T \cdot 1.3} \right] \geq 1.$$

In base a quanto riferito allo scrivente non è prevista un'azione orizzontale e pertanto suddetta equazione risulta sempre verificata.

5.3 SLE IN CAMPO ELASTICO

5.3.1 PREMESSA

Nel caso dell'approccio elastico inerente alla determinazione dei cedimenti immediati il punto di partenza è dato dalla assimilazione del sottosuolo ad un semispazio elastico per il quale vale la formula:

$$s_i = \int_0^z \epsilon_z \cdot dz$$

dove:

- s_i = cedimenti immediati;
- z = profondità considerata;
- ϵ_z = deformazione verticale indotta al terreno dal carico applicato;

Poiché è noto che la deformazione verticale $\epsilon_z = \sigma'_v / E'$ e che esiste l'uguaglianza $\sigma'_v = \sigma_z$, l'equazione suddetta può essere riscritta come segue:

$$s_i = \int_0^z \frac{\sigma'_z}{E'} \cdot dz$$

La suddetta formula, valida anche in condizioni non drenate con l'accortezza di sostituire i relativi moduli elastici, comporta pertanto la conoscenza delle tensioni indotte nel sottosuolo.

Per le fondazioni a plinti quadrati non esiste una soluzione in forma chiusa a differenza, ad esempio, di quelle circolari; è necessario pertanto ricorrere all'utilizzo delle formule sopra riportate, previa discretizzazione del suolo.

Per le verifiche dei cedimenti immediati agli SLE in condizioni non drenate e drenate è stata utilizzata la formulazione di *Poulos & Davis (1974)* che si avvale delle seguenti relazioni che permettono di ricavare l'andamento delle pressioni indotte con la profondità:

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_{zi} &= (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) + ((L/2)(B/2)z/R_3)(1/R_1^2 + 1/R_2^2)); \\ \Delta\sigma_{xi} &= (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z/R_3 R_1^2)); \\ \Delta\sigma_{yi} &= (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z/R_3 R_2^2)),\end{aligned}$$

dove:

- $R1 = ((L/2)^2 + z^2)^{0.5}$
- $R2 = ((B/2)^2 + z^2)^{0.5}$
- $R3 = ((L/2)^2 + (B/2)^2 + z^2)^{0.5}$
- q = sovraccarico agente;
- z = profondità di calcolo;
- L = lunghezza fondazione,
- B = larghezza fondazione.

In base a tali assunti, la valutazione dei cedimenti totali immediati è calcolabile secondo la seguente formula;

$$\delta_{tot} = \Sigma \delta_i = \Sigma (((\Delta\sigma_{zi} - \nu_i(\Delta\sigma_{xi} + \Delta\sigma_{yi})) \Delta z_i / E_i),$$

dove:

- ν = coefficiente di Poisson;
- E = modulo Elastico.

Nel passaggio dalle condizioni non drenate a quelle drenate bisognerà sostituire i valori del coefficiente di Poisson e dei moduli elastici di ciascuna unità litologica considerata.

5.3.2 SLE IN CONDIZIONI NON DRENATE

In condizioni non drenate per le argille limose è stato preso in considerazione un valore del coefficiente di Poisson $\nu_u=0.5$, indice di un terreno pressoché incompressibile, e $\nu_u=0.4$ per le sabbie limose; il valore dell'azione di progetto considerato come ricavata nel Capitolo 3 risulta essere pari a 400kN, pari ad una pressione unitaria di 124kN/m².

Per quanto concerne i valori del modulo elastico non drenato E_u delle litologie influenzate dalla struttura, sono quelli riportati nel Modello Geotecnico di Tabella 5.1.

In Tabella 5.2 sono riportati i risultati ottenuti; come si evince la sommatoria dei cedimenti parziali restituisce un cedimento immediato totale per le condizioni non drenate pari a 3.39cm; si tratta di un valore del tutto accettabile per quanto considerato nel presente progetto considerato anche il carico da 400kN considerato.

Tabella 5.2 – Valore dei cedimenti immediati in condizioni non drenate calcolato secondo il metodo di Poulos & Davis (1974).

Z (m da p.c.)	Δz_i (m)	Terreno	R1	R2	R3	$\Delta\sigma_{zi}$ (kN/m ²)	$\Delta\sigma_{xi}$ (kN/m ²)	$\Delta\sigma_{yi}$ (kN/m ²)	E (kN/m ²)	ν	δ_i (cm)	$\Sigma\delta_i$ (cm)
1,00	1,0	1	1,29	0,96	0,27	10000	0,50	113,26	74,82	94,04	0,29	0,29
2,00	1,0	1	0,86	0,76	0,65	10000	0,50	98,68	26,78	62,73	0,54	0,83
3,00	1,0	1	0,61	0,57	0,82	10000	0,50	78,62	10,25	44,43	0,51	1,34
4,00	1,0	1	0,46	0,45	0,89	10000	0,50	62,84	4,63	33,73	0,44	1,78
5,00	1,0	1	0,37	0,36	0,93	10000	0,50	51,56	2,41	26,98	0,37	2,15
6,00	1,0	1	0,31	0,30	0,95	10000	0,50	43,43	1,39	22,41	0,32	2,46
7,00	1,0	1	0,26	0,26	0,97	10000	0,50	37,40	0,87	19,13	0,27	2,73
8,00	1,0	1	0,23	0,23	0,97	10000	0,50	32,78	0,58	16,68	0,24	2,98
9,00	1,0	1	0,20	0,20	0,98	10000	0,50	29,14	0,40	14,77	0,22	3,19
10,00	1,0	1	0,18	0,18	0,98	10000	0,50	26,22	0,29	13,25	0,19	3,39
$\delta_{\text{tot NON DRENATO}} =$												3.39

5.3.3 SLE IN CONDIZIONI DRENATE

In condizioni drenate è stato considerato un coefficiente di Poisson pari a $\nu=0.2$ per le argille limose.

Le altre assunzioni riportate nel Paragrafo 5.2.1 valgono anche per questo caso; in Tabella 5.3 sono riportati i risultati ottenuti da cui si evince la sommatoria dei cedimenti parziali restituisce un cedimento immediato totale per le condizioni non drenate pari a 5.45cm.

Per quanto concerne i valori del modulo elastico drenato E delle litologie influenzate dalla struttura, sono quelli riportati nel Modello Geotecnico di Tabella 5.1.

In Tabella 5.4 sono riportati i risultati ottenuti; come si evince la sommatoria dei cedimenti parziali restituisce un cedimento immediato totale per le condizioni non drenate pari a 5.45cm; si tratta di un valore del tutto accettabile per quanto considerato nel presente progetto considerato anche il carico da 400kN considerato.

Tabella 5.4 – Valore dei cedimenti immediati in condizioni non drenate calcolato secondo il metodo di Poulos & Davis (1974).

Z (m da p.c.)	Δz_i (m)	Terreno	R1	R2	R3	$\Delta \sigma_{zi}$ (kN/m ²)	$\Delta \sigma_{xi}$ (kN/m ²)	$\Delta \sigma_{yi}$ (kN/m ²)	E (kN/m ²)	ν	δ_i (cm)	$\Sigma \delta_i$ (cm)
1,00	1,0	1	1,29	0,96	0,27	8700	0,30	113,26	74,82	56,42	0,85	0,85
2,00	1,0	1	0,86	0,76	0,65	8700	0,30	98,68	26,78	37,64	0,91	1,76
3,00	1,0	1	0,61	0,57	0,82	8700	0,30	78,62	10,25	26,66	0,78	2,54
4,00	1,0	1	0,46	0,45	0,89	8700	0,30	62,84	4,63	20,24	0,64	3,17
5,00	1,0	1	0,37	0,36	0,93	8700	0,30	51,56	2,41	16,19	0,53	3,70
6,00	1,0	1	0,31	0,30	0,95	8700	0,30	43,43	1,39	13,45	0,45	4,15
7,00	1,0	1	0,26	0,26	0,97	8700	0,30	37,40	0,87	11,48	0,39	4,54
8,00	1,0	1	0,23	0,23	0,97	8700	0,30	32,78	0,58	10,01	0,34	4,88
9,00	1,0	1	0,20	0,20	0,98	8700	0,30	29,14	0,40	8,86	0,30	5,18
$\delta_{tot\ DRENATO}$												5.45

6. VERIFICA DELLE PRESTAZIONI ATTESE IN CAMPO SISMICO

Per la verifica in condizioni sismiche, è stata utilizzata l'equazione di *Brinch-Hansen (1970)* seguendo l'approccio proposto da *Paulucci e Pecker (1997)*, che forniscono i seguenti fattori correttivi da applicare a ciascun delle tre parti della formula trinomia:

- $z_\gamma = z_q = [1 - (k_h / \tan(\phi))]^{0.35}$;
- $z_c = 1 - 0.32 \cdot k_h$,

dove k_h è il coefficiente sismico orizzontale definito nel Capitolo 7 delle NTC18.

In Tabella 6.1 si riportano dati e gli esiti della verifica effettuata in campo sismico.

Tabella 6.1 – Verifica delle prestazioni attese in campo sismico secondo l'approccio di Paulucci e Pecker (1997).

Verifica di capacità portante (SLU) in condizioni sismiche e drenate NTC 2018 - Approccio progettuale 2 (A1; M1; R3)				
1. Geometria della fondazione				
Larghezza fondazione		B =	3,5	m
Profondità del piano di posa della fondazione		D =	0,5	m
Inclinazione del piano di posa		a =	0	°
Inclinazione del piano campagna		$\alpha =$	0	°
2. Valori caratteristici dei parametri geotecnici				
Valore caratteristico del peso dell'unità di volume del terreno		$g_k =$	18	kN/m ³
Valore caratteristico della coesione in termini di tensioni efficaci		$c'_k =$	8,47	kPa
Valore caratteristico dell'angolo di resistenza al taglio		$f'_k =$	24,4	°
3. Azione di progetto agente sul piano di posa della fondazione				
Valore di progetto carico verticale		$N_d =$	234	kN/m
Valore di progetto momento agente lungo il lato B		$M_d =$	0	kN m /m
Valore di progetto carico orizzontale		$H_d =$	0	kN/m
Eccentricità della risultante dei carichi lungo la larghezza B		$e_B =$	0,00	m
Larghezza di calcolo della fondazione		B =	3,50	m
Sovraccarico a lato della fondazione		q =	9	kPa
Accelerazione di picco su suolo rigido		$a_g =$	0,163	g
Fattore per un periodo di ritorno della azione sismica di 475 anni		$F_o =$	2,372	
Coefficiente di amplificazione topografica		$S_T =$	1	
Coefficiente di amplificazione stratigrafica (in funzione della categoria di sottosuolo)		$S_S =$	1,47	
Coefficiente riduttivo b dell'accelerazione massima attesa (Tabelle 7.11.I delle NTC18)		b =	0,24	
Accelerazione massima		$a_{max} =$	0,24	g
Coefficiente sismico orizzontale		$k_h =$	0,058	
Fattori di capacità portante		$N_q =$	10,0	
		$N_c =$	19,9	
		$N_g =$	10,0	

		m =	2,00	
		i _q =	1,00	
	Fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico	i _c =	1,00	
		i _g =	1,00	
		b _q =	1,000	
	Fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base della fondazione	b _c =	1,000	
		b _g =	1,000	
		g _q =	1,000	
	Fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano campagna	g _c =	1,000	
		g _g =	1,000	
		d _q =	1,045	
	Fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa	d _c =	1,042	
		z _q =	0,954	
	Fattori correttivi effetti inerziali del sisma	z _c =	0,982	
		z _g =	0,954	
OMMISSIONE DEL CALCOLO DEGLI EFFETTI INERZIALI				
	Carico limite unitario della fondazione (capacità portante)	q _{lim} =	584,2	kPa
	Coefficiente parziale di sicurezza che opera direttamente sulla resistenza del sistema	g _R =	2,3	
	Valore di progetto della resistenza della fondazione	R _d =	889	kN
	Verifica soddisfatta (N _d ≤ R _d)		SI	
	Grado di utilizzazione	L _{GEO} =	73,1	%
VALUTAZIONE ESPlicita DEGLI EFFETTI INERZIALI				
	Carico limite unitario della fondazione (capacità portante)	q _{lim} =	562	kPa
	Coefficiente parziale di sicurezza che opera direttamente sulla resistenza del sistema	g _R =	1,8	
	Valore di progetto della resistenza della fondazione	R _d =	1 136	kN
	Verifica soddisfatta (N _d ≤ R _d)		SI	
	Grado di utilizzazione	L _{GEO} =	57,2	%

Come riportato in Tabella 6.1, risulta pertanto verificata la disequazione $R_{d, sis} > E_{d, sis}$.

7. CONCLUSIONI

Alla luce dei risultati ottenuti nella Relazione Geologica sulla Modellazione Sismica effettuata mediante Analisi di II livello di approfondimento, si è proceduto a redigere la presente Relazione Geotecnica ai sensi del D.M. 17-01-18 in cui sono state affrontate le seguenti tematiche:

- descrizione dell'opera in oggetto e riassunto delle azioni di progetto agenti sul terreno;
- definizione del volume significativo di terreno influenzato dall'opera, del modello geotecnico del sottosuolo e dei parametri fisico meccanici caratteristici;
- verifiche delle prestazioni attese in campo statico e sismico

I valori delle azioni di progetto così come i dati della struttura sono stati inviati allo scrivente dallo Strutturista dell'opera in progetto.

Il modello geotecnico realizzato per il sottosuolo dell'area d'indagine è caratterizzato da un unico livello profondo 10-12m da p.c. caratterizzato dalla presenza di argille limose e/o limi argillosi; per tale Unità litologica sono stati forniti i parametri fisico meccanici caratteristici ed è stata considerata una falda a circa 3m da p.c.

Ai sensi del D.M. 17-01-18, per la verifica della disequazione tra le resistenze e le azioni di Progetto, $R_d \geq E_d$, sono state eseguite le seguenti verifiche delle prestazioni attese in campo statico e sismiche:

- Stato Limite Ultimo (SLU) per i carichi assiali in condizioni drenate e non drenate;
- Stato Limite di Esercizio (SLE) nel campo elastico per la valutazione dei cedimenti immediati in condizioni drenate e non drenate;
- Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per carichi assiali in condizioni sismiche e drenate.

Per quanto concerne le verifiche SLU e la verifica SLV gli esti hanno confermato la validità della disequazione $R_d \geq E_d$, in quanto la resistenza del terreno R_d è risultata essere maggiore alle azioni di Progetto E_d comunicate allo scrivente.

Le verifiche agli SLE effettuate in condizioni drenate e non drenate hanno restituito valori del tutto accettabili in merito ai possibili cedimenti immediati dato anche il carico considerato agente sul terreno.

Sasso Marconi (BO), febbraio 2022



CONCLUSIONI

Su incarico dello Studio Zero Associati di Bologna, nell'ambito del progetto di realizzazione di una nuova strada comunale nel Comune di Valsamoggia (BO), loc. Crespellano, nel periodo gennaio-febbraio 2022 sono state svolte le seguenti attività:

- Redazione della Relazione Geologica;
- Analisi del II livello di approfondimento, verifica delle eventuali pericolosità sismiche locali e redazione della Relazione sulla modellazione sismica secondo l'approccio semplificato;
- Acquisizione dei carichi di progetto, verifiche delle prestazioni attese in campo statico e sismico e redazione della Relazione Geotecnica.

L'analisi iniziale dei Piani Normativi sovraordinati (P.S.A.I., P.T.C.P. e P.S.C.) non ha fatto emergere particolari criticità e/o pericolosità geologiche per l'area di riferimento.

Lo scrivente nel 2020 aveva già eseguito delle indagini di tipo geologico e geofisico in sito, oltre che a prove di laboratorio geotecnico, nella medesima area per la progettazione di una lottizzazione residenziale che è tutt'ora in corso; sono pertanto stati utilizzati i dati acquisiti da tali indagini e da quelle pregresse al contorno del sito per ricostruire il modello geologico e sismico locali del primo sottosuolo.

Come indicato nella Tabella A, nel complesso il sottosuolo dell'area d'indagine è caratterizzato fino a circa 10-12m da p.c. da argille limose e/o limi argillosi da poco consistenti a consistenti con sparsi livelli decimetrici limoso/sabbiosi o prettamente sabbiosi mediamente addensati che in alcuni casi hanno spessori anche dell'ordine del metro.

Oltre suddetta quota sono state rinvenute ghiaie da fini a grossolane mediamente addensate in matrice sabbiosa fino alla massima profondità d'indagine nella zona in oggetto pari a 20m da p.c.: dalle indagini eseguite al contorno è stato desunto che le ghiaie sono continue fino a circa 30m da p.c.

In merito alla presenza di falda nell'area d'indagine si può asserire quanto segue:

- le misure freatiche eseguite all'interno delle prove CPTu nelle litologie superficiali hanno restituito livelli a varie profondità comprese tra 2-3m da p.c., mentre alcune delle prove non hanno evidenziato la presenza di acqua;

- il sondaggio a carotaggio continuo attrezzato a piezometro avente ha invece restituito una soggiacenza di circa 14m da p.c.

Si tratta pertanto di due livelli differenti afferenti a falde diverse; in particolare il più superficiale è riferibile ad una circolazione idrica nei limi sabbiosi o nelle sabbie limose rinvenute nei primi metri; il secondo invece più profondo è attribuibile ad una vera propria falda con livello presente durante tutto l'anno idrologico ed alimentata da monte, il cui serbatoio è costituito dalle ghiaie sabbiose riscontrate dal sondaggio.

Pertanto, si ritiene la falda profonda quella effettivamente di riferimento locale, mentre quella superficiale intermittente con possibile sviluppo limitato lateralmente e legata alla stagionalità delle piogge e quindi non si esclude che tale livello possa alzarsi o abbassarsi in funzione delle precipitazioni.

Tuttavia, visto che la cartografia idrogeologica del PSC riporta una soggiacenza pari a circa 8-9m da p.c., dato che sono stati rilevati nelle indagini in sito livelli più o meno sabbiosi saturi o parzialmente saturi a varie profondità, a scopo cautelativo viene considerata una soggiacenza della falda superficiale pari a 2m da p.c. anche se effimera e probabilmente stagionale.

Tabella A – *Modello geologico di riferimento (MGR) del sottosuolo dell'area d'indagine.*

N ORIZZONTE	PROFONDITA' (m da p.c.)	LITOLOGIA	PESO DELL'UNITA' DI VOLUME (γ , kN/m ³)	COESIONE NON DRENATA (c_u , kPa)	COESIONE EFFICACE (c' , kPa)	ANGOLO DI ATTRITO INTERNO (ϕ°)
0	0.00-0.60	Terreno agricolo/vegetale	-	-	-	-
1	0.60÷10.00/12.00	Argilla e Argilla limosa con livelli sparsi di limo sabbioso e sabbia limosa	Min-max: 11.20÷21.20 med: 18.75	Min-max: 2.00÷129.70 med: 50.46	4.2; 19.5; 4.7; 20.05; 12.96	22°; 25.29°; 26.42°; 26.26°; 27.71°
2	10.00/12.00÷20.00	Ghiaia da fine a grossolana in matrice sabbioso limosa	Min-max: 17.50÷21.60 med: 19.76	-	-	42°; 44°
<i>Falda superficiale: 2-3m da p.c.</i>						
<i>Falda profonda: di 14m da p.c.</i>						

Relativamente alla modellazione sismica dell'area d'indagine, in Tabella B sono riportati i risultati dell'indagine in sito eseguita, quelli dell'elaborazione relativa alla potenziale liquefazione lungo le verticali indagate ed i parametri sismici indipendenti dal sito investigato e quelli sito specifici.

In generale nei primi 30 m da p.c., i terreni soano caratterizzati da valori di velocità delle onde S (V_s) tipiche di litologie con consistenza da media ad elevata; in base alle elaborazioni effettuate è stato possibile ricavare un valore di media ponderata

delle onde di taglio nei primi 30m pari a $V_{s,30}=358\text{m/s}$, corrispondente alla *Categoria di sottosuolo C secondo l'approccio semplificato* considerando che l'incertezza sul valore calcolato di $V_{s,30}$ è dell'ordine del 20%.

Tabella B – Modellazione sismica del sottosuolo dell'area d'indagine (Approccio semplificato – Analisi Il livello di approfondimento).

UBICAZIONE SITO D'INDAGINE (COORDINATE ED50)	
Latitudine: 44,515237N;	Longitudine: 11,136016E
ELABORAZIONE DEI RISULTATI DELLE INDAGNI ESEGUITE IN SITO	
Velocità media ponderata delle onde di taglio nei primi 30m	$V_{s,30}=358\text{m/s}$
Amplificazione suolo per risonanza stratigrafica	basso contrasto d'impedenza picco H/V=5Hz.
Grado di amplificazione	BASSO
Categoria di Sottosuolo	C
Categoria Topografica	T_1
Indice del potenziale di Liquefazione (IPL)	0.00–1.526
Classe di rischio	BASSO
Probabilità di liquefazione	3.4%–5.956%
Potenziale di liquefazione	BASSO
PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI	
Accelerazione massima orizzontale di base per SLV	$a_g=0.166g$
Accelerazione massima per SLV	$a_{max}=2.433$
Coefficiente sismico orizzontale per SLV	$k_h=0.058$

L'area d'indagine è ubicata nella nell'alta pianura padana; non si ritengono siano possibili amplificazioni per topografia in quanto l'inclinazione media del versante i è da considerare inferiore a 15° .

La curva HVSR, ottenuta sperimentalmente è caratterizzata da modeste amplificazioni locali del moto del suolo in tutto il range analizzato, con un massimo H/V che è stato registrato a circa 5 Hz.

Le verifiche della potenziale liquefazione eseguite sulle verticali d'indagine hanno restituito valori dell'indice di potenziale di liquefazione IPL compreso tra 0.00–1.526, con rischio basso; si ritiene pertanto che il fenomeno difficilmente possa innescarsi in caso di sisma data la probabilità classificata come bassa compresa tra 3.4%–5.956%.

Il progetto prevede la realizzazione di una strada senza uscita della lunghezza di circa 150m compresa tra la lottizzazione a nord ed il plesso scolastico di Crespellano a sud; in base alle tavole fornite dal Progettista è prevista la costruzione di una strada ad una corsia per senso di marcia di larghezza pari a 3.5m ciascuna e di spessore complessivo pari a circa 0.70m da p.c.

Completano l'opera parcheggi, marciapiedi, una pista ciclabile ed una rotonda alla fine della strada per l'inversione di marcia.

In base ai dati geotecnici di laboratorio e da letteratura scientifica, utilizzando formule statistiche sono stati calcolati i parametri fisico meccanici caratteristici dei terreni interessati dall'opera in oggetto.

Come risulta dalla Tabella C, dove si riporta il Modello Geotecnico sito specifico, per quanto previsto in progetto risulta di interesse per le verifiche un'unica l'Unità litologica costituita da argilla limosa e/o limo argilloso fino a $10\div 12\text{m}$ da p.c.; è stata considerata una soggiacenza della falda superficiale attorno a 2–3m da p.c.

Tabella C– Modello Geotecnico di riferimento per l'area d'indagine con parametri fisico meccanici caratteristici.

N. UNITA' LITOTECNICA	PROF. (m da p.c.)	SPES. (m)	LITOLOGIA	PESO DELL'UNITA' DI VOLUME ($\gamma_{k,d}$, kN/m ³)	COESIONE NON DRENATA ($c_{u,k}$, kPa)	COESIONE EFFICACE (c'_k , kPa)	ANGOLO DI ATTRITO INTERNO (ϕ'_k)	MODULO ELASTICO NON DRENATO E DRENATO (E_u E'_k , kPa)
1	0.00÷12.00	10.00÷ 12.00	Argilla limosa e limo argilloso da poco a mediamente consistente	18	46.6	8.47	24.4	10'000; 8'700
Falda superficiale: 2-3m da p.c.								

Ai sensi del D.M. 17-01-18, per la verifica della disequazione tra le resistenze e le azioni di Progetto, $R_d \geq E_d$, sono state eseguite le seguenti verifiche delle prestazioni attese in campo statico e sismiche:

- Stato Limite Ultimo (SLU) per i carichi assiali in condizioni drenate e non drenate;
- Stato Limite di Esercizio (SLE) nel campo elastico per la valutazione dei cedimenti immediati in condizioni drenate e non drenate;
- Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per carichi assiali in condizioni sismiche e drenate.

Per quanto concerne le verifiche SLU e la verifica SLV gli esti hanno confermato la validità della disequazione $R_d \geq E_d$, in quanto le resistenze del terreno R_d sono risultate essere maggiori alle azioni di Progetto E_d comunicate allo scrivente dal Progettista

Le verifiche agli SLE effettuate in condizioni drenate e non drenate hanno restituito valori del tutto accettabili in merito ai possibili cedimenti immediati dato anche il carico considerato agente sul terreno.

Per la realizzazione di quanto previsto in progetto si raccomanda:

- la bonifica del terreno superficiale mediante asportazione della porzione superficiale di terreno vegetale per almeno 0.50m dal p.c.;
- la compattazione di ogni strato costituente il pacchetto stradale dopo la sua stesa e prima dell'aggiunta di quello successivo;
- una corretta pendenza del manto stradale che possa permettere il naturale deflusso delle acque meteoriche al fine di evitare ristagni sul tracciato;

Inoltre, poiché secondo le sezioni di progetto il materiale di base del rilevato stradale è previsto sia del tipo aggregato riciclato proveniente da demolizioni, tale materiale dovrà essere:

- acquistato da ditte autorizzate alla loro produzione;

- ottenuto da rifiuti speciali non pericolosi derivanti da attività di costruzione e demolizione che siano passati attraverso una procedura di recupero mediante, ad esempio, un frantoio mobile opportunamente autorizzato e che abbiano cessato la qualifica di rifiuto (*end of waste*) ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i.

In entrambi i casi tale materiale dovrà essere certificato con marcatura CE, Dichiarazione di Prestazione (DOP) e certificazione di compatibilità ambientale (Test di Cessione) per l'uso previsto in progetto.

Alla luce di quanto sopra riportato e dei risultati ottenuti, per quanto di competenza dello scrivente, si esprime parere favorevole alla realizzazione della Lottizzazione in progetto in quanto non sono state rilevate pericolosità geologiche e sismiche tali da inficiarne la fattibilità.

Sasso Marconi (BO), febbraio 2022

