



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

D.G.R. n. 2245 del 27.12.2018

MICROZONAZIONE SISMICA

Livello 3

Relazione illustrativa

Regione Emilia-Romagna

Comune di Roccabianca



Regione	Soggetto realizzatore	Data
EMILIA-ROMAGNA	 <i>Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti</i>	MARZO 2021

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
2.	INQUADRAMENTO	3
3.	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	4
4.	MODELLO DEL SOTTOSUOLO	5
5.	ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	6
5.1	PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.....	7
5.2	SEGNALI IN INPUT	7
5.3	MODELLO GEOFISICO DEL SOTTOSUOLO.....	8
5.4	Procedura di analisi RSL.....	17
5.5	Analisi dei risultati.....	22
5.6	Considerazioni sui risultati delle analisi di terzo livello	34
6.	VERIFICA DEL RISCHIO LIQUEFAZIONE	37
6.1	Premesse.....	38
6.2	Analisi dei risultati.....	42
7.	CARTE DI MICROZONAZIONE SISMICA	45
8.	ELENCO ELABORATI	47

Allegato: Indagini integrative

- Prove CPTU e SPCUT
- Sondaggi a carotaggio continuo
- Prove di laboratorio
- Verifiche di liquefazione

1. INTRODUZIONE

Nella presente Relazione illustrativa vengono descritte le attività svolte e i risultati ottenuti nel corso dello Studio di microzonazione sismica di Livello 3 del Comune di Roccabianca (Provincia di Parma).

Lo studio è stato eseguito a seguito di incarico assegnato con Determinazione Dirigenziale n° 274 del 01.10.2019 – CUP: G32G19000010002 – CIG: ZA129DE5A9 e finanziato con contributi derivanti dalla DGR n° 2245 del 27/12/2018 “*Approvazione dei criteri per la realizzazione di studi di microzonazione sismica nei comuni caratterizzati da una pericolosità sismica ag inferiore a 0,125g in attuazione dell'art.8 della L.R. n.19/2008. Approvazione allegati A1 e A2*” e assegnati al Comune di Roccabianca con Determinazione Dirigenziale n° 6559 del 11.04.2019.

Si ricorda che il Comune di Roccabianca è dotato di uno studio di Microzonazione Sismica di secondo livello realizzato nel gennaio 2019 dallo scrivente professionista e certificato dalla Regione Emilia-Romagna con nota PG/2018/0491204 dell'11.07.2018.

Le attività di ricerca, acquisizione ed implementazione dati oltre che la predisposizione degli elaborati prodotti nell'ambito del presente studio, sono stati condotti in ottemperanza delle direttive e agli atti tecnici sotto elencati:

- Allegato A della D.G.R. 29 aprile 2019, n. 630. Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017).
- “Indicazioni per l’archiviazione informatica, rappresentazione e fornitura dei dati degli studi di microzonazione sismica e dell’analisi della condizione limite per l’emergenza, di cui all’Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 52/2013 e decreto del 15 aprile 2013 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile” della deliberazione di Giunta Regionale n. 1919 del 16.12.2013 “Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di cui all’Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 52/2013 a favore degli Enti Locali” (Allegato D della delibera regionale).
- “Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica” - Versione 4.1, Roma, novembre 2018 - Elaborato e approvato nell’ambito dei lavori della Commissione tecnica per la microzonazione sismica, nominata con DPCM 21 aprile 2011 (SRAI).

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Marzo 2021	0	1 di 47

- “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica” approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni (ICMS).

Il presente studio è stato condotto a partire dal citato studio di Livello 2, provvedendo a realizzare un approfondimento di Livello 3 e ad aggiornare ed integrare gli elaborati precedentemente realizzati, in modo da renderli conformi alle nuove specifiche tecniche.

Gli elaborati redatti sono stati predisposti in versione cartacea e in versione digitale (PDF con risoluzione di 300 dpi). I dati cartografici sono stati allestiti anche in formato vettoriale (*shapefile*).

Per l'archiviazione dei dati e l'editing dei documenti sono stati seguiti gli standard di riferimento forniti dall'Allegato D della DGR 1919/2013 e dagli SRAI (Standard di rappresentazione e archiviazione informatica) versione 4.1.

Per l'inserimento dei dati alfanumerici dei siti, delle indagini e dei parametri è stato utilizzato l'apposito software: “MS - SoftMS”, versione 4.1.1.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Marzo 2021	0	2 di 47

2. INQUADRAMENTO

Il Comune di Roccabianca appartiene alla Regione Emilia-Romagna e ricade nella fascia di bassa pianura della Provincia di Parma (Fig. 1).



Fig. 1 - Ubicazione del Comune di Roccabianca

Per quanto riguarda la definizione della pericolosità di base e dell'assetto geologico e geomorfologici dell'area in oggetto, si rimanda a quanto esposto nel citato studio di secondo livello.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Marzo 2021	0	3 di 47

3. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

La ricerca effettuata presso gli archivi dell'Ufficio Tecnico Comunale ha consentito di esaminare ulteriori relazioni geologiche, prodotte a corredo di varianti agli strumenti urbanistici, di progetti edilizi, di PUA e di opere pubbliche nel lasso di tempo intercorso tra lo studio di MS2 e quello attuale e di acquisire copia delle indagini geognostiche eseguite.

I dati acquisiti sono andati ad integrare il database geognostico a suo tempo fornito dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

Una volta completato il quadro dei dati disponibili, è stata pianificata e condotta una specifica campagna di indagini integrative, consistita nell'esecuzione di n° 1 CPTU e n° 2 sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati ed esecuzione di prove del laboratorio tra cui colonne risonanti.

Tutte le indagini sono state trasformate in formato digitale con modalità georiferita, al fine di consentirne l'elaborazione in ambiente GIS. A tal proposito sia i dati di base, che i dati elaborati sono stati organizzati in formato vettoriale (*shapefile*).

In Tab. 1 è rappresentato il quadro d'insieme delle prove acquisite ricadenti nel territorio comunale o appositamente realizzate nelle aree interessate dal secondo e dal terzo livello d'approfondimento.

Prove in sito	archivio comunale	Prove MS2	Prove MS3	Totali
Sondaggi a carotaggio continuo	7		2	9
Prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono (CPTU)	9	6	1	16
Prove penetrometriche statiche con punta elettrica e cono sismico (SCPTU)		3		3
Prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)	48			48
Pozzi per acqua	5			5
MASW	3	1		4
Microtremori (HVSr)	8	41		49

Tab. 1 – Prove in sito disponibili per il Comune di Roccabianca

L'ubicazione degli elementi stratigrafici e geofisici acquisiti è riportata nella Carta delle indagini in scala 1:10.000.

4. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

La base per uno studio di microzonazione sismica è la definizione, quanto più accurata possibile, del modello geologico del sottosuolo, cercando di individuare come varia la successione stratigrafica all'interno delle aree in esame, con particolare riferimento all'individuazione della profondità del substrato geologico.

Per quanto concerne il modello generale del sottosuolo del Comune di Roccabianca, in questa sede viene ripreso quanto descritto nello studio di Microzonazione sismica di secondo livello.

Più in particolare sono stati esaminati e confrontati tra loro tutti i dati geognostici raccolti oltre a differenti cartografie tematiche, con scale a diverso grado di dettaglio.

Le aree oggetto di microzonazione sono caratterizzate dall'affioramento in superficie di depositi alluvionali, costituiti da depositi sabbie e limi sabbiosi, con copertura limo-argillosa di spessore variabile, appartenenti al Subsistema di Ravenna e all'Unità di Modena del medesimo subsistema.

Le stratigrafie di pozzo indicano la presenza di un primo banco sabbioso e sabbioso-ghiaioso di spessore pluridecimetrico appartenente al dominio padano, il cui tetto si colloca generalmente a profondità variabili da -1.00÷2.00 m, nella fascia prossima a F. Po, sino a -4.00÷10.00 m da p.c., nelle zone più interne del territorio.

I depositi padani occupano la porzione settentrionale del territorio e sono organizzati in corpi tabulari pressoché continui ed amalgamati, che costituiscono intervalli di spessore massimo di 25÷30 m, con asse deposizionale orientato E-W circa parallelamente al margine appenninico.

 Studio di geologia <i>dott. Stefano Castagnetti</i>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Marzo 2021	0	5 di 47

5. ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

La valutazione della risposta sismica locale per i siti del Comune di Roccabianca è stata effettuata per le sole azioni orizzontali, in corrispondenza di n° 5 verticali (Fig. 2), che corrispondono a n° 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono (CPTU) e n°3 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e sismocono (SCPTU), che hanno fornito valori affidabili di velocità delle onde sismiche S.

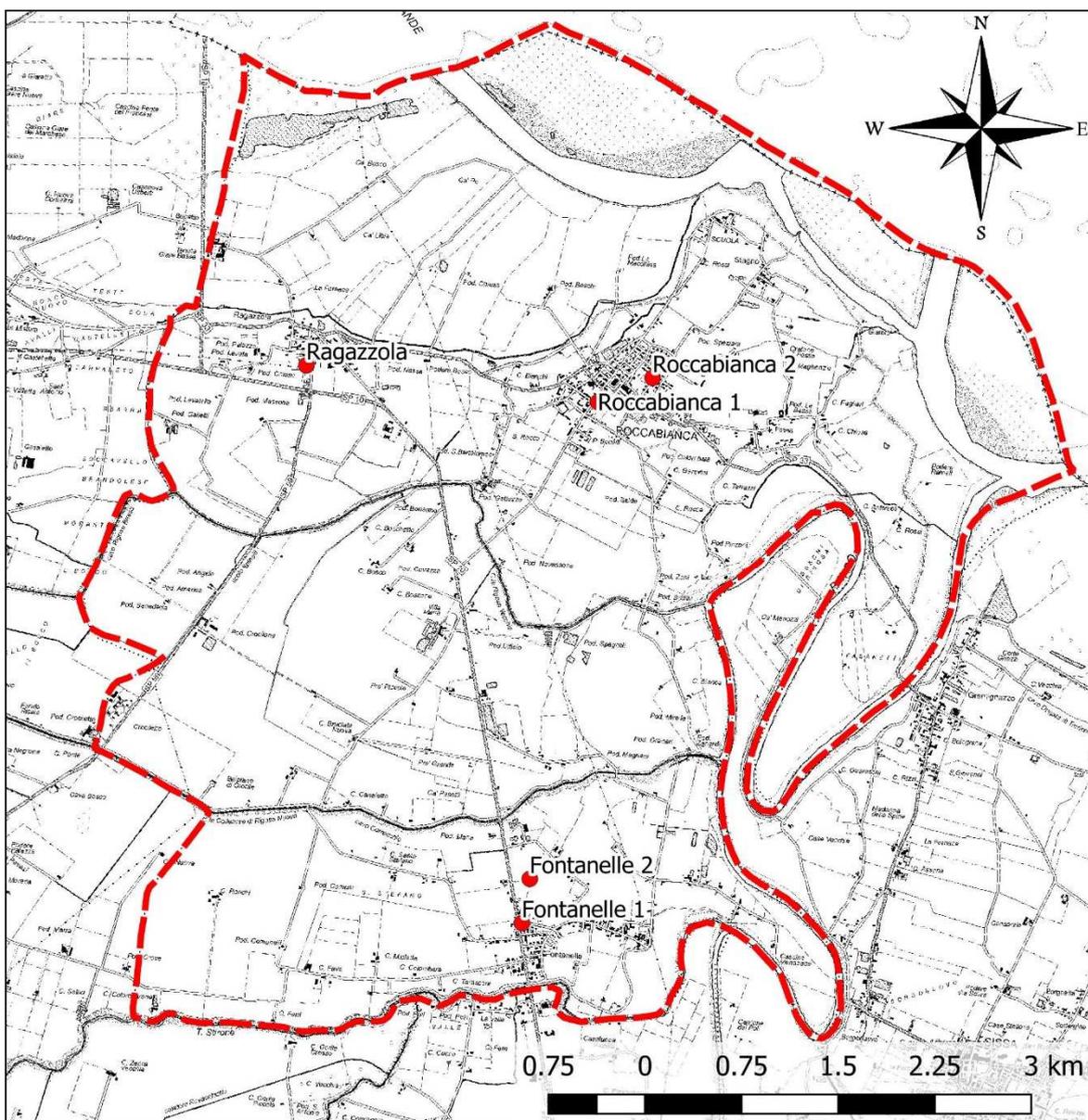


Fig. 2 – Ubicazione delle verticali in corrispondenza delle quali è stata effettuata la RSL

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Marzo 2021	0	6 di 47

5.1 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Nel caso della valutazione della risposta sismica locale di 3° livello nell'ambito della microzonazione sismica i parametri di riferimento (PGA su suolo di categoria A, spettri di risposta rappresentativi e segnali di riferimento) sono definiti dall'Allegato A4 della DGR 2193/2015 della Regione Emilia Romagna e confermati dalla DGR 630/2019.

In particolare l'Allegato A4 contiene:

- la forma dello spettro di risposta normalizzato rappresentativo del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 475 anni (con smorzamento pari al 5%) in Emilia-Romagna;
- le indicazioni per il reperimento e l'utilizzo dei segnali di riferimento selezionati;
- Le indicazioni per il calcolo dei valori di a_{refg} (10% di probabilità di superamento in 50 anni) di ogni sito indagato.

In Tab. 2 viene riportato il parametro $a_{ref,g}$ con 10% di probabilità di superamento in 50 anni utilizzato, per ciascuna verticale d'indagine su cui è stata eseguita la risposta sismica locale.

Verticale	Codice	a_{refg} (a_g/g)
SCPT01-Roccabianca 1	034030P77SCPT77	0,091
CPTU3-Roccabianca 2	034030P78CPTU78	0,091
SCPT02-Ragazzola	034030P74SCPT74	0,092
SCPT03-Fontanelle 1	034030P80SCPT80	0,102
CPTU1-Fontanelle2	034030P133CPTU133	0,102

Tab. 2 – Valori di a_{refg} con 10% di probabilità di superamento in 50 anni

5.2 SEGNALI IN INPUT

Quali segnali di input sismico sono stati utilizzati, quelli forniti dal software SEISM-HOME¹ di Eucentre.

Tutti i segnali sono stati selezionati attraverso una procedura che valuta la similarità tra le forme spettrali di riferimento e la forma degli spettri di risposta dei segnali contenuti

¹ Rota M., Zuccolo E., Taverna L., Corigliano M., Lai C.G., Penna A. [2012] "Mesozonation of the Italian territory for the definition of real spectrum-compatible accelerograms", Bulletin of Earthquake Engineering, Vol. 10, No. 5, pp. 1357-1375.

nelle banche dati. Il confronto viene effettuato con lo spettro di risposta indicato dalla NTC 2018, sempre con il 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni.

Il software SEISM-HOME fornisce 7 accelerogrammi per ciascun nodo del reticolo di riferimento della pericolosità sismica locale dell'Allegato A delle NTC 2008. Per il sito indagato sono stati utilizzati i sismi riferiti al nodo più vicino: il 14495.

Nel complesso, quindi, per ogni verticale analizzata, sono stati utilizzati 7 diversi accelerogrammi per le verifiche di risposta sismica locale (cfr. Tab. 3). Ovviamente tutti i sismi sono stati scalati in accelerazione per ottenere un valore massimo di input compatibile con quello previsto dalla RER.

M_w	D. epic. (km)	SF ASCONA	SF 1	SF 2	SF totale	ID
6.87	11.00	0.42	1.10	1.00	0.46	ESD 000182xa.cor
6.20	32.00	0.88	1.10	1.00	0.97	ESD 000234ya.cor
6.19	38.63	1.65	1.10	1.00	1.81	NGA 0455x.txt
6.93	83.53	0.71	1.10	1.00	0.78	NGA 0804y.txt
6.69	38.07	0.57	1.10	1.00	0.63	NGA 1091x.txt
6.60	36.18	0.93	1.10	1.00	1.02	KNET1 SAG0010503201053.NS
6.30	22.30	1.42	1.10	1.00	1.56	ITACA 20090406_013239ITDPC_MTR_NSC.DAT

Tab. 3 – Segnali in input utilizzati nelle analisi di RSL

5.3 MODELLO GEOFISICO DEL SOTTOSUOLO

La valutazione della risposta sismica locale richiede un'accurata modellazione delle caratteristiche geofisiche del sottosuolo, principalmente basata sui seguenti parametri:

- litologia;
- velocità delle onde sismiche di taglio (V_s);
- curve di variazione dello smorzamento (D) e della rigidità (G/G_0) in funzione della deformazione e densità in situ.

Tale modellazione va spinta in profondità fino a raggiungere il bedrock sismico, che dovrebbe essere uno strato con velocità $V_s > 800$ m/s.

5.3.1 Litologia, V_s e bedrock sismico

La valutazione di risposta sismica locale è stata effettuata in corrispondenza delle verticali di indagine indicate in Tab. 2 considerando le stratigrafie derivanti dall'interpretazione delle indagini stesse.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Marzo 2021	0	8 di 47

Considerato che le prove non hanno raggiunto il contrasto di impedenza più significativo evidenziato dalle prove HVSR, la stratigrafia è stata estesa, sulla base di dati stratigrafici di pozzi, fino a tale profondità.

In tutte le verticali analizzate, sotto uno spessore variabile di argille sono state riscontrate sabbie fino al *bedrock*. Va segnalato che in questo caso, si intende come *bedrock* un livello che presenta una velocità con un contrasto di impedenza pari a circa 2 volte rispetto alle sabbie soprastanti. Tale dato è stato ricavato dalle misure ottenute dalle prove SCPTU, fino a un massimo di -30,00 m da p.c. e, per gli strati più profondi, dalle prove HVSR realizzate per lo studio di microzonazione sismica di secondo livello.

Mediante il processo sopra descritto, si è giunti alla discretizzazione della Vs in funzione della profondità.

5.3.2 Curve di variazione dello smorzamento (D) e della rigidezza (G/G₀) in funzione della deformazione

Per le caratteristiche del rapporto di smorzamento (D) e del decadimento del modulo di taglio normalizzato (rigidezza, G/G₀) in funzione della deformazione di taglio γ si è fatto riferimento a curve ottenute sperimentalmente dagli scriventi, in siti all'interno dell'area interessata dallo studio e curve da letteratura.

Tali curve sono state ricostruite, partendo da dati di laboratorio, applicando le leggi di variazione dei parametri D e G/G₀ mediante il modello iperbolico di Yokota (1981).

Le leggi di variazione proposte da Yokota sono le seguenti:

$$\frac{G}{G_0} = \frac{1}{1 + \alpha\gamma^\beta} \qquad D = \eta e^{\left[-\lambda \frac{G}{G_0}\right]}$$

dove:

G/G₀ = modulo di taglio normalizzato

D = rapporto di smorzamento

γ = deformazione di taglio

$\alpha, \beta, \eta, \lambda$ = parametri sperimentali del modello

Il fit dei dati sperimentali alle funzioni sopra descritte è stato effettuato con il metodo dei minimi quadrati (X²).

In Fig. 3 è riportato un grafico esemplificativo della procedura di normalizzazione utilizzata per il campione S1 SH1.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Marzo 2021	0	9 di 47

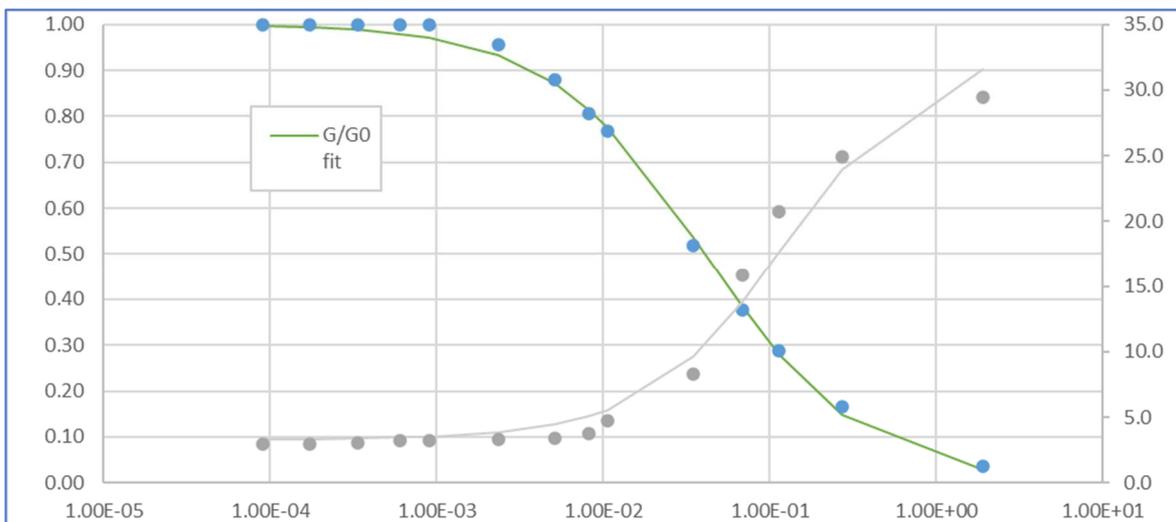


Fig. 3 – Grafico dei dati sperimentali delle curve di interpolazione per il campione S1 SH1

In Fig. 4 e Fig. 5 sono riportate le curve sintetiche ottenute utilizzando i fattori caratteristici α , β , η , λ (riassunti sinteticamente in Tab. 4 e Tab. 5) utili all'applicazione delle formule espresse sopra.

Litologia	Curva	G_0 (MPa)	α	β	η	λ
Argilla	S1 SH1	36.86	19.25	0.92	33.72	2.33
	S2 SH1	30.52	13.68	0.81	24.90	2.16

Tab. 4 – Riepilogo dei dati ottenuti dalla normalizzazione dei dati sperimentali

Le curve relative alle sabbie, per le quali non sono state effettuate prove di colonna risonante, vista l'impossibilità di ottenere campioni indisturbati con i normali metodi di campionamento, sono state ricavate da letteratura.

Litologia	Curva	α	β	η	λ
Sabbia	Sand Seed & Idriss (1970)	14.11	0.93	27.61	3.22

Tab. 5 – Riepilogo dei dati ottenuti delle curve di letteratura

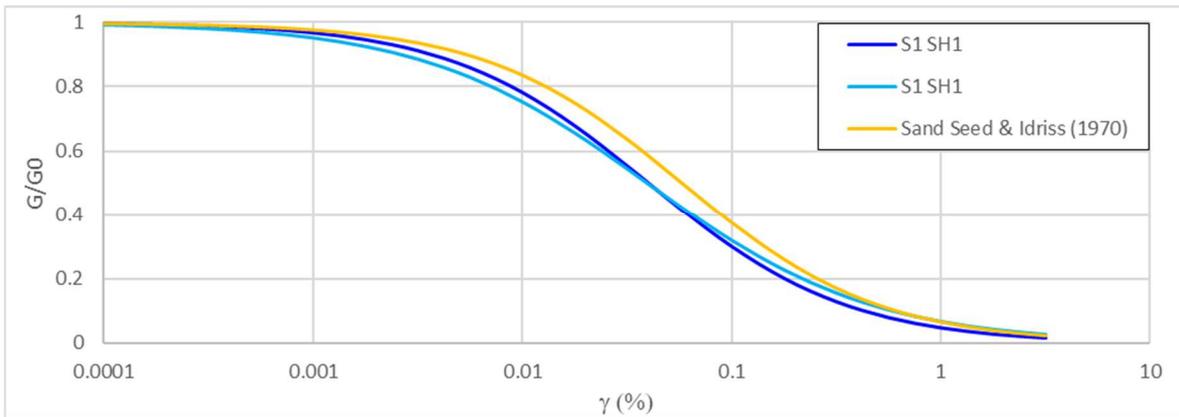


Fig. 4 – Grafico delle Curve di interpolazione di G/G_0 per i terreni in esame

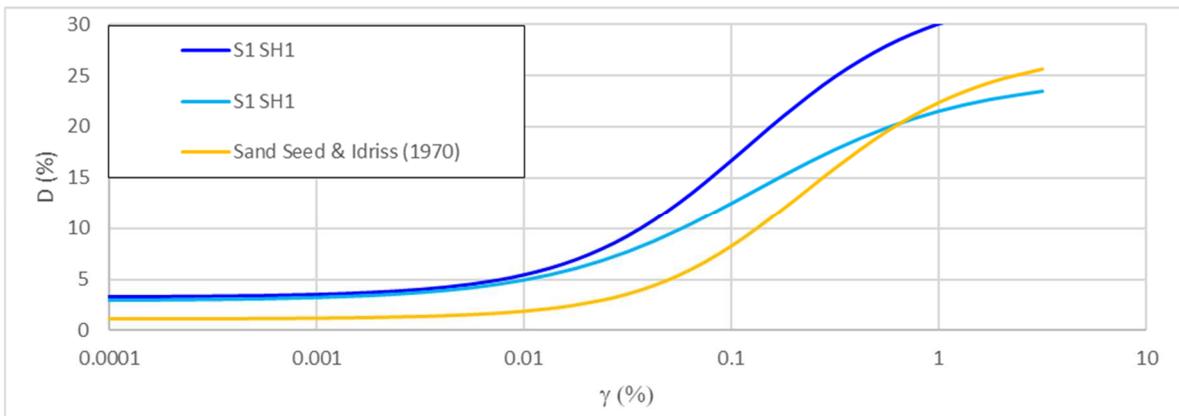


Fig. 5 – Grafico delle Curve di interpolazione di D per i terreni in esame

5.3.3 Descrizione dei modelli

5.3.3.1 Roccabianca 1

Come si evince dalla prova penetrometrica SCPTU 01 (-30,00 m da p.c.) riportata in Fig. 6, il *bedrock* sismico non è stato individuato. Tuttavia, facendo riferimento alla prova 034049P115HVS115 eseguita per lo studio di MS2, si è valutato opportuno collocarlo alla profondità di -65,00 m da p.c., attribuendogli una V_s di 540 m/s. La litologia è stata desunta dai dati forniti dalla prova penetrometrica.

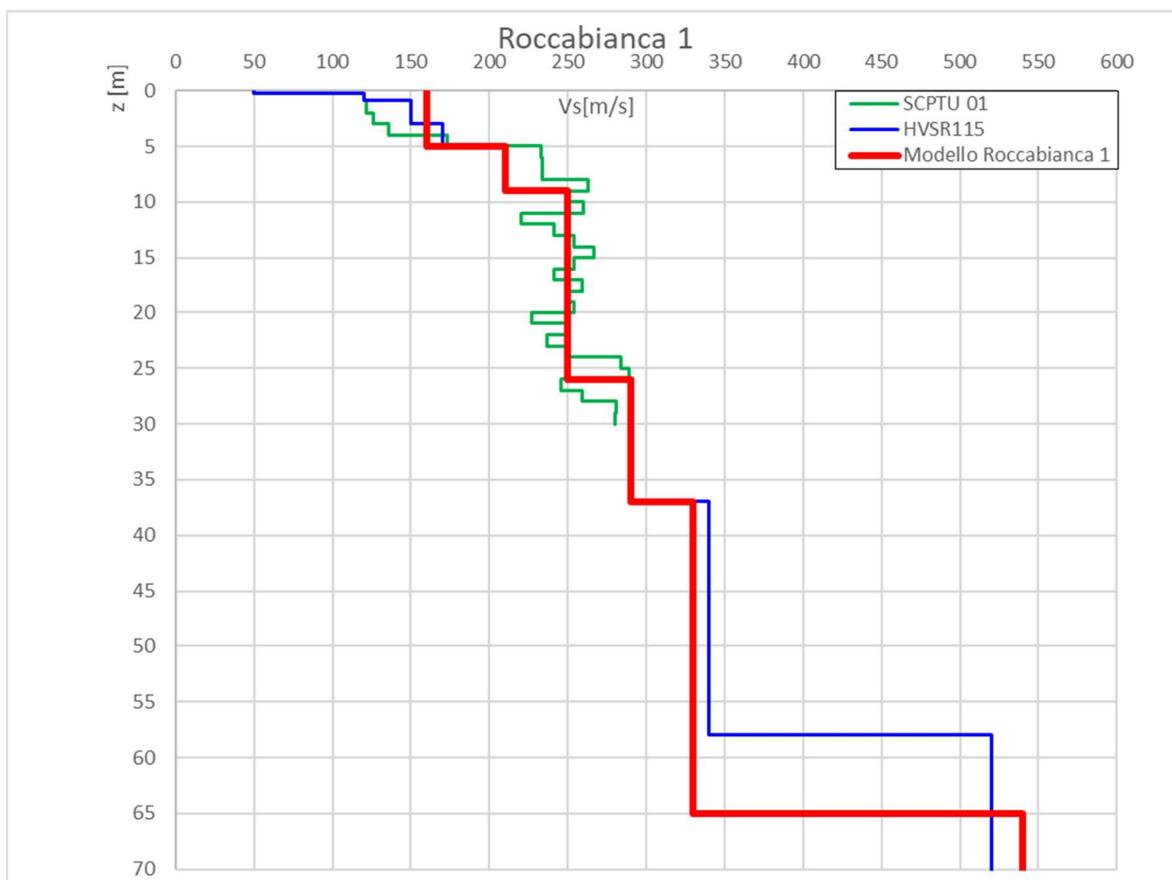


Fig. 6 – Discretizzazione della V_s per la verticale Roccabianca 1

In Tab. 6 è schematizzato il modello adottato.

Verticale	Profondità (m da p.c.)	Spessore (m)	γ (kN/m ³)	V_s (m/s)	Curva di decadimento
Argilla	da 0,00 a -5,00	5,00	18,00	160	S1 SH1
Sabbia 1	da -5,00 a -9,00	4,00	19,00	210	Sand Seed & Idriss (1970)
Sabbia 2	da -9,00 a -26,00	17,00	19,50	250	Sand Seed & Idriss (1970)
Sabbia 3	da -26,00 a -37,00	11,00	19,50	290	Sand Seed & Idriss (1970)
Sabbia 4	Da -37,00 a -65,00	28,00	19,50	330	Sand Seed & Idriss (1970)
Bedrock	da -65,00	-	22,00	540	-

Tab. 6 – Parametri del modello geofisico adottato

5.3.3.2 Roccabianca 2

Per la verticale Roccabianca 2 non si ha una misura diretta di V_s che è stata determinata dalla prova 034049P115HVSR115, tenendo conto della litologia desunta dalla prova penetrometrica CPTU03 e dal sondaggio S2, collocando il *bedrock* sismico alla profondità di -65.00 m da p.c. con una V_s di 540 m/s.

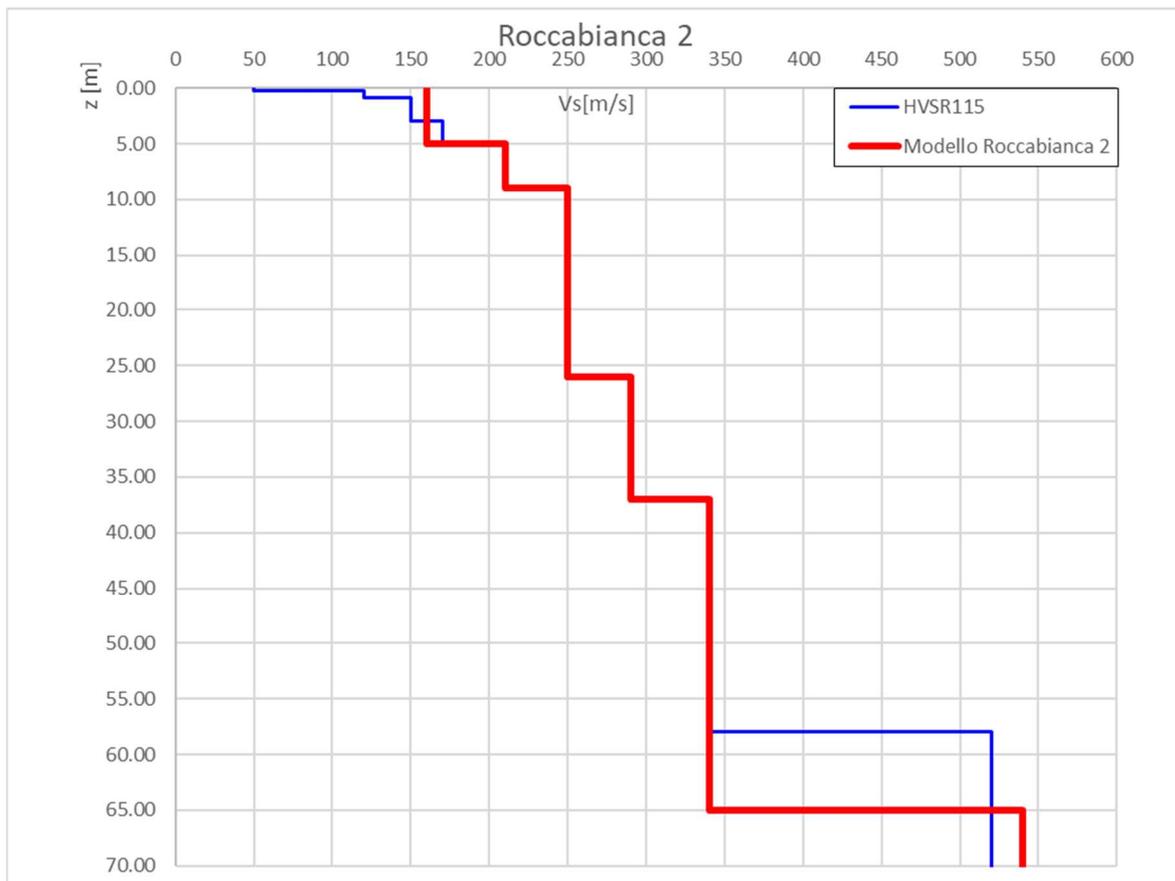


Fig. 7 – Discretizzazione della V_s per la verticale Roccabianca 2

In Tab. 7 è schematizzato il modello adottato

Verticale	Profondità (m da p.c.)	Spessore (m)	γ (kN/m ³)	V_s (m/s)	Curva di decadimento
Argilla 1	da 0,00 a -5,00	5,00	18,00	160	S1 SH1
Argilla 2	da -5,00 a -9,00	4,00	18,50	210	S1 SH1
Sabbia 1	da -9,00 a -26,00	17,00	19,00	250	Sand Seed & Idriss (1970)
Sabbia 2	da -26,00 a -37,00	11,00	19,50	290	Sand Seed & Idriss (1970)
Sabbia 3	da -37,00 a -65,00	28,00	19,50	340	Sand Seed & Idriss (1970)
Bedrock	da -65,00	-	22,00	540	-

Tab. 7 – Parametri del modello geofisico adottato

5.3.3.3 Ragazzola

Come si evince dalla prova SCPTU 02 (-30,00 m dal p.c.) riportata in Fig. 8, il *bedrock* sismico non è stato individuato. Tuttavia, facendo riferimento alla prova 034049P 87HVSR87 eseguita per lo studio di MS2, si è valutato opportuno collocarlo alla profondità di -65,00 m da p.c., attribuendogli una V_s di 540 m/s. La litologia è stata desunta dai dati forniti dalla prova penetrometrica.

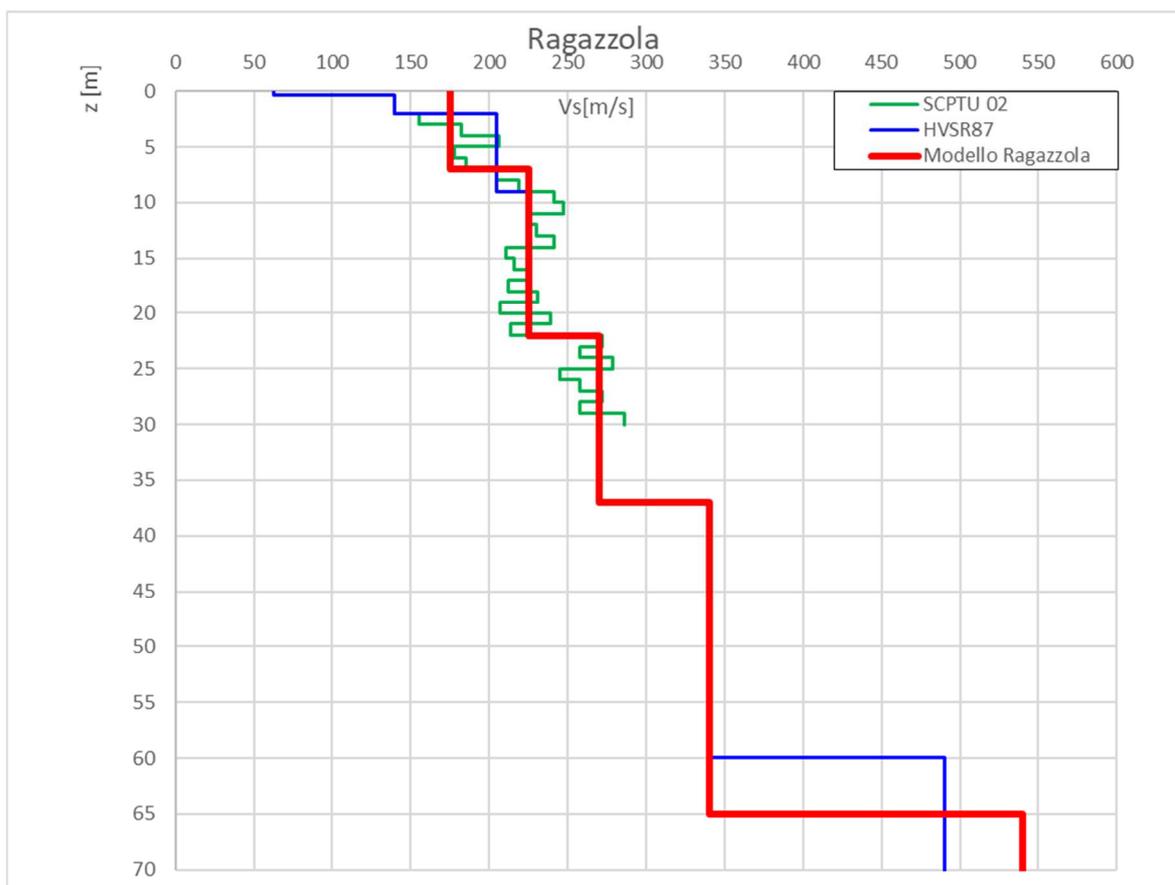


Fig. 8 – Discretizzazione della V_s per la verticale Ragazzola

In Tab. 8 è schematizzato il modello adottato.

Verticale	Profondità (m da p.c.)	Spessore (m)	$\gamma(kN/m^3)$	V_s (m/s)	Curva di decadimento
Argilla	da 0,00 a -7,00	7,00	18,00	175	S1 SH1
Sabbia 1	da -7,00 a -22,00	15,00	19,00	220	Sand Seed & Idriss (1970)
Sabbia 2	da -22,00 a -37,00	15,00	19,50	270	Sand Seed & Idriss (1970)
Sabbia 3	da -37,00 a -65,00	28,00	19,50	340	Sand Seed & Idriss (1970)
Bedrock	da -65,00	-	22,00	540	-

Tab. 8 – Parametri del modello geofisico adottato

5.3.3.4 Fontanelle 1

Come si evince dalla prova penetrometrica SCPTU 03 (-17,38 m da p.c.) eseguita per lo studio di MS2 e riportata in Fig. 9, il bedrock sismico non è stato individuato. Tuttavia, facendo riferimento alla prova 034049P107HVSR107 eseguita per lo studio di MS2, si è valutato opportuno collocarlo alla profondità di -65,00 m da p.c., attribuendogli una V_s di 540 m/s. La litologia è stata desunta dai dati forniti dalla prova penetrometrica.

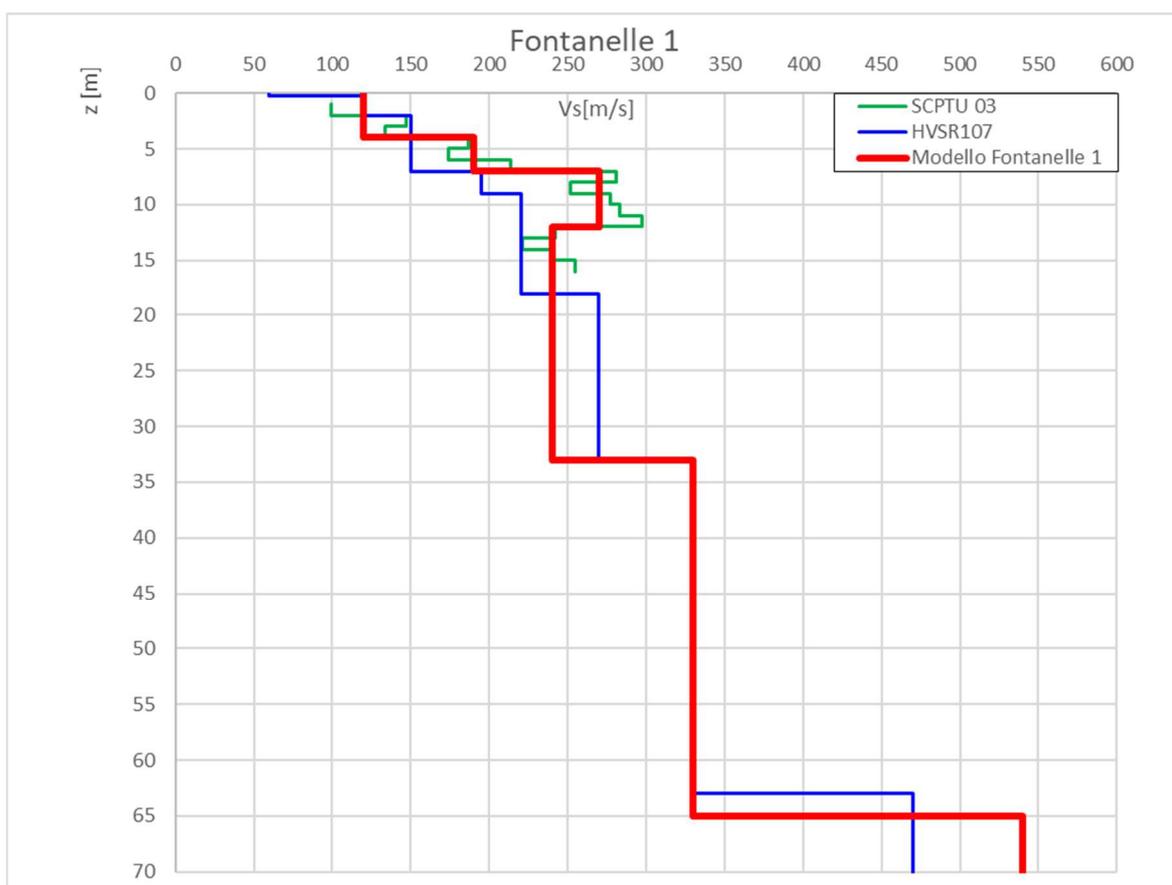


Fig. 9 – Discretizzazione della V_s per la verticale Fontanelle 1

In Tab. 9 è schematizzato il modello adottato.

Verticale	Profondità (m da p.c.)	Spessore (m)	γ (kN/m ³)	V_s (m/s)	Curva di decadimento
Argilla 1	da 0,00 a -4,00	4,00	18,00	120	S1 SH1
Argilla 2	da -4,00 a -7,00	3,00	18,50	190	S1 SH1
Sabbia 1	da -7,00 a -12,00	5,00	19,50	270	Sand Seed & Idriss (1970)
Sabbia 2	da -12,00 a -33,00	21,00	19,00	240	Sand Seed & Idriss (1970)
Sabbia 3	da -33,00 a -65,00	32,00	19,50	330	Sand Seed & Idriss (1970)
Bedrock	da -32,00	-	22,00	540	-

Tab. 9 – Parametri del modello geofisico adottato

5.3.3.5 Fontanelle 2

Per la verticale Fontanelle 2 non si ha una misura diretta di V_s , che è stata determinata dalla prova HVSR 107, tenendo conto della litologia desunta dalla prova penetrometrica CPTU01 2019, collocando il *bedrock* sismico alla profondità di -65.00 m da p.c. con una V_s di 540 m/s.

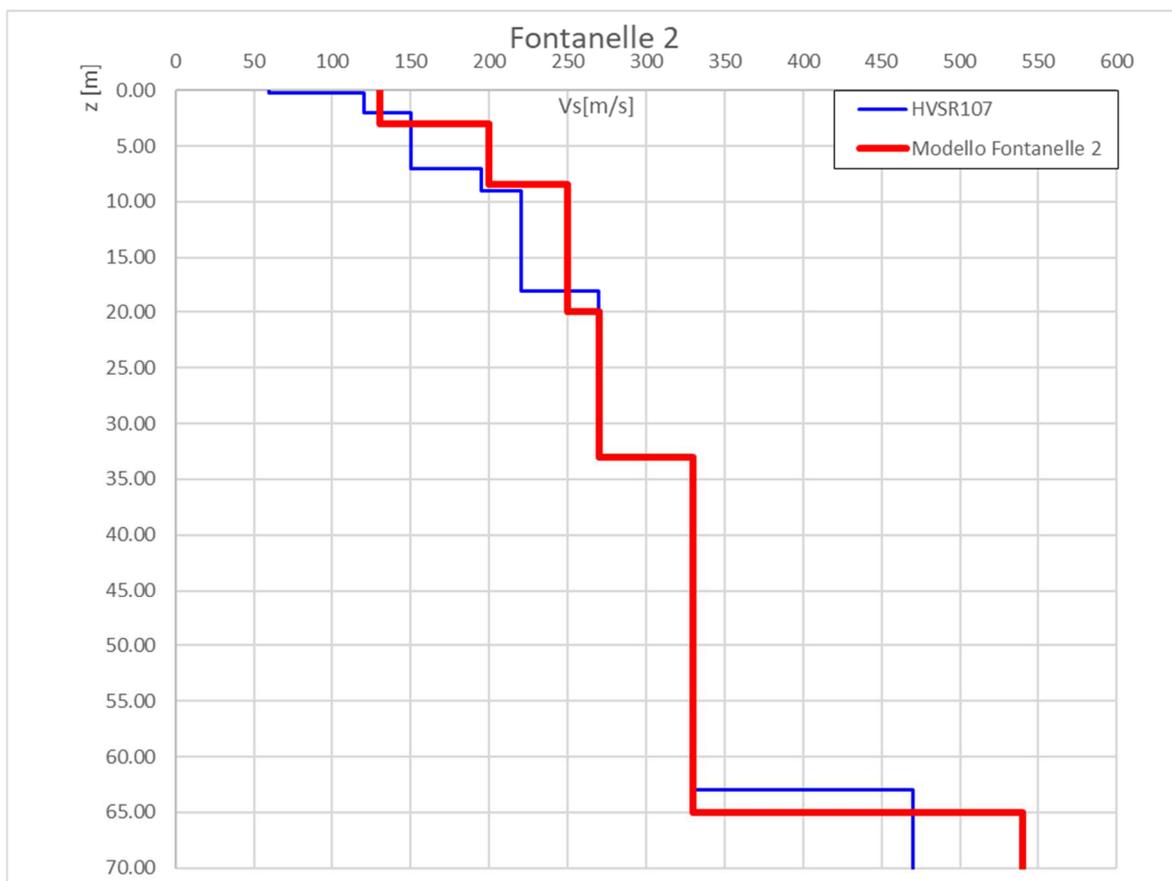


Fig. 10 – Discretizzazione della V_s per la verticale Fontanelle 2

In Tab. 10 è schematizzato il modello adottato.

Verticale	Profondità (m da p.c.)	Spessore (m)	γ (kN/m ³)	V_s (m/s)	Curva di decadimento
Argilla 1	da 0,00 a -3,00	3,00	18,00	130	S1 SH1
Argilla 2	da -3,00 a -8,50	5,50	18,50	200	S1 SH1
Sabbia 1	da -8,50 a -20,00	11,50	19,50	250	Sand Seed & Idriss (1970)
Sabbia 2	da -20,00 a -33,00	13,00	19,00	270	Sand Seed & Idriss (1970)
Sabbia 3	da -33,00 a -65,00	32,00	19,50	330	Sand Seed & Idriss (1970)
Bedrock	da -65,00	-	22,00	540	-

Tab. 10 – Parametri del modello geofisico adottato

5.4 PROCEDURA DI ANALISI RSL

Per la valutazione della risposta sismica locale è stato utilizzato il codice di calcolo LSR 2D (Local Sismic Response 2D) Ver. 4.5 di STACEC.

Il codice di calcolo LSR2D consente di effettuare una modellazione bidimensionale del problema mediante il metodo degli elementi finiti, nel dominio del tempo, in tensioni totali, utilizzando il metodo lineare equivalente e tenendo conto della deformabilità del substrato.

Qualora la stratigrafia in esame non presenti problematiche di carattere bidimensionale, come nel caso in esame, è comunque possibile studiare il problema monodimensionale grazie ad una discretizzazione di una striscia unitaria di terreno e all'applicazione di un sistema di vincoli sul modello FEM tale da consentire solo deformazioni di taglio.

5.4.1 Metodo lineare equivalente

Il comportamento meccanico dei terreni sotto l'effetto di carichi ciclici ad elevata frequenza è alquanto complesso e caratterizzato da marcata non linearità, accumulo di deformazioni permanenti, dissipazione di energia e degradazione progressiva delle caratteristiche meccaniche per effetto del numero di cicli di carico applicati. In presenza di fluido interstiziale, alle suddette problematiche si aggiunge l'accumulo di sovrappressioni interstiziali in condizioni di drenaggio impedito o parziale, che sono comunque le più frequenti, in considerazione della velocità di applicazione del carico.

La modellazione di tali fenomeni richiede l'utilizzo di legami costitutivi complessi, che oltretutto difficilmente riescono a riprodurre simultaneamente tutte le specificità del comportamento dei terreni. Per tale ragione spesso si preferisce fare riferimento a modelli costitutivi semplificati che, pur non essendo rigorosi, riescono a riprodurre il comportamento in modo adeguato in riferimento alla specifica applicazione.

In particolare, per quanto riguarda la risposta sismica dei depositi, l'approccio visco-elastico lineare equivalente rappresenta un valido compromesso tra semplificazione delle analisi ed accuratezza dei risultati. La strategia consiste sostanzialmente nel fare riferimento alle soluzioni visco-elastiche lineari per la propagazione delle onde sismiche adeguando in modo iterativo i parametri costitutivi in funzione del livello deformativo indotto dal moto sismico nel terreno.

 Studio di geologia <i>dott. Stefano Castagnetti</i>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Marzo 2021	0	17 di 47

Tale modello lineare equivalente, studia il comportamento tra tensione e deformazione del terreno basandosi sul modello di Kelvin-Voigt, illustrato in Fig. 11. La tensione τ dipende dalla deformazione γ e dalla sua derivata $\dot{\gamma}$, secondo la relazione:

$$\tau = G\gamma + \eta\dot{\gamma}$$

dove:

- G = Modulo di taglio
- η = viscosità del mezzo

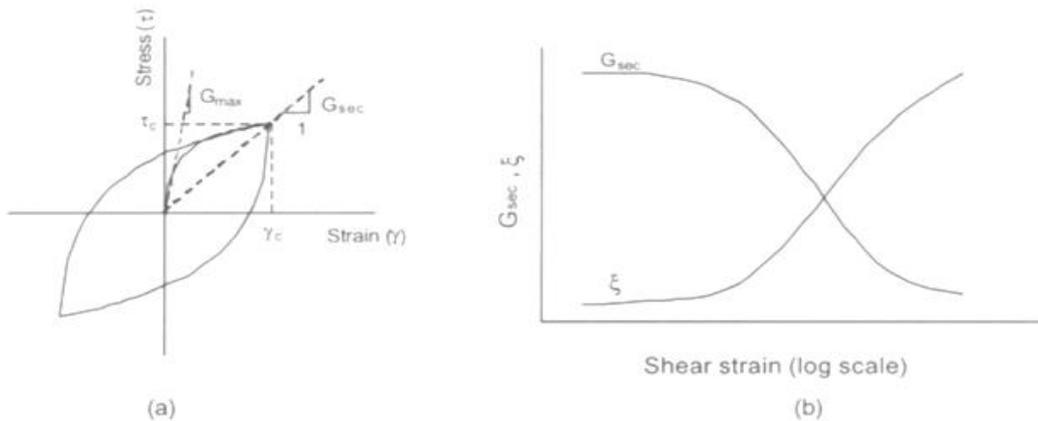


Fig. 11 – Modello lineare equivalente: (a) curve tensioni - deformazioni; (b) variazione del modulo

Il comportamento non lineare del terreno, durante un ciclo di carico, viene approssimato per come mostrato in Fig. 11. Il modulo di taglio equivalente, G , è preso considerando il modulo di taglio secante G_s .

È possibile notare come alla fine di un ciclo controllato e simmetrico di tensioni si ha:

$$G_s = \frac{\tau_c}{\gamma_c}$$

La curva $G_s - \gamma$ non può avere una forma arbitraria ma deriva dalla curva $\tau - \gamma$ e sussiste la seguente relazione:

$$\frac{d\tau}{d\gamma} = G_s(\gamma) + \frac{dG_s}{d\gamma} \gamma \geq 0$$

La descrizione del comportamento meccanico dei terreni nei confronti dei carichi ciclici non può peraltro prescindere dalla dissipazione intrinseca di energia che si verifica durante i cicli di carico-scarico. Il parametro di riferimento a tal riguardo è costituito dal coefficiente di smorzamento D , definito come:

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Marzo 2021	0	18 di 47

$$D = \frac{1}{4\pi} \frac{\Delta W^{dissp}}{W^{max}}$$

dove:

- ΔW^{dissp} = quantità di energia dissipata, per unità di volume, dal terreno durante un ciclo di carico armonico;
- W^{max} = massima energia di deformazione, per unità di volume, immagazzinata dal terreno durante lo stesso ciclo di carico armonico;

In definitiva la risposta non lineare del terreno tramite il modello viscoelastico lineare equivalente viene riassunta mediante delle curve di riduzione del modulo di taglio e di incremento del rapporto di smorzamento (Fig. 11b).

5.4.2 Soluzione alla singola iterazione mediante FEM

L'approccio utilizzato per la soluzione visco-elastica lineare all'interno dell'i-esimo ciclo iterativo utilizza il metodo degli elementi finiti. In particolare, il deposito di terreno viene discretizzato mediante una "mesh" di elementi finiti piani che possono avere forma quadrangolare o rettangolare a seconda dei casi (Fig. 12) e caricato mediante un'accelerazione alla base dello stesso (bedrock), la soluzione dell'equazione del moto viene poi ottenuta nel dominio del tempo utilizzando il metodo di integrazione di Newmark.

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku = -Ma_g$$

dove:

M = matrice di massa del sistema;

C = matrice di smorzamento del sistema;

K = matrice di rigidità del sistema;

\ddot{u}, \dot{u}, u = rispettivamente vettori di accelerazione, velocità e spostamento del sistema;

a_g = vettore di accelerazione alla base.

Tale equazione vale per ogni istante di tempo t_n e descrive l'equilibrio dinamico del sistema. La soluzione in termini di spostamento velocità ed accelerazione per ogni t_n viene ottenuta a partire dalle seguenti relazioni:

$$\dot{u}_n = \dot{u}_{n-1} + \Delta t [(1 - \gamma) \ddot{u}_{n-1} + \gamma \ddot{u}_n]$$

$$u_n = u_{n-1} + \Delta t \dot{u}_{n-1} + \frac{\Delta t^2}{2} [(1 - \beta) \ddot{u}_{n-1} + 2\beta \ddot{u}_n]$$

dove:

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Marzo 2021	0	19 di 47

Δt = incremento temporale tra l'istante di tempo tn e $tn - 1$

β = parametro del metodo di integrazione posto pari a 0.25

γ = parametro del metodo di integrazione posto pari a 0,50

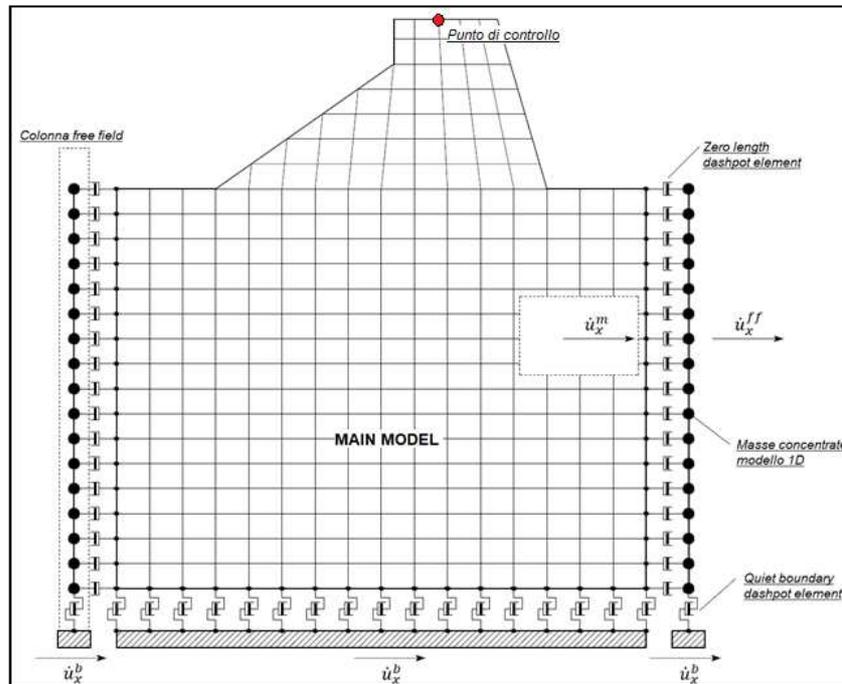


Fig. 12 – Discretizzazione FEM del terreno

5.4.2.1 Smorzamento

La matrice di smorzamento del sistema viene ottenuta mediante l'assemblaggio delle matrici di smorzamento dei singoli elementi, queste ultime ottenute a loro volta come:

$$C_q = \alpha_q M_q + \beta_q K_q$$

dove:

- α_q e β_q = coefficienti di smorzamento alla Rayleigh

Tali coefficienti vengono ottenuti a partire dal rapporto di smorzamento viscoso del singolo elemento e dalla relazione seguente:

$$\begin{aligned} \dot{u}_n &= \dot{u}_{n-1} + \Delta t [(1 - \gamma) \ddot{u}_{n-1} + \gamma \ddot{u}_n] \\ u_n &= u_{n-1} + \Delta t \dot{u}_{n-1} + \frac{\Delta t^2}{2} [(1 - \beta) \ddot{u}_{n-1} + 2\beta \ddot{u}_n] \end{aligned}$$

da cui si ottiene (Hudson, 1994):

$$D_q = \frac{1}{2} \left(\frac{\alpha_q}{\omega} + \beta_q \omega \right)$$

dove:

- ω_1 = frequenza naturale del primo modo del deposito;



Elaborato	Data	Agg.	Pag.
RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Marzo 2021	0	20 di 47

- $\omega_2 = n * \omega_1$ con $n = \omega_i / \omega_1$ (approssimato all'intero pari più grande) e ω_i frequenza di picco dello spettro ottenuto a partire dall'accelerazione di bedrock;

5.4.3 Procedimento iterativo

La procedura iterativa che consente di ottenere la risposta non lineare del sistema consiste nell'eseguire una sequenza di analisi lineari, con aggiornamento iterativo dei parametri di rigidità e smorzamento, fino al raggiungimento di un prefissato criterio di convergenza. Lo schema della procedura iterativa su cui è basato il modello lineare equivalente, da applicare ad ogni strato in cui è stato discretizzato il profilo stratigrafico, è il seguente:

1. definizione di curve $G = G(\gamma)$ e $D = D(\gamma)$ per i diversi strati
2. inizializzazione dei valori del modulo di taglio e del fattore di smorzamento ai livelli di piccole deformazioni (G_0 e D_0)
3. calcolo della risposta dinamica del suolo e valutazione della deformazione massima a taglio in ogni strato (γ_1)
4. aggiornamento dei valori $G_1 = G(\gamma_1)$ e $D_1 = D(\gamma_1)$
5. iterazione dei passi 3 e 4 fino a convergenza ($\gamma_{i-1} \sim \gamma_i$)

5.4.4 Interpretazione dei risultati

Il risultato della procedura iterativa sopradescritta non è altro che la storia temporale di accelerazione, velocità e spostamento di ogni grado di libertà del modello FEM.

Tuttavia, dal punto di vista ingegneristico è interessante monitorare la risposta in termini di accelerazione in superficie in corrispondenza di uno o più punti di controllo in modo da comprendere quelli che sono gli effetti indotti dal sito sull'amplificazione della sorgente sismica.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Marzo 2021	0	21 di 47

5.5 ANALISI DEI RISULTATI

I risultati della analisi condotte con il codice di calcolo LSR 2D (Local Sismic Response 2D) Ver. 4.5 di STACEC, elaborati nel dominio del tempo e delle frequenze, hanno consentito di definire per il sito in esame:

- Gli accelerogrammi di output;
- La curva di variazione dell'accelerazione con la profondità;
- Lo spettro di risposta elastico in pseudoaccelerazione (PSA); gli spettri rappresentati sono ottenuti come mediana dei valori degli spettri di tutti i segnali sismici in output.
- Il fattore di amplificazione in termini di picco di accelerazione (F_{aPGA}), definito come il rapporto tra l'accelerazione massima in superficie ed il valore di riferimento per il sito su suolo rigido;
- I fattori di amplificazione di sito in termini di rapporto tra intensità dello spettro di risposta in accelerazione (F_{aSA}) calcolato in superficie e quello calcolato su suolo rigido negli intervalli 0,1-0,5 s, 0,4-0,8 s, 0,5-1,5 e 0,7-1,1 s.
- I fattori di amplificazione di sito in termini di rapporto tra intensità dello spettro di risposta in velocità (F_{aIS}) calcolato in superficie e quello calcolato su suolo rigido negli intervalli 0,1-0,5 s, 0,5-1,0 s e 0,5-1,5 s.

Tali fattori di amplificazione in accelerazione e velocità sono ottenuti direttamente dal programma di calcolo confrontando lo spettro medio degli accelerogrammi in input con quello ottenuto dagli accelerogrammi in output.

In Fig. 13 è riportato, a titolo di esempio, il grafico con gli spettri medi in input e output per la verticale Roccabianca 1, generato da LSR2D.

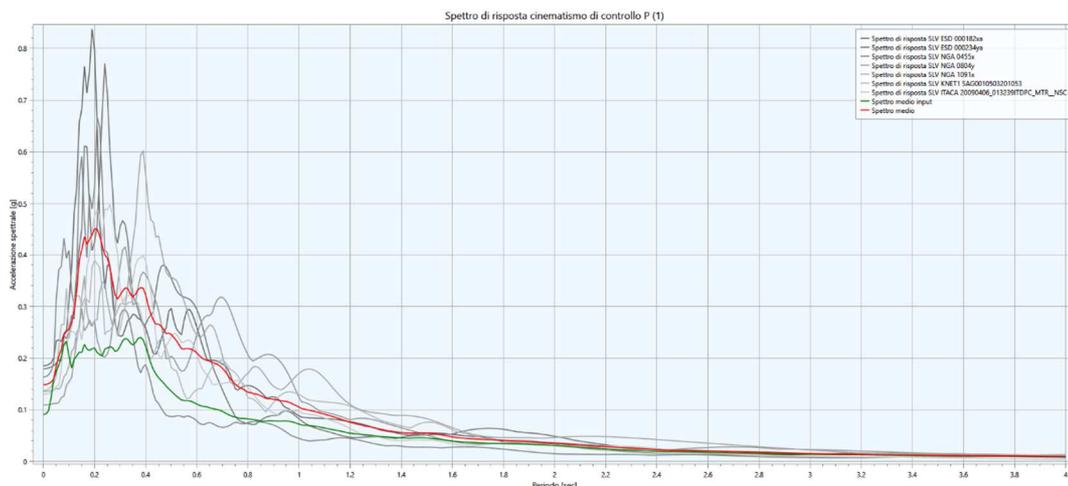
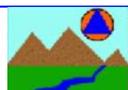


Fig. 13 – Esempio di confronto tra lo spettro medio in accelerazione in input (verde) e lo spettro medio in accelerazione in output (rosso) per la verticale Roccabianca 1

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Marzo 2021	0	22 di 47

Nelle tabelle dei fattori di amplificazione, oltre a quelli ottenuti con la procedura di RSL, sono riportati, per confronto, anche i fattori di amplificazione ottenuti applicando gli abachi proposti dalla Regione Emilia Romagna (abaco Pianura 2) e le differenze percentuali tra i valori.

In Fig. 14 è riportato, a titolo di esempio, il grafico rappresentante i valori dei fattori di amplificazione calcolati da RSL2D sempre per la verticale Roccabianca 1.

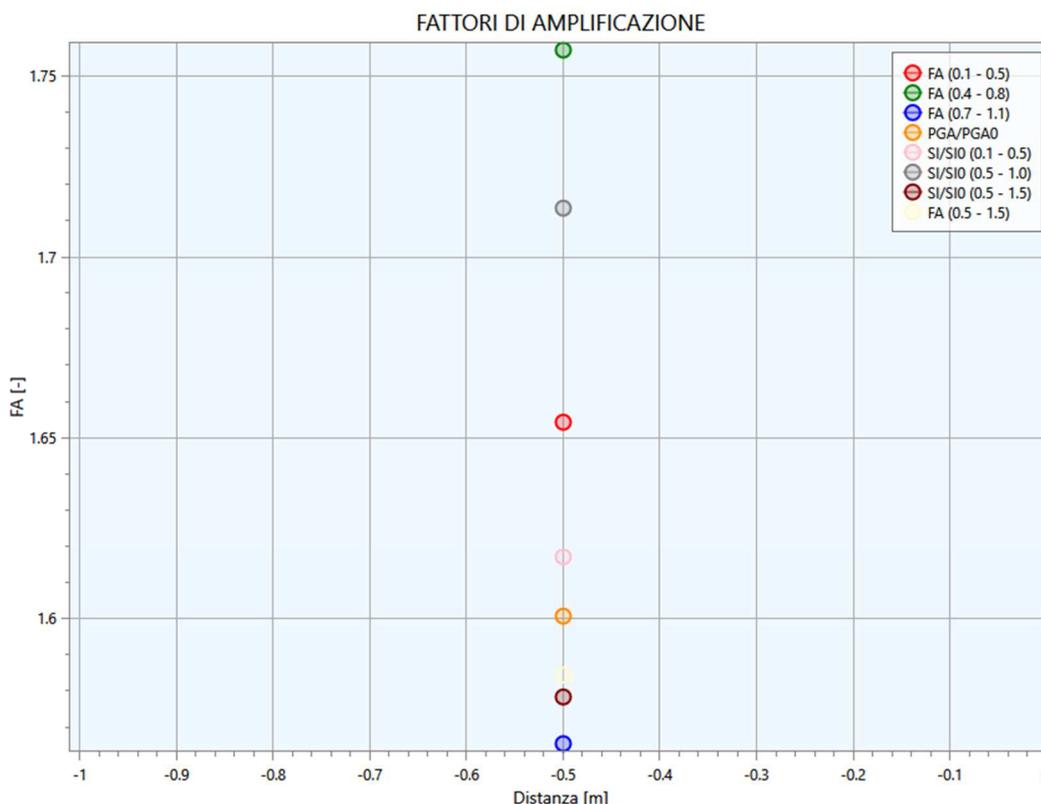


Fig. 14 – Esempio di output fattori di amplificazione in termini di accelerazione e velocità per la verticale Roccabianca 1

Di seguito vengono sinteticamente riportati i risultati delle analisi di risposta sismica locale per tutti i siti indagati;

- gli accelerogrammi di output;
- il grafico dello spettro elastico in accelerazione da RSL confrontato con quello semplificato derivato dalle NTC per la categoria di sottosuolo corrispondente e con lo spettro su suolo rigido fornito dalla Regione Emilia Romagna;
- il grafico della variazione dell'accelerazione con la profondità;
- la tabella con i vari fattori di amplificazione calcolati.

5.5.1 Roccabianca 1

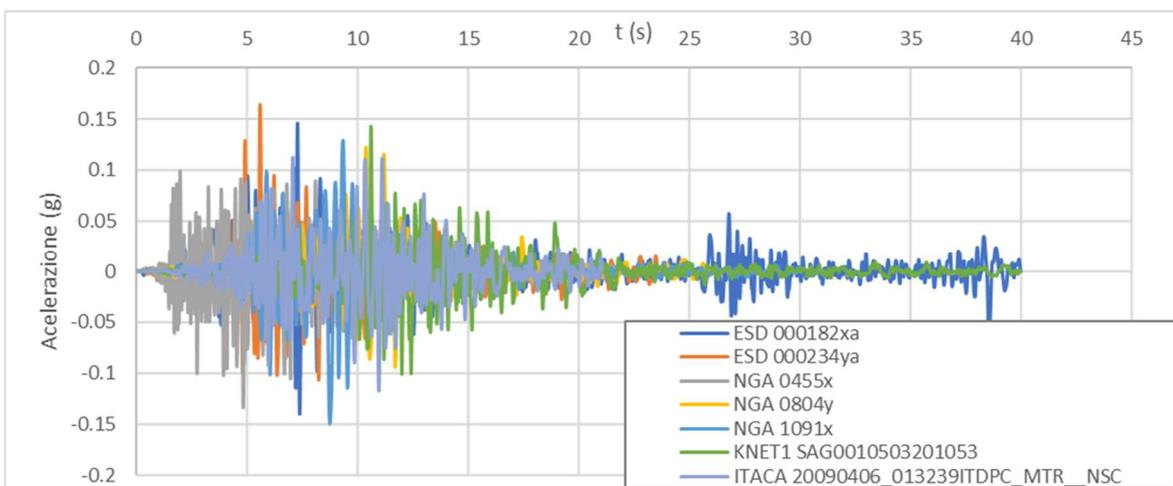


Fig. 15 – Accelerogrammi di output per la verticale Roccabianca 1

Come si evince dalla Fig. 16 l'accelerazione, partendo da un valore massimo superficiale di 0,137 g diminuisce fino alla profondità di -21,50 m da p.c., dove si attesta su un valore di 0,057 g, per poi aumentare fino a 0,077 g a -32,00 m da p.c. Infine diminuisce di nuovo fino a 0,060 g in corrispondenza del *bedrock* (-65,00 m da p.c.).

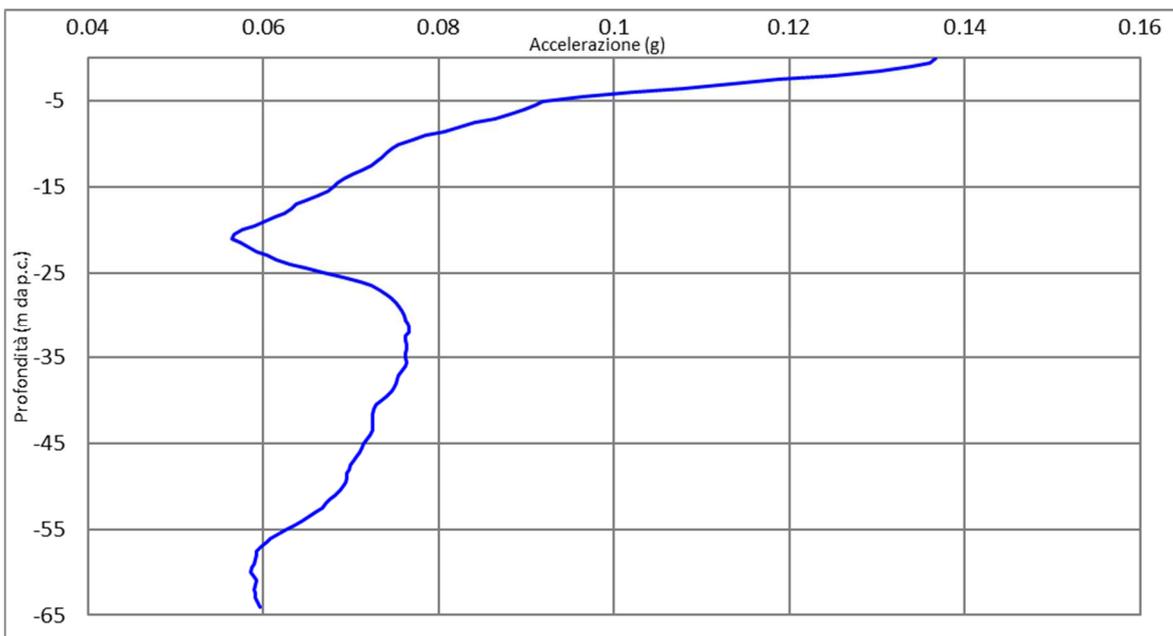


Fig.16 - curva di variazione dell'accelerazione con la profondità per la verticale Roccabianca 1



Elaborato	Data	Agg.	Pag.
RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Marzo 2021	0	24 di 47

Come si evince da Fig. 17, lo spettro medio si mantiene su valori inferiori a quelli dello spettro da normativa per tutta la durata del periodo di riferimento (4,00 s) fatta eccezione per un picco a 0,21 s e per il tratto 0,30-0,40 s.

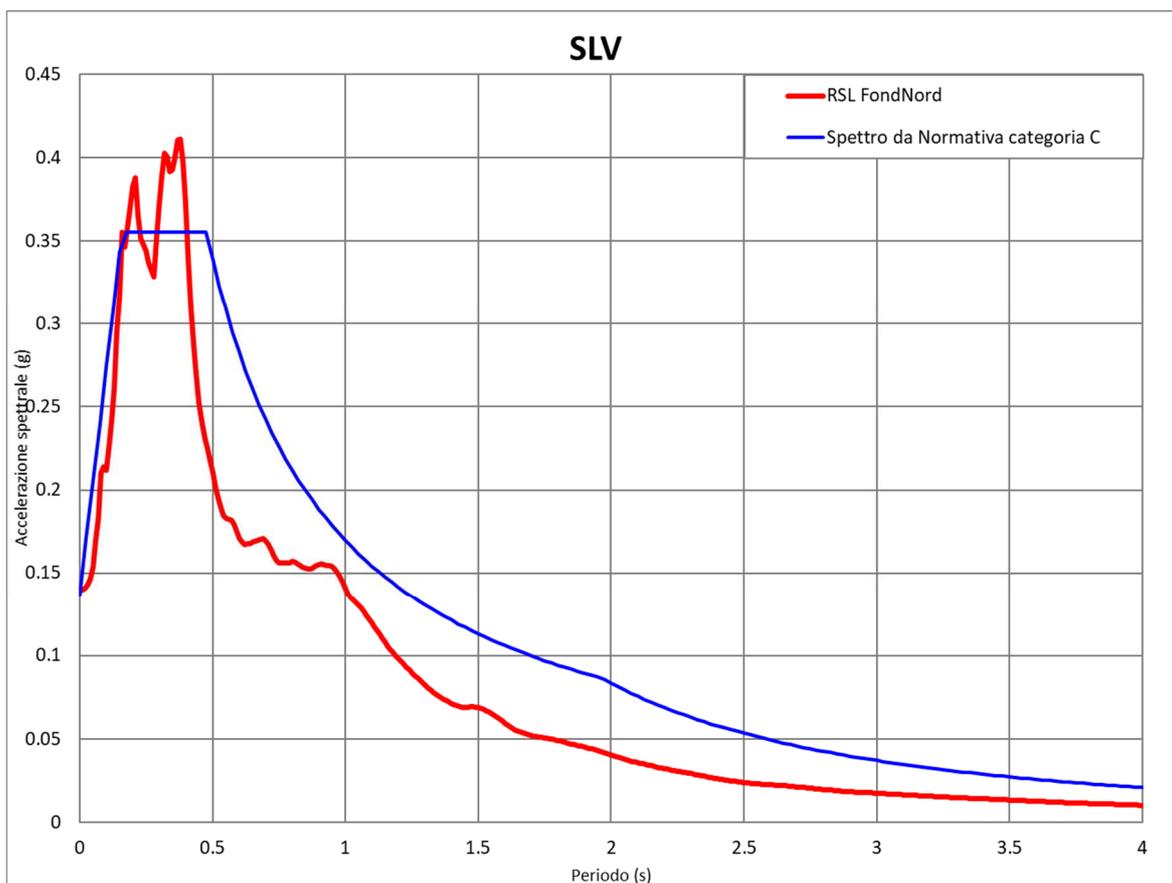


Fig. 17 – Confronto tra lo spettro medio in output in accelerazione per la verticale Roccabianca 1 e lo spettro di riferimento da normativa per la categoria di sottosuolo C

Fattore di amplificazione	Valore calcolato da RSL	Valore da abachi RER	Differenza (%)
FAPGA	1.61	1.80	-10.37%
FASA1 0.1-0.5	1.64	2.70	-39.21%
FASA2 0.4-0.8	1.74	3.20	-45.48%
FASA3 0.7-1.1	1.90	3.10	-38.60%
FASA4 0.5-1.5	1.52	1.70	-10.84%
FHSI1 0.1-0.5	1.63	2.00	-18.65%
FHSI 0.5-1.0	1.76	3.00	-41.48%
FHSI 0.5-1.5	1.76	3.30	-46.58%

Tab. 11 – Fattori di amplificazione calcolati per la verticale Roccabianca 1

5.5.2 Roccabianca 2

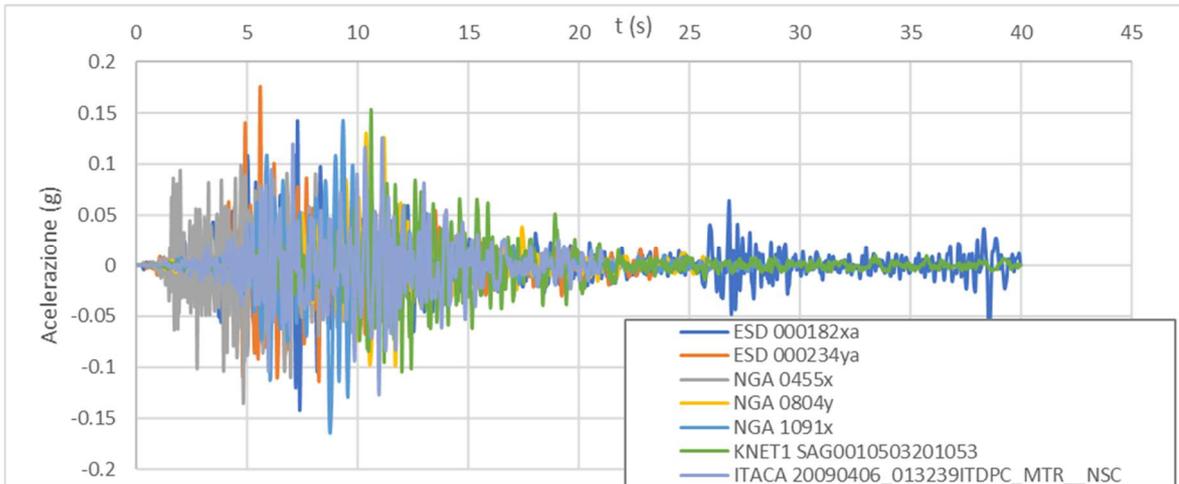


Fig. 18 – Accelerogrammi di output per la verticale Roccabianca 2

Come si evince dalla Fig. 19 l'accelerazione, partendo da un valore massimo superficiale di 0,144 g diminuisce fino alla profondità di -20,00 m da p.c. dove si attesta su un valore di 0,062 g per poi aumentare fino a 0,083 g a -30,52 m da p.c. Infine diminuisce di nuovo fino a 0,060 g in corrispondenza del *bedrock* (-65,00 m da p.c.).

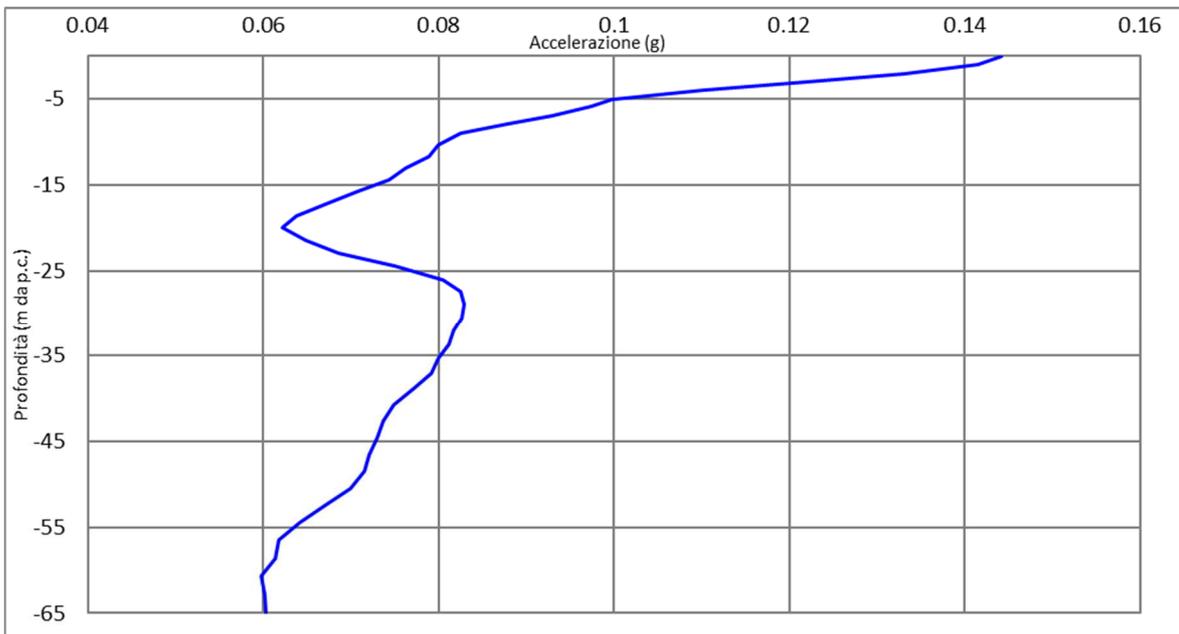


Fig.19 - curva di variazione dell'accelerazione con la profondità per la verticale Roccabianca 2

Come si evince da Fig. 20, lo spettro medio si mantiene su valori inferiori a quelli dello spettro da normativa per tutta la durata del periodo di riferimento (4,00 s) fatta eccezione per il tratto 0,18÷0,43 s.

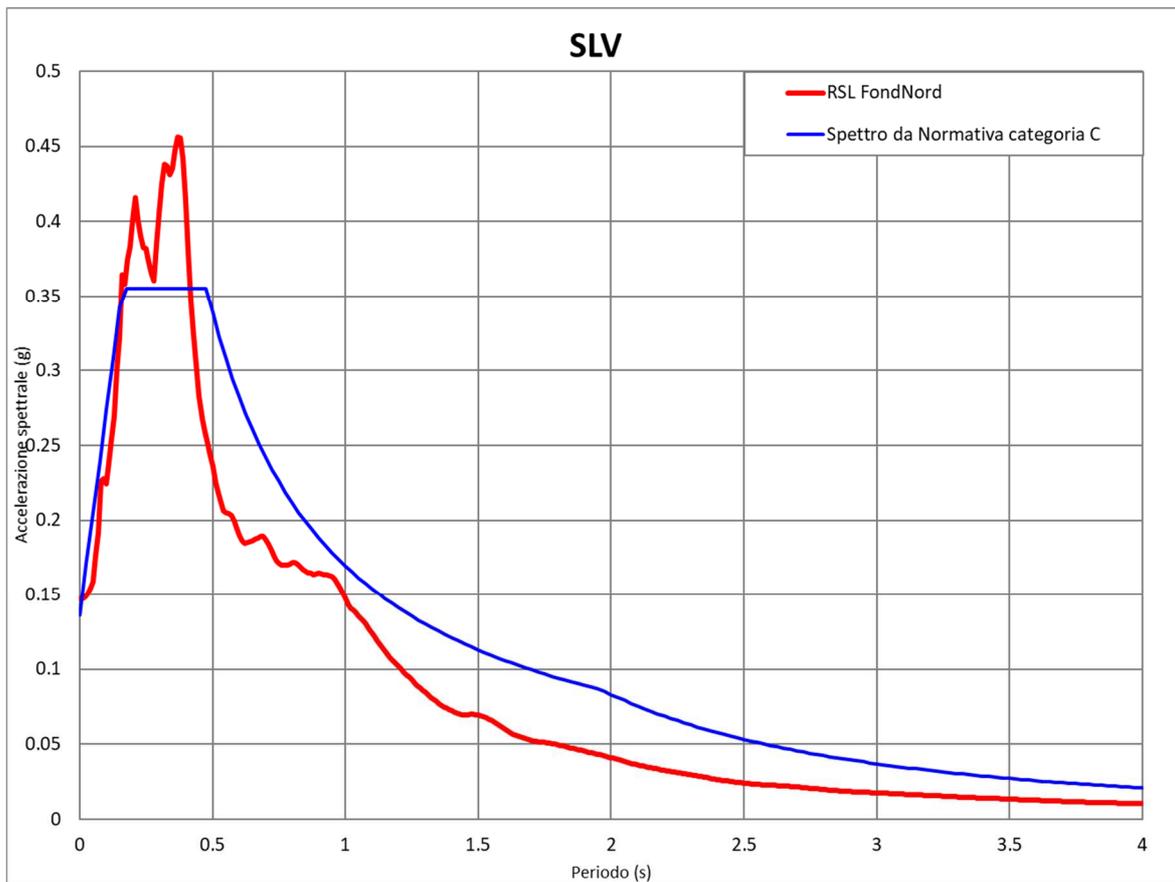


Fig. 20 – Confronto tra lo spettro medio in output in accelerazione per la verticale Roccabianca 2 e lo spettro di riferimento da normativa per la categoria di sottosuolo C

Fattore di amplificazione	Valore calcolato da RSL	Valore da abachi RER	Differenza (%)
FAPGA	1.75	1.80	-2.53%
FASA1 0.1-0.5	1.82	2.70	-32.61%
FASA2 0.4-0.8	1.86	3.20	-41.79%
FASA3 0.7-1.1	2.03	3.10	-34.52%
FASA4 0.5-1.5	1.60	1.70	-5.99%
FHSI1 0.1-0.5	1.79	2.00	-10.70%
FHSI 0.5-1.0	1.92	3.00	-36.02%
FHSI 0.5-1.5	1.88	3.30	-42.93%

Tab. 12 – Fattori di amplificazione calcolati per la verticale Roccabianca 2

5.5.3 RAGAZZOLA

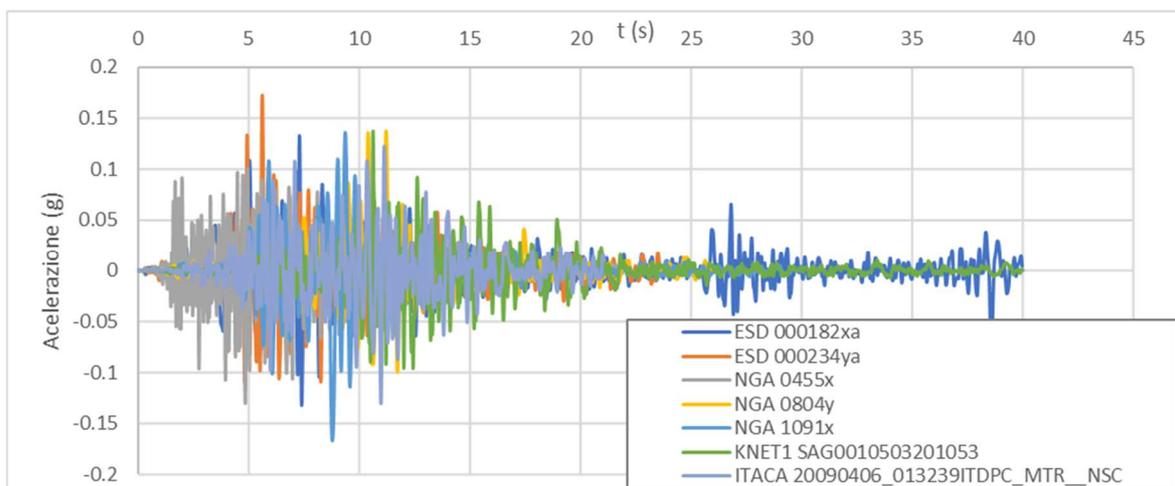


Fig. 21 – Accelerogrammi di output per la verticale Ragazzola

Come si evince dalla Fig. 22 l'accelerazione, partendo da un valore massimo superficiale di 0,141 g diminuisce fino alla profondità di -17,87 m da p.c. dove si attesta su un valore di 0,068 g. In seguito aumenta di nuovo fino a 0,085 g a -29,16 m da p.c. e per poi diminuire a 0,060 g in corrispondenza del *bedrock* (-65,00 m da p.c.).

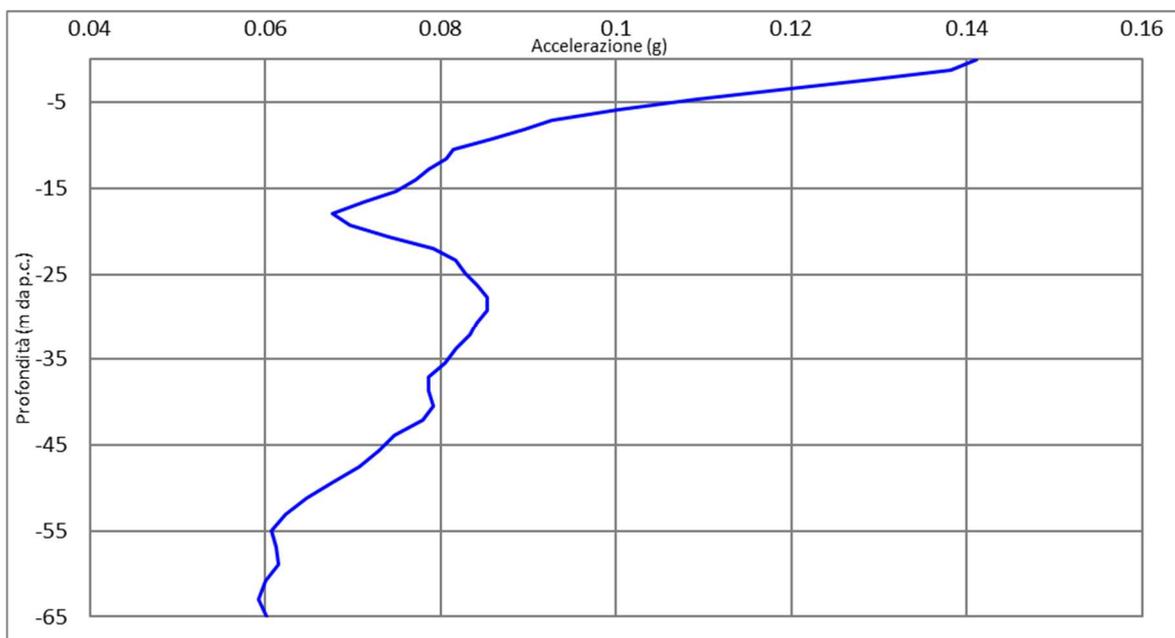


Fig. 22 - curva di variazione dell'accelerazione con la profondità per la verticale Ragazzola



Elaborato	Data	Agg.	Pag.
RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Marzo 2021	0	28 di 47

Come si evince da Fig. 23, lo spettro medio si mantiene su valori inferiori a quelli dello spettro da normativa per tutta la durata del periodo di riferimento (4,00 s), fatta eccezione per il tratto 0,20÷0,43 s.

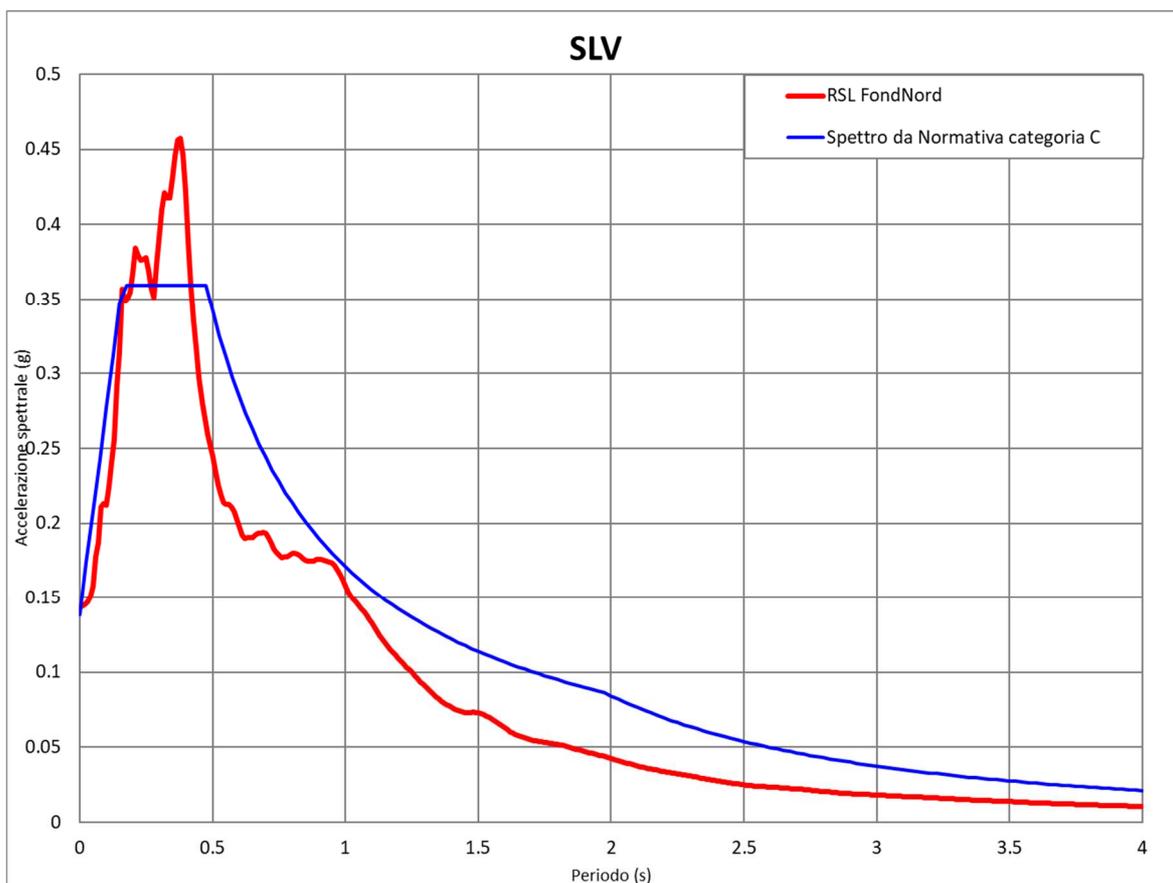


Fig. 23 – Confronto tra lo spettro medio in output in accelerazione per la verticale Ragazzola e lo spettro di riferimento da normativa per la categoria di sottosuolo C

Fattore di amplificazione	Valore calcolato da RSL	Valore da abachi RER	Differenza (%)
FAPGA	1.71	1.80	-5.15%
FASA1 0.1-0.5	1.87	2.70	-30.90%
FASA2 0.4-0.8	1.94	3.20	-39.35%
FASA3 0.7-1.1	2.13	3.10	-31.31%
FASA4 0.5-1.5	1.55	1.70	-9.02%
FHSI1 0.1-0.5	1.74	2.00	-12.98%
FHSI 0.5-1.0	1.97	3.00	-34.28%
FHSI 0.5-1.5	1.95	3.30	-40.97%

Tab. 13 – Fattori di amplificazione calcolati per la verticale Ragazzola

5.5.4 FONTANELLE 1

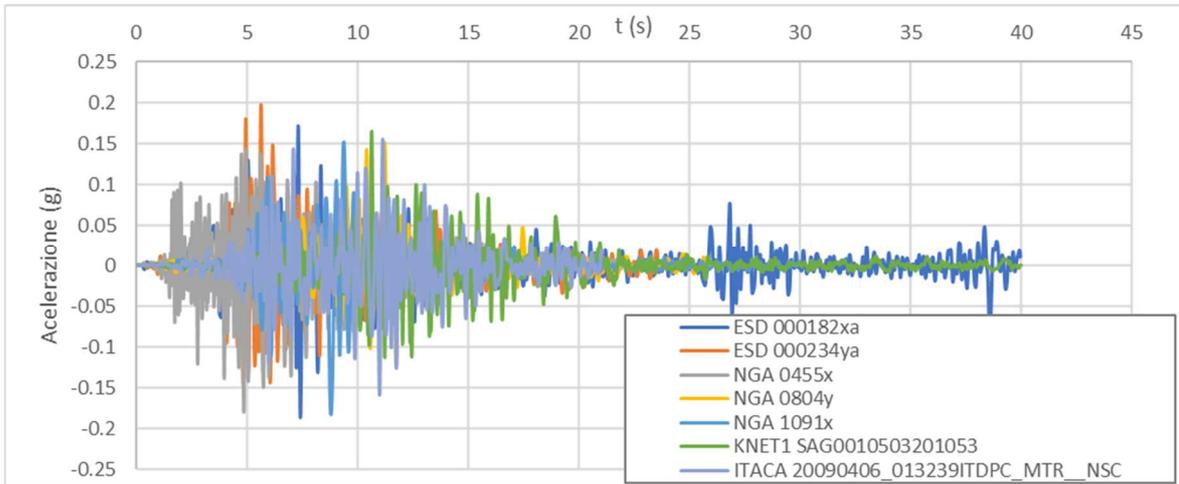


Fig. 24 – Accelerogrammi di output per la verticale Fontanelle 1

Come si evince dalla Fig. 25 l'accelerazione, partendo da un valore massimo superficiale di 0,171 g diminuisce fino alla profondità di -18,00 m da p.c. dove si attesta su un valore di 0,070 g, per poi aumentare fino a 0,095 g a -31,50 m da p.c. e per diminuire nuovamente fino a 0,071 in corrispondenza del *bedrock* (-65,00 m da p.c.).

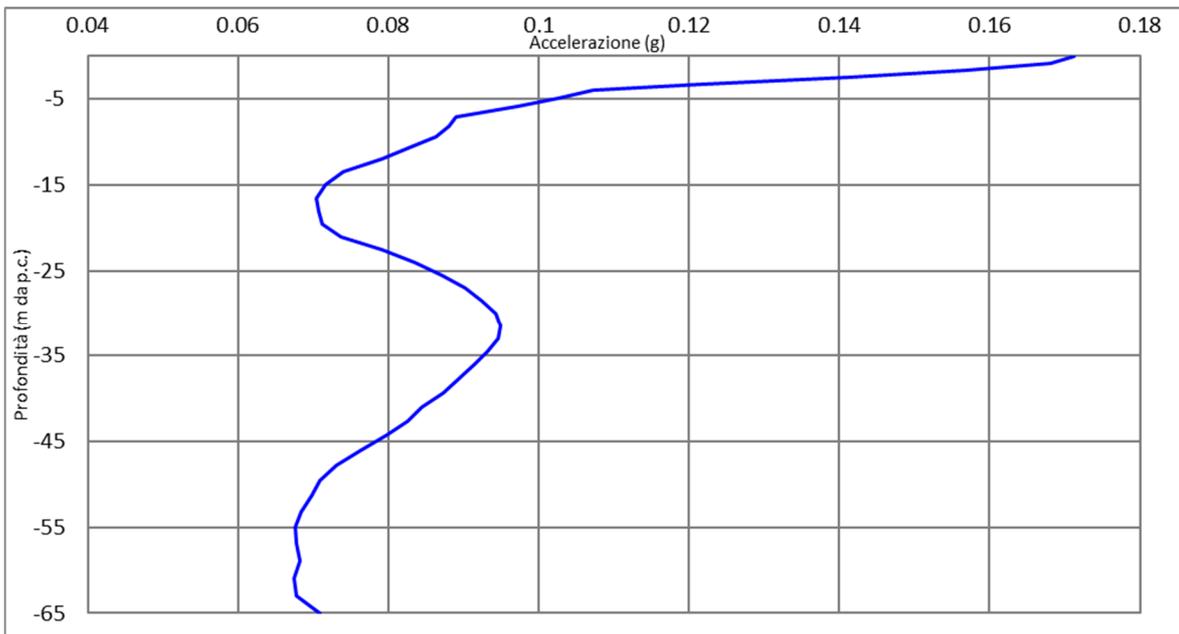


Fig. 25 - curva di variazione dell'accelerazione con la profondità per la verticale Fontanelle 1

Come si evince da Fig. 26, lo spettro medio si mantiene su valori inferiori simili a quelli dello spettro da normativa fino a 0,18 s dove aumenta sensibilmente fino a 0,43 s. In seguito, si porta su valori minori per tutta la durata del periodo di riferimento di 4,00 s, fatta eccezione per un picco a 0,19 s che corrisponde al valore dello spettro da normativa.

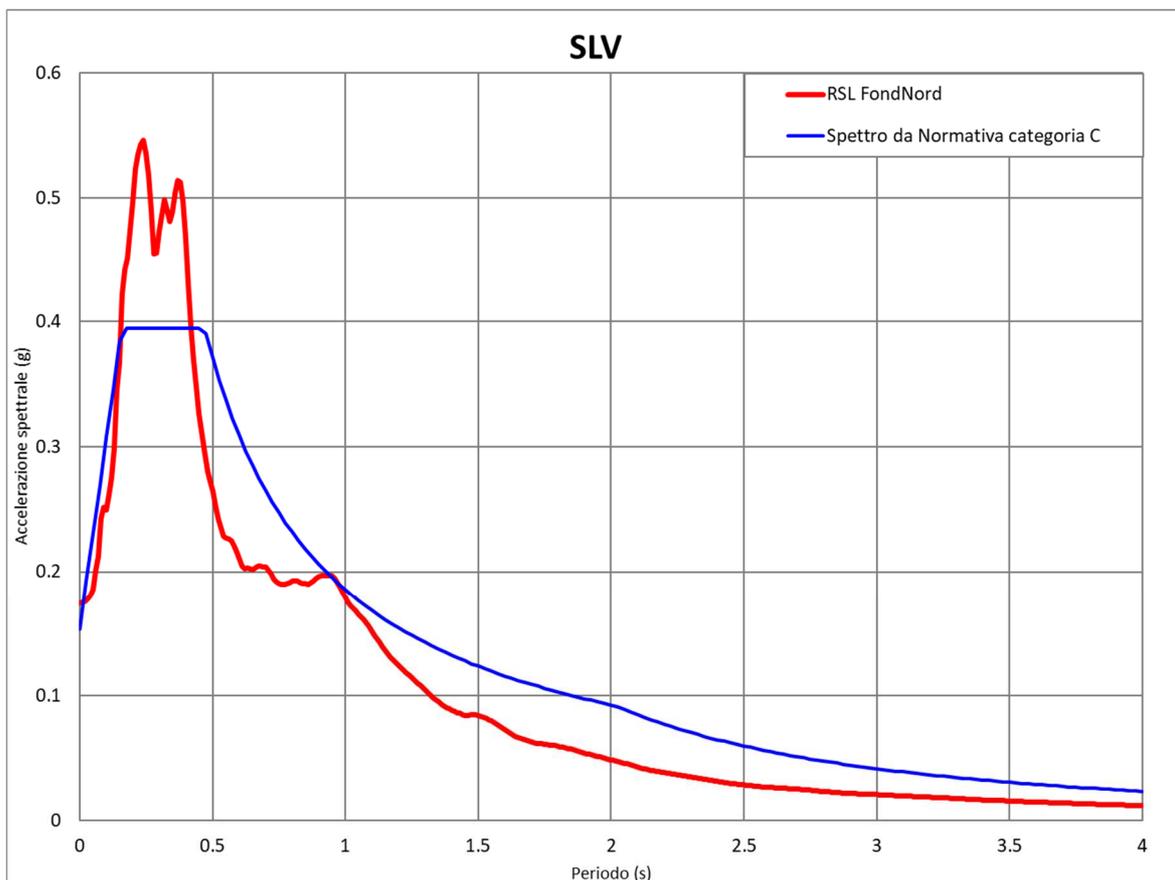


Fig. 26 – Confronto tra lo spettro medio in output in accelerazione per la verticale Fontanelle 1 e lo spettro di riferimento da normativa per la categoria di sottosuolo C

Fattore di amplificazione	Valore calcolato da RSL	Valore da abachi RER	Differenza (%)
F_{APGA}	1.86	1.80	3.57%
F_{ASA1 0.1-0.5}	1.83	2.70	-32.31%
F_{ASA2 0.4-0.8}	1.94	3.20	-39.33%
F_{ASA3 0.7-1.1}	2.13	3.10	-31.30%
F_{ASA4 0.5-1.5}	1.70	1.70	-0.20%
F_{HsI1 0.1-0.5}	1.89	2.00	-5.35%
F_{HsI 0.5-1.0}	1.95	3.00	-34.87%
F_{HsI 0.5-1.5}	1.58	3.30	-40.22%

Tab. 14 – Fattori di amplificazione calcolati per la verticale Fontanelle 1

5.5.5 FONTANELLE 2

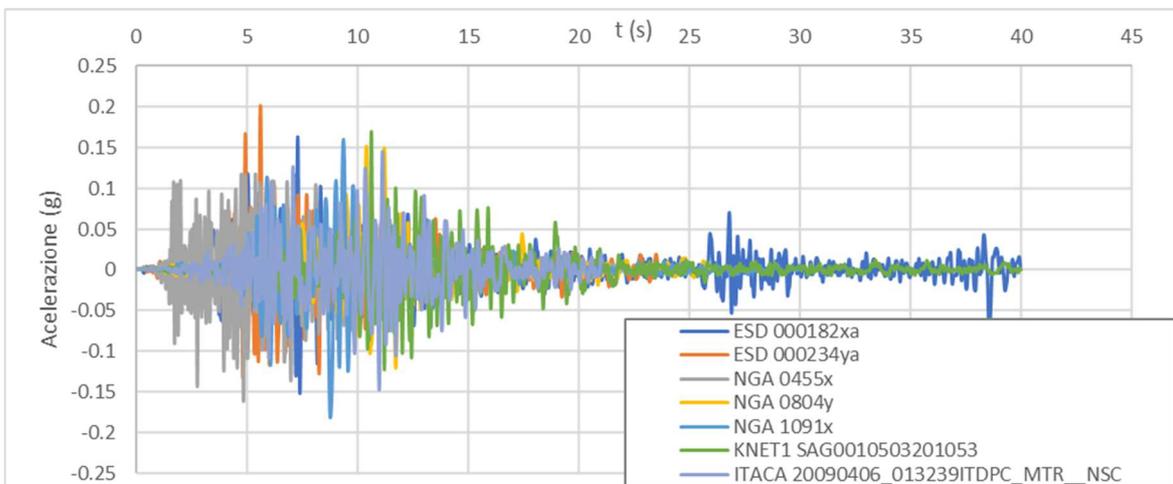


Fig. 27 – Accelerogrammi di output per la verticale Fontanelle 2

Come si evince dalla Fig. 28 l'accelerazione, partendo da un valore massimo superficiale di 0,165 g diminuisce fino alla profondità di -19,82 m da p.c. dove si attesta su un valore di 0,068 g, per poi aumentare fino a 0,093 g a -32,65 m da p.c. e per diminuire nuovamente fino a 0,067 in corrispondenza del *bedrock* (-65,00 m da p.c.).

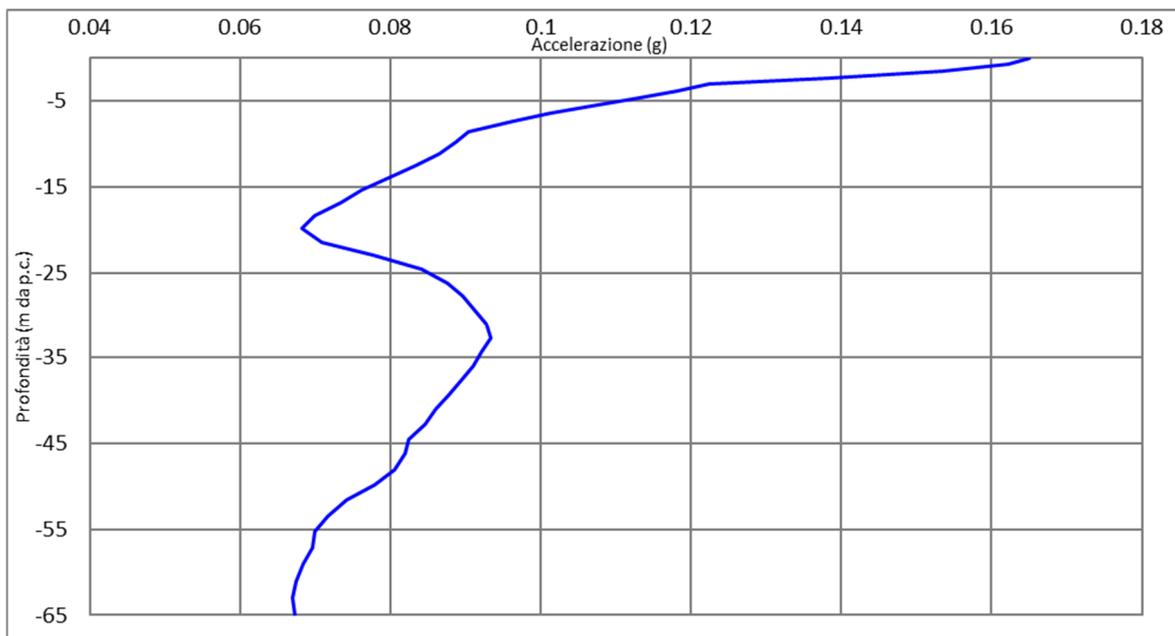


Fig. 28 - curva di variazione dell'accelerazione con la profondità per la verticale Fontanelle 2



Elaborato	Data	Agg.	Pag.
RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Marzo 2021	0	32 di 47

Come si evince da Fig. 29, lo spettro medio si mantiene su valori inferiori simili a quelli dello spettro da normativa fino a 0,18 s dove aumenta sensibilmente fino a 0,43 s. In seguito, si porta su valori minori per tutta la durata del periodo di riferimento di 4,00 s, fatta eccezione per un picco a 0,98 s che corrisponde a un valore leggermente inferiore a quello dello spettro da normativa.

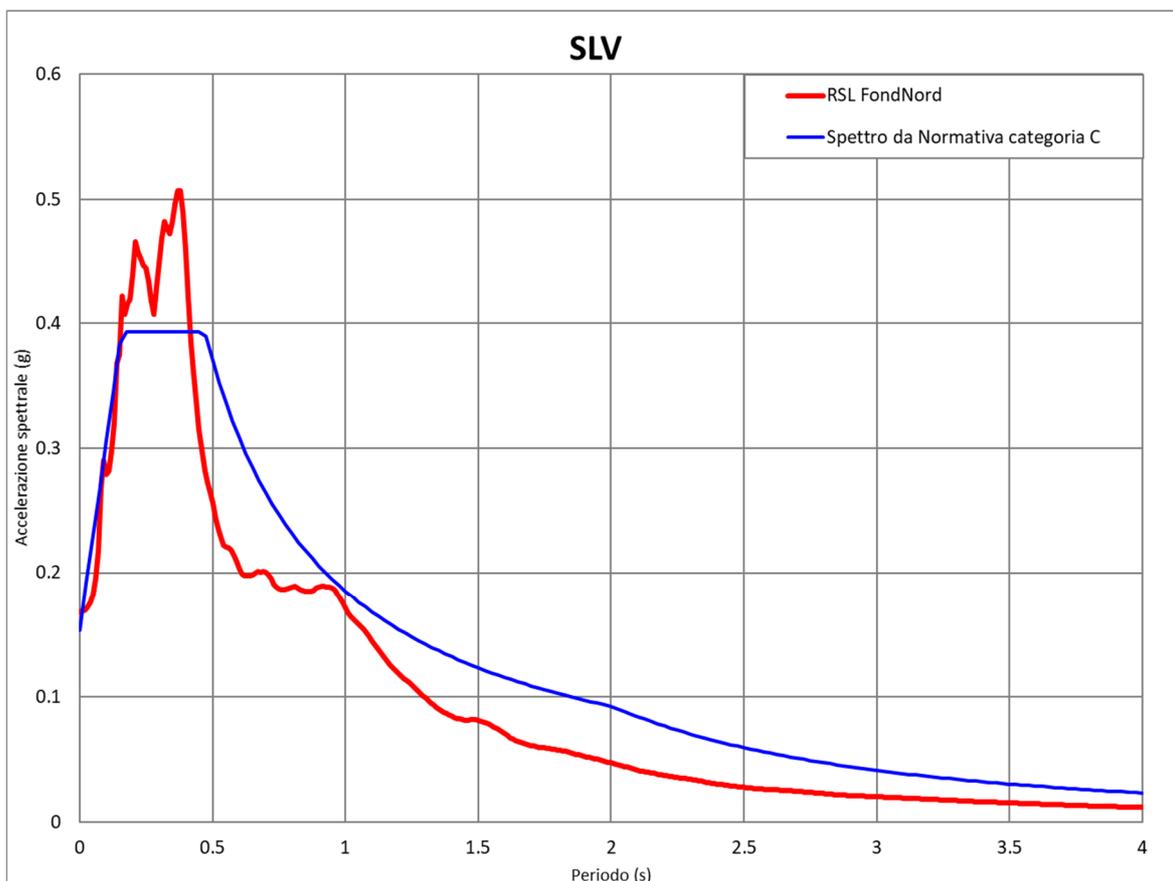


Fig. 29 – Confronto tra lo spettro medio in output in accelerazione per la verticale Fontanelle 2 e lo spettro di riferimento da normativa per la categoria di sottosuolo C

Fattore di amplificazione	Valore calcolato da RSL	Valore da abachi RER	Differenza (%)
F_{PGA}	1.76	1.80	-1.97%
F_{SA1 0.1-0.5}	1.77	2.70	-34.49%
F_{SA2 0.4-0.8}	1.87	3.20	-41.52%
F_{SA3 0.7-1.1}	2.05	3.10	-33.74%
F_{SA4 0.5-1.5}	1.63	1.70	-3.94%
F_{SI1 0.1-0.5}	1.79	2.00	-10.40%
F_{SI 0.5-1.0}	1.89	3.00	-37.05%
F_{SI 0.5-1.5}	1.90	3.30	-42,38%

Tab. 15 – Fattori di amplificazione calcolati per la verticale Fontanelle 2

5.6 CONSIDERAZIONI SUI RISULTATI DELLE ANALISI DI TERZO LIVELLO

5.6.1 Accelerazione

Per quanto riguarda la variazione dell'accelerazione in funzione della profondità da piano campagna, in Fig. 30 si può osservare un trend simile in tutte le verticali analizzate. Unica eccezione degna di nota è l'accelerazione superficiale delle verticali Fontanelle 1 e Fontanelle 2 che risultano maggiori rispetto alle altre tre.

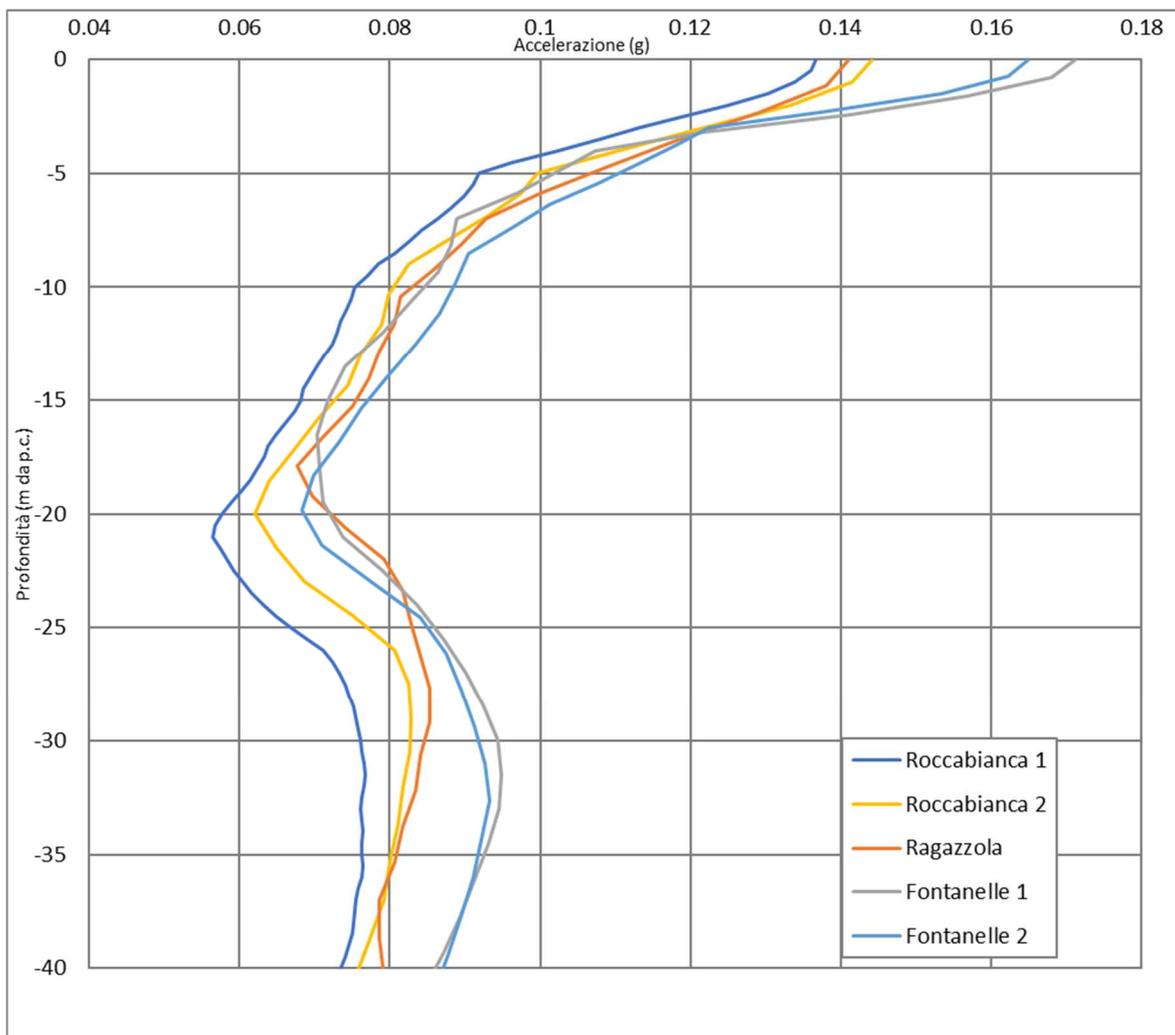


Fig. 30 – Confronto tra le variazioni di accelerazione con la profondità per tutte le verticali di indagine



Elaborato	Data	Agg.	Pag.
RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Marzo 2021	0	34 di 47

5.6.2 Spettri di risposta

In Fig. 31 è riportato l'andamento degli spettri medi in funzione del periodo. Come si può osservare tutti gli spettri presentano un andamento simile con quelli delle verticali Fontanelle 1 e Fontanelle 2 che presentano accelerazioni maggiori rispetto alle altre tre.

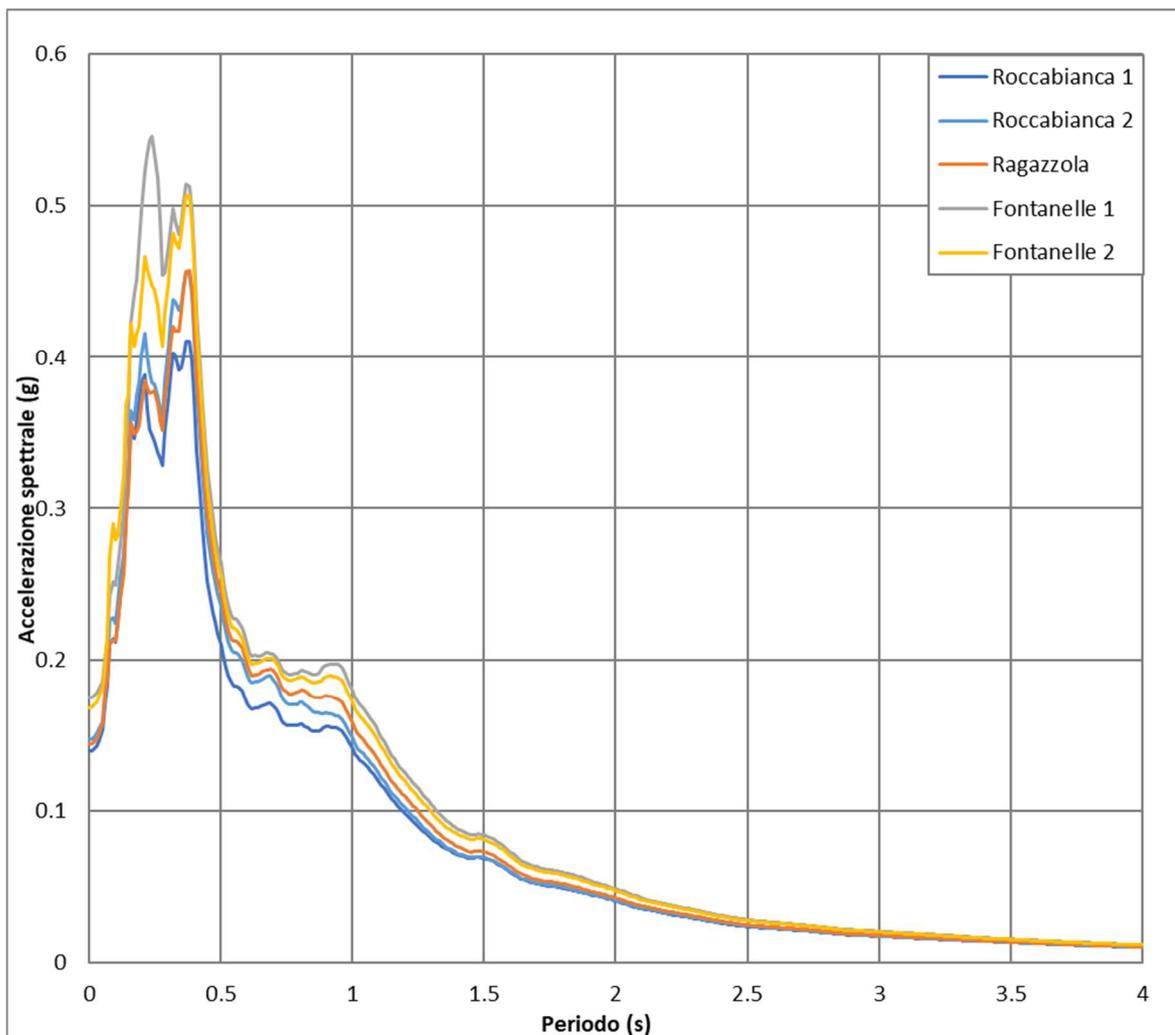


Fig. 31 – Confronto tra gli spettri medi di risposta per tutte le verticali analizzate

5.6.3 Fattori di amplificazione

Nella successiva Tab. 16 vengono presentati in sintesi i raffronti (in percentuale) tra i valori dei fattori di amplificazione calcolati con la RSL di 3° livello e quelli derivanti dall'applicazione dagli abachi RER. Essi sono riportati in base a una scala di colore che va dal verde (differenze maggiori tra i due valori) al rosso (differenze minori). Le differenze percentuali risultano tutte negative il che significa che i valori calcolati da RSL risultano sempre inferiori a quelli degli abachi, quindi gli abachi risultano più cautelativi della RSL. Unica eccezione è rappresentata dal fattore FA_{PGA} per la verticale Fontanelle 1, in cui il valore calcolato è maggiore del 3.57% di quello da normativa.

Si può constatare che gli abachi, sovrastimano maggiormente lo scuotimento per gli alti periodi ($0,5 < T < 1,5$), rispetto ai bassi periodi ($T < 0,5s$).

FA	Roccabianca 1	Roccabianca 2	Ragazzola	Fontanelle 1	Fontanelle 2
FA_{PGA}	-10.37%	-2.53%	-5.15%	3.57%	-1.97%
$FA_{SA1\ 0.1-0.5}$	-39.21%	-32.61%	-30.90%	-32.31%	-34.49%
$FA_{SA2\ 0.4-0.8}$	-45.48%	-41.79%	-39.35%	-39.33%	-41.52%
$FA_{SA3\ 0.7-1.1}$	-38.60%	-34.52%	-31.31%	-31.30%	-33.74%
$FA_{SA4\ 0.5-1.5}$	-10.84%	-5.99%	-9.02%	-0.20%	-3.94%
$FH_{SI1\ 0.1-0.5}$	-18.65%	-10.70%	-12.98%	-5.35%	-10.40%
$FH_{SI\ 0.5-1.0}$	-41.48%	-36.02%	-34.28%	-34.87%	-37.05%
$FH_{SI\ 0.5-1.5}$	-46.58%	-42.93%	-40.97%	-40.22%	-42.38%

Tab. 16 – Raffronto tra i risultati delle analisi di secondo livello e terzo livello

6. ANALISI DEL RISCHIO LIQUEFAZIONE

L'intero territorio del Comune di Roccabianca è interessato dal rischio di potenziale liquefazione, dovuta alla presenza di banchi di sabbia sotto falda nel primo sottosuolo.

Si è quindi valutato tale rischio, prendendo in considerazione le 10 verticali indagate mediante le prove CPTU e SCPTU effettuate nel corso delle due campagne geognostiche eseguite a supporto dello studio di microzonazione di secondo e terzo livello (Fig. 32).

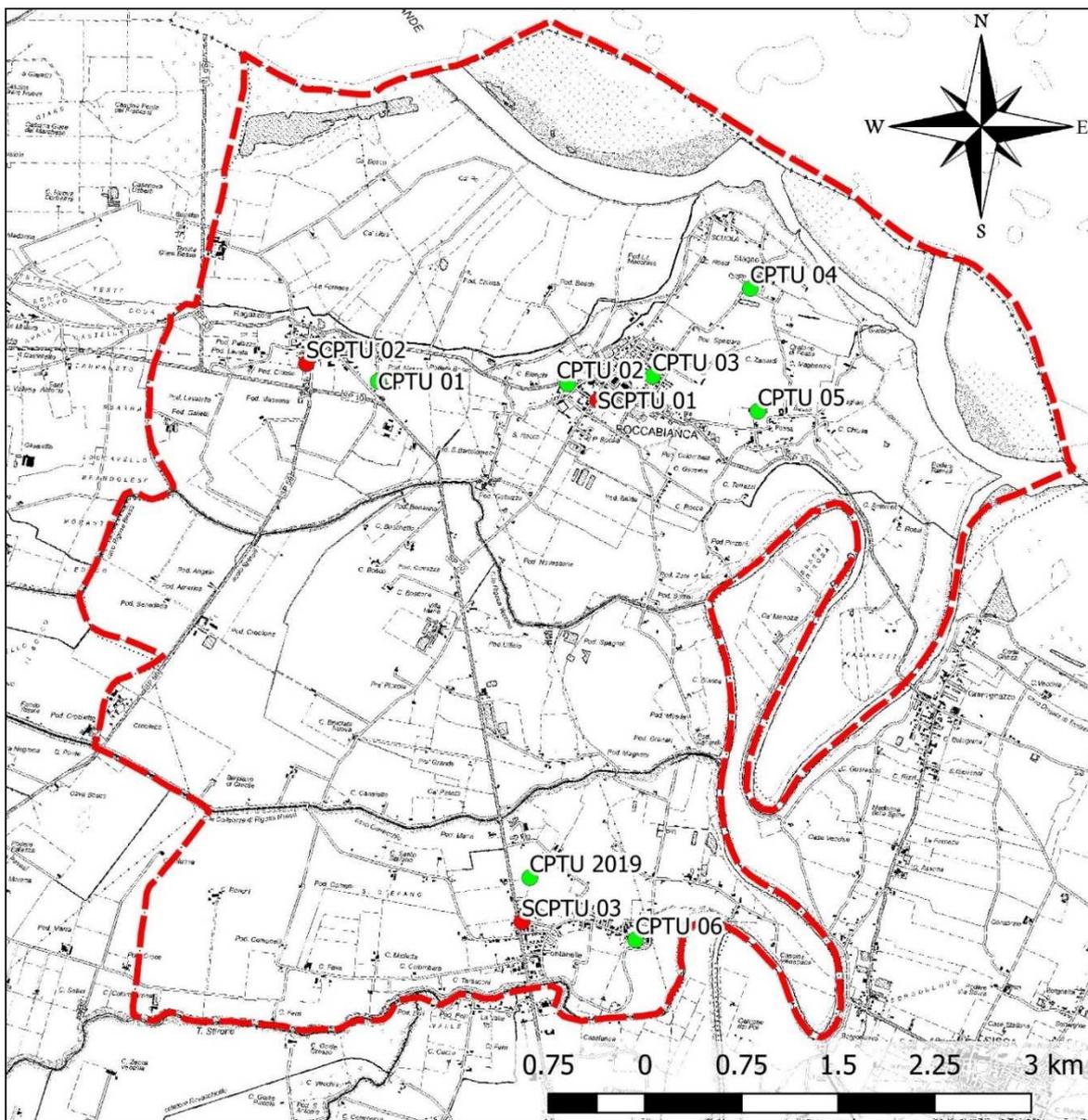


Fig. 32 – ubicazione delle prove utilizzate per le verifiche del rischio liquefazione (in verde le CPTU e in rosso le SCPTU)

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Marzo 2021	0	37 di 47

6.1 Premesse

Per liquefazione s'intende un processo d'incremento della pressione del fluido interstiziale che causa, in un terreno non coesivo saturo (sabbia, limo non plastico), la diminuzione della resistenza a taglio a seguito dello scuotimento sismico, dando luogo a deformazioni permanenti significative.

La liquefazione consiste quindi in una diminuzione della resistenza del terreno, a seguito del raggiungimento della condizione di fluidità. La perdita totale della resistenza viene raggiunta quando la pressione dell'acqua che riempie gli interstizi arriva a uguagliare la pressione di confinamento, rendendo nulle le tensioni efficaci trasmesse attraverso le particelle solide. Una volta che il terremoto ha innescato il processo di liquefazione, la massa del suolo resta in movimento fino a che non raggiunge una nuova condizione di stabilità.

Il rischio di liquefazione può essere stimato con metodi semplificati da prove CPTU ed SCPTU mediante il calcolo dell'indice del potenziale di liquefazione LPI di *Iwasaki et al.* (1982). Le prove CPTU sono preferibili per la migliore ripetibilità delle misure e per la continuità dei profili penetrometrici.

L'indice LPI² è un parametro di sintesi che, mediante un valore numerico compreso tra 0 e 100, quantifica i possibili effetti della liquefazione in superficie, tenendo conto di severità dell'azione sismica, e di profondità, spessore e valore del fattore di sicurezza degli strati liquefacibili.

Per poter valutare la severità degli effetti *Iwasaki* ha proposto la scala riportata nella seguente Tab. 17:

Valori di IL	Rischio di liquefazione
IL = 0	Molto basso
0 < IL ≤ 5	Basso
5 < IL ≤ 15	Alto
15 < IL	Molto alto

Tab. 17 – Valutazione del rischio di liquefazione secondo Iwasaki

² LPI = Liquefaction Potential Index è tradotto con IL = Indice di Liquefazione nella cartografia di MS

Valutazioni più recenti riportate da *Sonmez* (2003), basate su sismi di magnitudo inferiore a quelli utilizzati da *Iwasaki* consigliano tuttavia di rimodulare le classi di pericolosità come riportato in Tab. 18:

LPI = 0.00 - Liquefaction risk nul
LPI between 0.00 and 2.00 - Liquefaction risk low
LPI between 2.00 and 5.00 - Liquefaction risk moderate
LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high
LPI > 15.00 - Liquefaction risk very high

Tab. 18 – Valutazione del rischio di liquefazione secondo Sonmez

L'indice LPI è calcolato con riferimento ad una verticale di prova. Gli effetti bi- e tri-dimensionali sono trascurati. Tale semplificazione può condurre talora a stime errate. In particolare, se la liquefazione in un sito è limitata a lenti isolate, la liquefazione in superficie può non manifestarsi anche per valori significativi di LPI. Viceversa, uno strato liquefatto sottile, profondo, molto diffuso ed esteso può determinare rottura del terreno e *“lateral spreading”* anche per bassi valori di LPI. La variabilità ed eterogeneità naturale delle condizioni stratigrafiche e geotecniche può spiegare la non sempre buona correlazione tra i valori dell'indice LPI e le evidenze di liquefazione.

L'indice LPI è definito nel modo seguente:

$$LPI = \int_0^{20} F W(LPIz) dz$$

Dove:

- F(z) è una variabile con valori compresi tra 0 e 1, definita ad ogni profondità 0 ≤ z ≤ 20 in funzione del valore che, a quella profondità, assume il fattore di sicurezza alla liquefazione FSL
- w(z) è un fattore di peso della profondità.

In sostanza il rischio di liquefazione tiene conto del fattore di sicurezza calcolato strato per strato, ma ne valuta la significatività su tutto lo spessore del deposito.

Il fattore di sicurezza alla liquefazione è definito nel modo seguente:

$$FSL = \frac{CRR_{7.5}}{CSR} \cdot MSF \cdot K_v$$

dove:

CRR_{7.5}=Rapporto di resistenza ciclica per M=7,5 (*Cyclic Resistance Ratio*)

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Marzo 2021	0	39 di 47

MSF= fattore di scala della magnitudo (*Magnitude Scale Factor*)

$K\sigma$ =Fattore di correzione per la pressione di confinamento

CSR = rapporto di tensione ciclica (*Cyclic Stress Ratio*)

Nelle verifiche effettuate nel presente studio, per il calcolo del CRR è stato utilizzato il metodo NCEER (modificato da *Robertson* 2009) implementato dal programma CLIQ della *Geologimiki*.

In Fig. 33 viene presentata, in forma di *flow-chart*, la procedura di calcolo di CRR utilizzata dal programma per la verifica con il metodo NCEER.

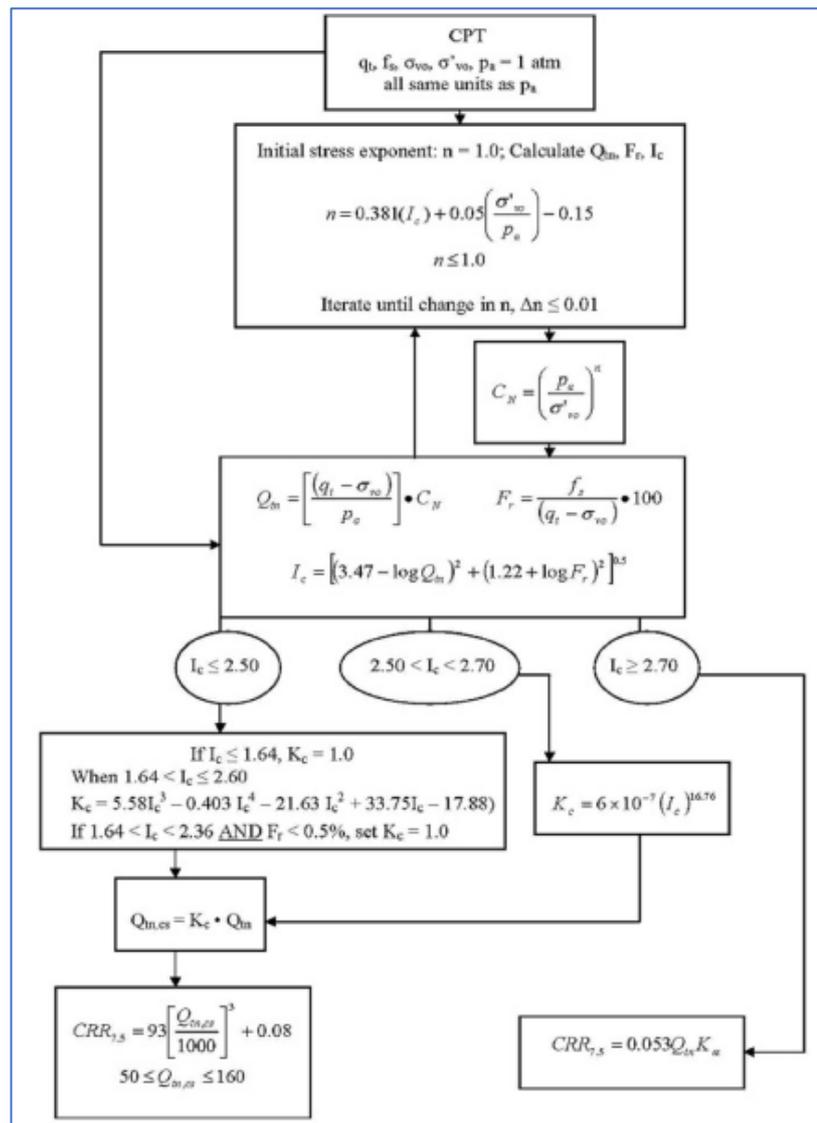


Fig. 33 - Flow chart della procedura di verifica NCEER modificata da Robertson (2009)

In tali verifiche, come valori di CSR, sono stati utilizzati quelli calcolati dal programma CLIQ.

6.2 Magnitudo, accelerazione e livello di falda

Per la verifica del rischio di liquefazione, è necessario fornire al programma la magnitudo attesa al sito. Esaminando, la zonazione Sismogenetica ZS9 (a cura del gruppo di lavoro coordinato da C. Meletti e G. Valensise, 2004), di cui è riportato uno stralcio in Fig. 34, il Comune di Roccabianca ricade in prossimità della zona 913, denominata “Appennino Emiliano”.

Detta zona è contraddistinta da eventi sismici di magnitudo medio-bassa (la massima magnitudo rilevata è $M_d = 4,8$), originati da movimenti prevalentemente compressivi, a NW, e distensivi, a SE, con meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo, che dissecano la continuità longitudinale delle strutture.

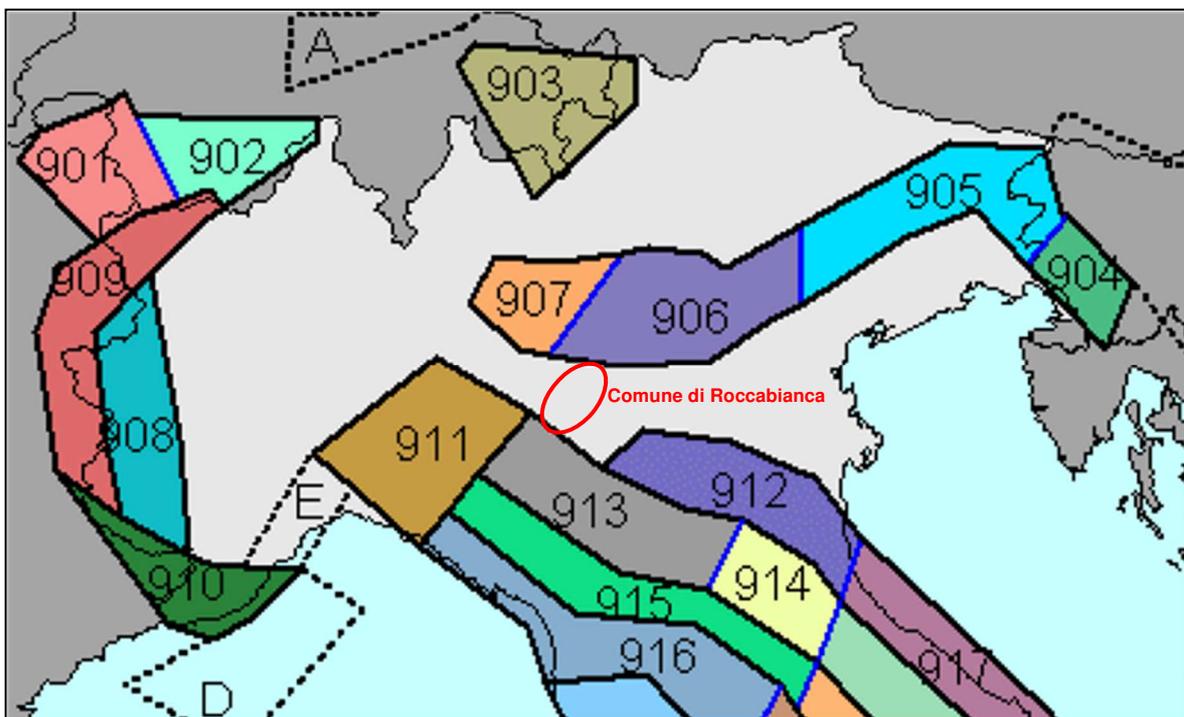


Fig. 34 – Stralcio della zonazione sismogenetica ZS9 (2004)

Il maggior numero di terremoti che si verificano nella zona 913 presenta il proprio ipocentro a profondità comprese tra 12 e 20 km, con profondità efficace di 13 km.

Sulla base dei meccanismi focali, sono previsti valori “cautelativi” di massima magnitudo (M_{wmax2}) pari a **6,14**. A tale valore si è fatto riferimento per le verifiche effettuate.



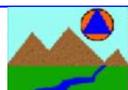
Inoltre, per la verifica, oltre alla magnitudo, è necessario fornire al programma l'accelerazione, che è ricavata dalle verifiche di RSL illustrate nel capitolo precedente. In particolare, si è adottata l'accelerazione relativa alla verticale più vicina al punto di verifica.

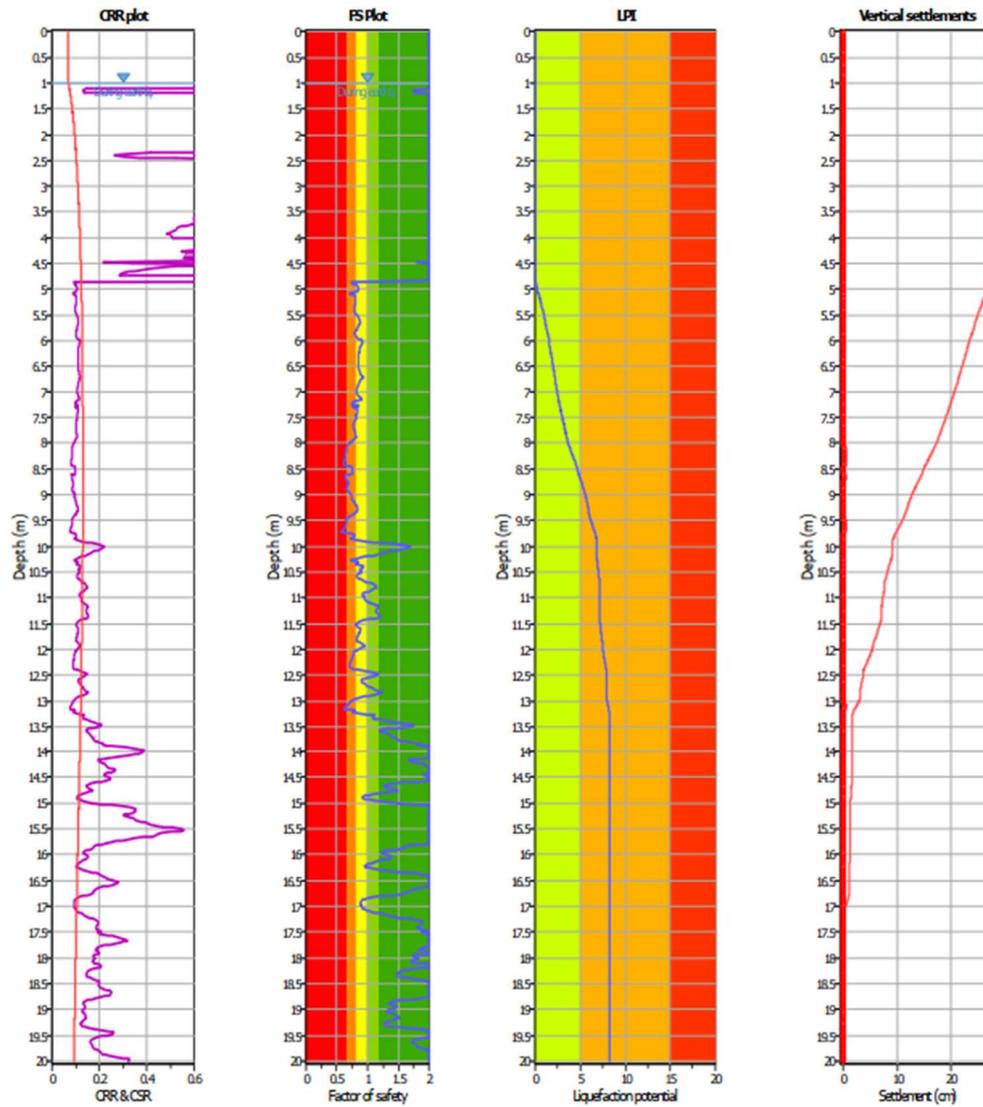
La soggiacenza della falda per tutte le prove è stata mantenuta, prudenzialmente, pari a 1,00 m da p.c..

6.3 Analisi dei risultati

Per ciascuna prova è stato prodotto un report che contiene sia i grafici interpretativi della prova stessa (resistenze penetrometriche, litologia, ecc.), sia i grafici relativi alla liquefazione ed in particolare (cfr. esempio di Fig. 35):

- Il confronto tra CSR e CRR
- La variazione del fattore di sicurezza
- La cumulata del valore di LPI
- La cumulata del valore dei cedimenti

 <i>Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti</i>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Marzo 2021	0	42 di 47



F.S. color scheme

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

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

Fig. 35 – Esempio di grafici delle verifiche di liquefazione

In Tab. 19 vengono rappresentati rispettivamente i valori di LPI calcolati mediante il metodo di Robertson (2009) per tutte le verticali indagate.

<i>Prova</i>	<i>Codice SoftMS</i>	<i>LPI</i>	<i>Livello di rischio</i>
CPTU 01	034030P73CPTU73	1.006	Nulla
CPTU 02	034030P76CPTU76	4.036	Moderato
CPTU 03	034030P78CPTU78	1.632	Basso
CPTU 04	034030P75CPTU75	0.37	Basso
CPTU 05	034030P79CPTU79	1.219	Basso
CPTU 06	034030P81CPTU81	2.068	Moderato
SCPTU 01	034030P77SCPT77	1.069	Basso
SCPTU 02	034030P74SCPT74	4.127	Moderato
SCPTU 03	034030P80SCPT80	1.105	Basso
CPTU 2019	034030P130CPTU133	1.791	Basso

Tab. 19 – Valori di LPI per ciascuna verticale analizzata

I dati sopra riportati evidenziano come il territorio di Roccabianca sia interessato dalla presenza di depositi sabbiosi sotto falda, potenzialmente soggetti al rischio di liquefazione. In genere il rischio risulta essere basso eccetto nel caso delle verticali CPTU 02 e SCPTU 02 in corrispondenza delle quali risulta essere alto.

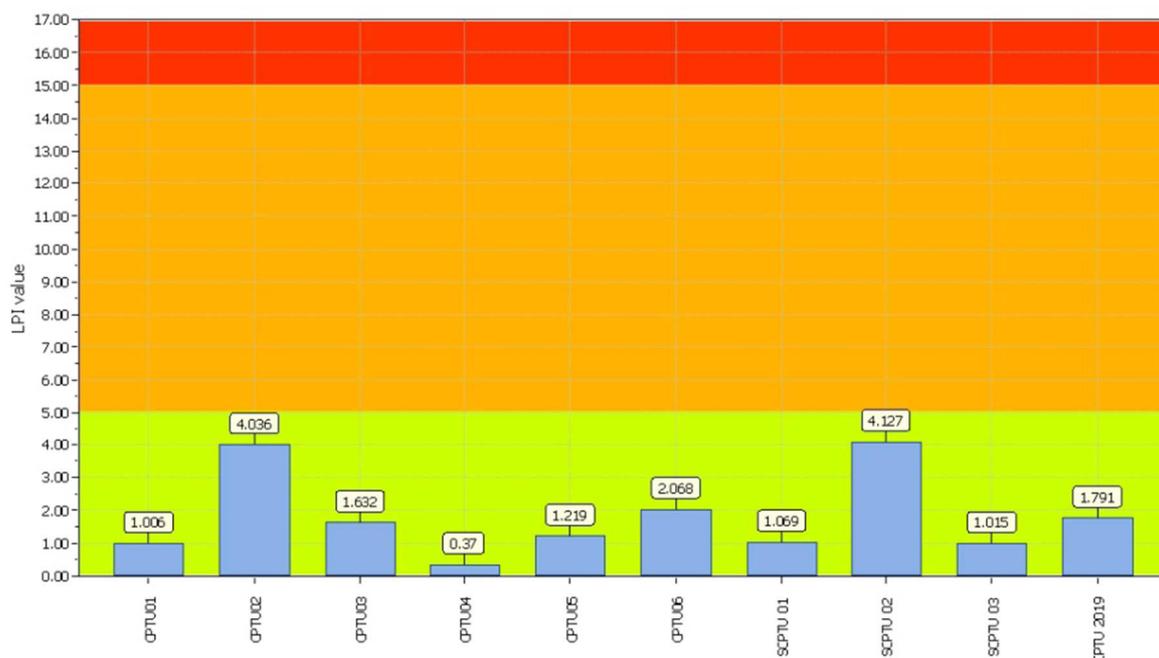


Fig. 36 – grafico rappresentante il potenziale rischio di liquefazione calcolato

7. CARTE DI MICROZONAZIONE SISMICA

Le Carte di microzonazione sismica di Livello 3 in scala 1:10.000 fanno parte degli elaborati grafici conclusivi del presente studio.

L'amplificazione è stata quantificata in termini di:

- $F_{PGA} = PGA/PGA_0$, dove PGA_0 è l'accelerazione massima orizzontale a periodo $T=0$ al suolo di riferimento e PGA è l'accelerazione massima orizzontale a periodo $T=0$ alla superficie del sito;
- $FA = SA/SA_0$, dove SA_0 è l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione al suolo di riferimento e SA è l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione alla superficie del sito per prefissati intervalli di periodi T : SA_1 per $0,1s \leq T \leq 0,5s$, SA_2 per $0,4s \leq T \leq 0,8s$, SA_3 per $0,7s \leq T \leq 1,1s$, SA_4 per $0,5s \leq T \leq 1,5s$;
- $FH = SI/SI_0$, dove SI_0 è l'integrale dello spettro di risposta in velocità (Intensità di Housner) al suolo di riferimento e SI è l'integrale dello spettro di risposta in velocità (o corrispondente grandezza di Intensità di Housner) alla superficie del sito per prefissati intervalli di periodi T : SI_1 per $0,1s \leq T \leq 0,5s$, SI_2 per $0,5s \leq T \leq 1,0s$, SI_3 per $0,5s \leq T \leq 1,5s$.

Per le zone di attenzione per instabilità riportate nella carta delle MOPS, sottoposte ad analisi di terzo livello, i fattori di amplificazione sono stati determinati attraverso l'analisi di risposta sismica locale descritta nel Cap. 5.

Inoltre per queste zone è stata eseguita la verifica a liquefazione, i cui indici del potenziale di liquefazione LPI sono riportati nelle carte di microzonazione.

Tale verifica ha evidenziato che solo la Zona 2001 può essere considerata come microzona suscettibile di instabilità per liquefazione, essendo caratterizzata da valori di LPI compresi tra 2 e 5. Le restanti microzone, rientrano invece nelle aree stabili suscettibili di amplificazioni locali.

La Tab. 26 riporta i Fattori di Amplificazione di ogni microzona, determinati attraverso l'Analisi Risposta Sismica Locale.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Marzo 2021	0	45 di 47

MOPS	ZONA	METODO CALCOLO F.A.	NOTE	FATTORI DI AMPLIFICAZIONE							
				PGA	SA 0,1-0,5S	SA 0,4-0,8S	SA 0,7-1,1S	SA 0,5-1,5S	SI 0,1-0,5S	SI 0,5-1,0S	SI 0,5-1,5S
STAB	2002	RSL		1,61	1,64	1,74	1,90	1,52	1,63	1,76	1,76
	2002	RSL	Fontanelle	1,86	1,83	1,94	2,13	1,70	1,89	1,95	1,58
	2003	RSL	Roccabianca	1,75	1,82	1,86	2,03	1,60	1,79	1,92	1,88
	2003	RSL	Fontanelle	1,76	1,77	1,87	2,05	1,63	1,79	1,89	1,90
INSTAB	2001	RSL		1,71	1,87	1,94	2,13	1,55	1,74	1,97	1,95

Tab. 26 – Fattori di Amplificazione determinati nel 3° livello

Lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in cm/s^2) è stato espresso attraverso il parametro H, dato dal prodotto dell'Acceleration Spectrum Intensity (ASI), integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per determinati intervallo di periodi, diviso per ΔT e moltiplicato per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodi:

$$H = \frac{ASI}{\Delta T} \times FA$$

I valori di ASI sono stati determinati attraverso gli spettri di risposta a pericolosità uniforme in pseudo-accelerazione con T_r pari a 475 anni, riferiti al baricentro di ogni MOPS.

I periodi considerati per la determinazione dello scuotimento atteso sono i seguenti:

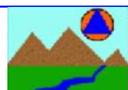
- $0,1s \leq T \leq 0,5s \rightarrow H_{sm}$
- $0,4s \leq T \leq 0,8s \rightarrow H_{0,4-0,8s}$
- $0,7s \leq T \leq 1,1s \rightarrow H_{0,7-1,1s}$
- $0,5s \leq T \leq 1,5s \rightarrow H_{0,5-1,5s}$

8. ELENCO ELABORATI

- Relazione illustrativa
- Carta delle indagini in scala 1:10.000
- Carta geologico-tecnica in scala 1:10.000
- Carta delle frequenze naturali dei terreni in scala 1:10.000
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica in scala 1:10.000
- Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs) in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA_{PGA} in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA_{SA 0,1 - 0,5 s} in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA_{SA 0,4 - 0,8 s} in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA_{SA 0,7 - 1,1 s} in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA_{SA 0,5 - 1,5 s} in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA_{SI 0,1 - 0,5 s} in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA_{SI 0,5 - 1,0 s} in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA_{SI 0,5 - 1,5 s} in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - H_{SM} in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - H_{0,4 - 0,8 s} in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - H_{0,7 - 1,1 s} in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - H_{0,5 - 1,5 s} in scala 1:10.000

Allegato: Indagini integrative

- Prove CPTU e SPCUT
- Sondaggi a carotaggio continuo
- Prove di laboratorio
- Verifiche di liquefazione

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Marzo 2021	0	47 di 47



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

D.G.R. n. 2245 del 27.12.2018

MICROZONAZIONE SISMICA

Livello 3

Relazione illustrativa

Regione Emilia-Romagna

Comune di Roccabianca



Allegato 1 – INDAGINI INTEGRATIVE

Regione	Soggetto realizzatore	Data
EMILIA-ROMAGNA	 <i>Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti</i>	MARZO 2021

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



COMMITTENTE: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

CANTIERE: Strada Campo sportivo - Roccabianca (PR)

PERFORAZIONE: S1 C. SITO N°: SF200275 del 02/04/20
ESECUZIONE: 30-03-20 OPERATORE: BARONE
COMMESSA: 20783FE/19 RESPONSABILE: MAGHINI

PROFONDITA': 15,00 m
RIVESTIMENTO: 13,50 m
QUOTA: p.c.

Indisturbato S S.P.T
 Rimaneggiato L Lefranc
 Ambientale V Vane Test

METRI	METRI da P.C.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI			P.P. kPa	T.V. kPa	PROVE			METODO E UTENSILE	FALDA
				TIPO	NUM.	PROF.			TIPO	NUM.	PROF.		
	0.10		Terreno vegetale										
1	1.10		Limo sabbioso, debolmente argilloso, marrone, con presenza di sporadici frammenti di laterizi										
	1.65		Limo sabbioso marrone										
2							250	125					
							225	110					
3			Argilla con limo marrone con presenza di striature nerastre nel tratto 3.70 - 4.35 m	SH1	2.50								
							250	125					
4	4.35												
5	4.95		Limo sabbioso debolmente argilloso, marrone				225	110					
6													
7													
8			Sabbia da fine a media, a tratti debolmente limosa, marrone-verdastra										
9													
10													
11	11.00												
12													
13			Sabbia da media grossolana, grigia										
14													
15	14.70												
	15.00		Sabbia media, debolmente limosa, marrone										
			FINE SONDAGGIO										

Carotaggio continuo tramite carotiere semplice 101 mm

5.48

Foro non attrezzato

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



COMMITTENTE: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

CANTIERE: Strada Campo sportivo - Roccabianca (PR)

PERFORAZIONE: S1 C. SITO N°: SF200275 del 02/04/20
ESECUZIONE: 30-03-20 OPERATORE: BARONE
COMMESSA: 20783FE/19 RESPONSABILE: MAGHINI

PROFONDITA': 15,00 m
RIVESTIMENTO: 13,50 m
QUOTA: p.c.

<input type="checkbox"/>	Indisturbato	<input type="checkbox"/>	S.P.T
<input checked="" type="checkbox"/>	Rimaneggiato	<input type="checkbox"/>	Lefranc
<input type="checkbox"/>	Ambientale	<input type="checkbox"/>	Vane Test

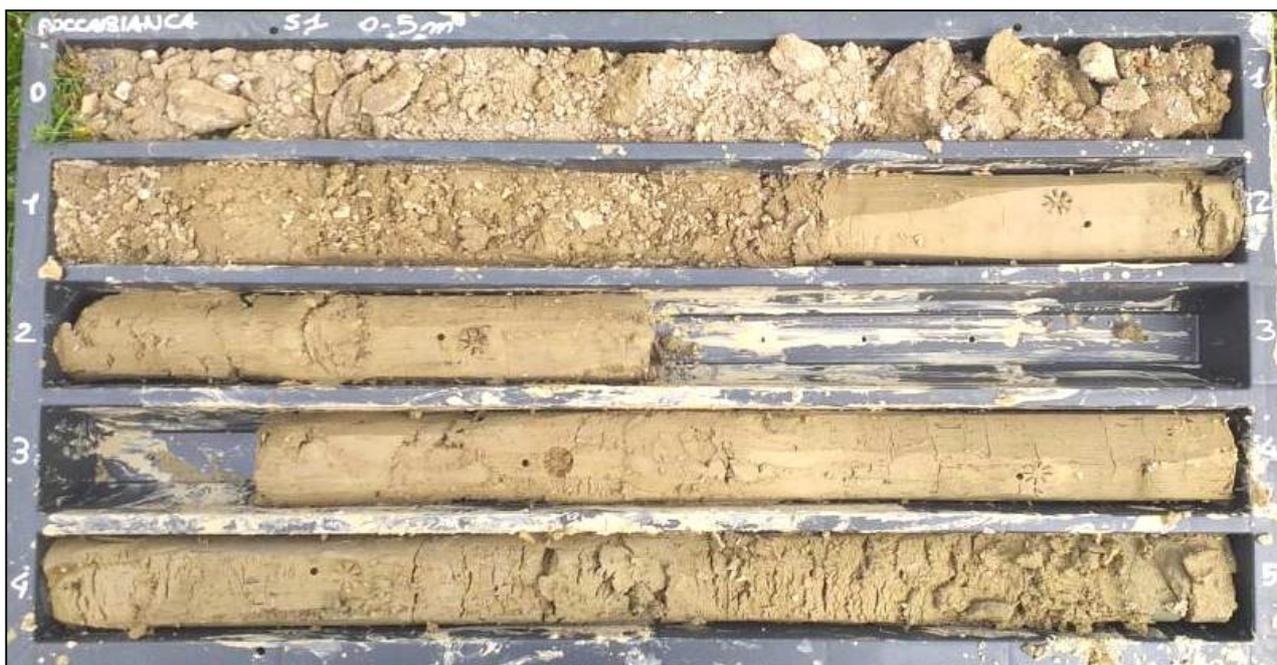
UBICAZIONE

LOCALITA': Strada Campo sportivo - Roccabianca (PR)

PERFORAZIONE: S1
UBICAZIONE: Lat.: 44.007679°
Long.: 10.217916°



Ubicazione sondaggio



Cassetta 1: 0.00 - 5.00 m da p.c.

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



COMMITTENTE: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

CANTIERE: Strada Campo sportivo - Roccabianca (PR)

PERFORAZIONE: S1 C. SITO N°: SF200275 del 02/04/20

ESECUZIONE: 30-03-20 OPERATORE: BARONE

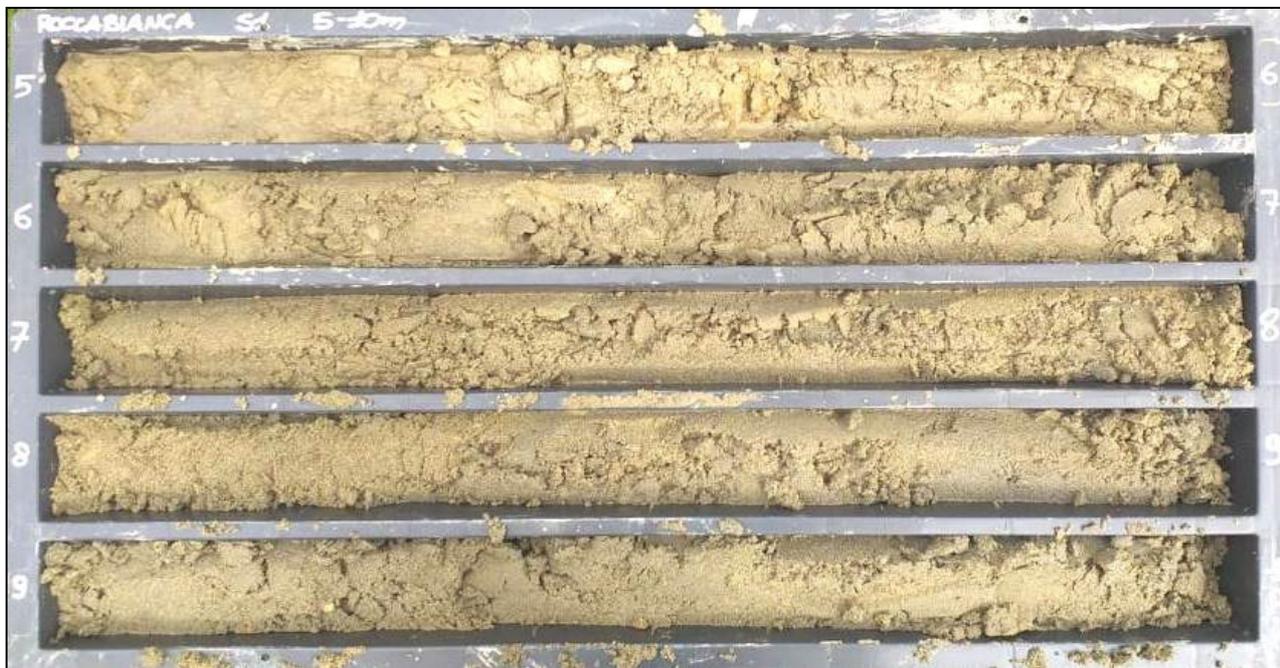
COMMESSA: 20783FE/19 RESPONSABILE: MAGHINI

PROFONDITA': 15,00 m

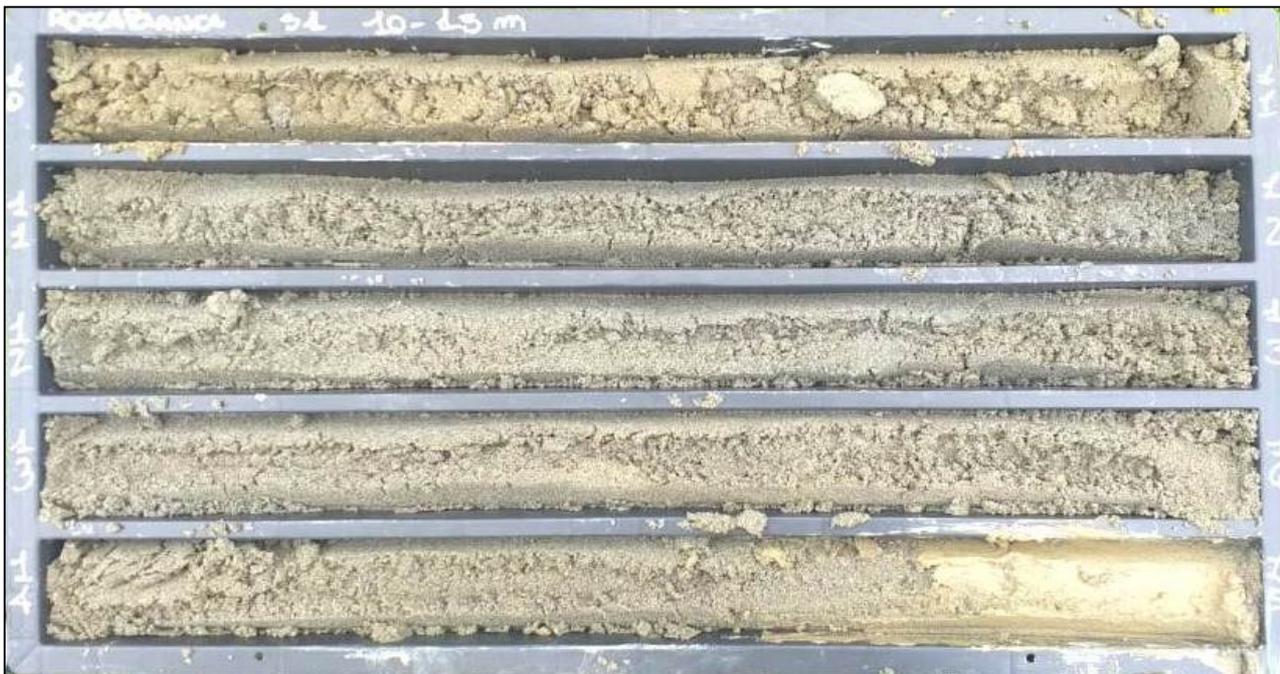
RIVESTIMENTO: 13,50 m

QUOTA: p.c.

<input type="checkbox"/>	Indisturbato	<input type="checkbox"/>	S	S.P.T
<input checked="" type="checkbox"/>	Rimaneggiato	<input type="checkbox"/>	L	Lefranc
<input type="checkbox"/>	Ambientale	<input type="checkbox"/>	V	Vane Test



Cassetta 2: 5.00 - 10.00 m da p.c.



Cassetta 3: 10.00 - 15.00 m da p.c.

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



COMMITTENTE: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

CANTIERE: Via Voltini - Roccabianca (PR)

PERFORAZIONE: S2 C. SITO N°: SF200276 del 02/04/20
ESECUZIONE: 31-03-20 OPERATORE: BARONE
COMMESSA: 20783FE/19 RESPONSABILE: MAGHINI

PROFONDITA': 15,00 m
RIVESTIMENTO: 13,50 m
QUOTA: p.c.

Indisturbato S S.P.T
 Rimaneggiato L Lefranc
 Ambientale V Vane Test

METRI	METRI da P.C.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI			P.P. kPa	T.V. kPa	PROVE			METODO E UTENSILE	FALDA		
				TIPO	NUM.	PROF.			TIPO	NUM.	PROF.				
	0.10		Terreno vegetale												
1			Limo argilloso con diffusi frammenti di laterizi e sporadica ghiaia, marrone												
2	1.70						250	125							
3							225	110							
4			Limo argilloso marrone con diffuse striature marroni scuro-nerastre				200	100							
5							200	100							
6							175	80							
7							175	80							
8	7.20		Limo sabbioso marrone												
9	7.60						150	70							
10			Sabbia medio-fine marrone-verdastra, con sporadica ghiaia tra 9.50 e 11.00m												
11	11.00						150	70							
12							75	30							
13			Sabbia da media grossolana, grigia												
14															
15	15.00		FINE SONDAGGIO												

Carotaggio continuo tramite carotiere semplice 101 mm

5.95

Foro non attrezzato

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



COMMITTENTE: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

CANTIERE: Via Voltini - Roccabianca (PR)

PERFORAZIONE: S2 C. SITO N°: SF200276 del 02/04/20
ESECUZIONE: 31-03-20 OPERATORE: BARONE
COMMESSA: 20783FE/19 RESPONSABILE: MAGHINI

PROFONDITA': 15,00 m
RIVESTIMENTO: 13,50 m
QUOTA: p.c.

<input type="checkbox"/>	Indisturbato	<input type="checkbox"/>	S.P.T
<input checked="" type="checkbox"/>	Rimaneggiato	<input type="checkbox"/>	Lefranc
<input type="checkbox"/>	Ambientale	<input type="checkbox"/>	Vane Test

UBICAZIONE

LOCALITA': Via Voltini - Roccabianca (PR)

PERFORAZIONE: S2
UBICAZIONE: Lat.: 45.009525°
Long.: 10.223118°



Ubicazione sondaggio



Cassetta 1: 0.00 - 5.00 m da p.c.

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



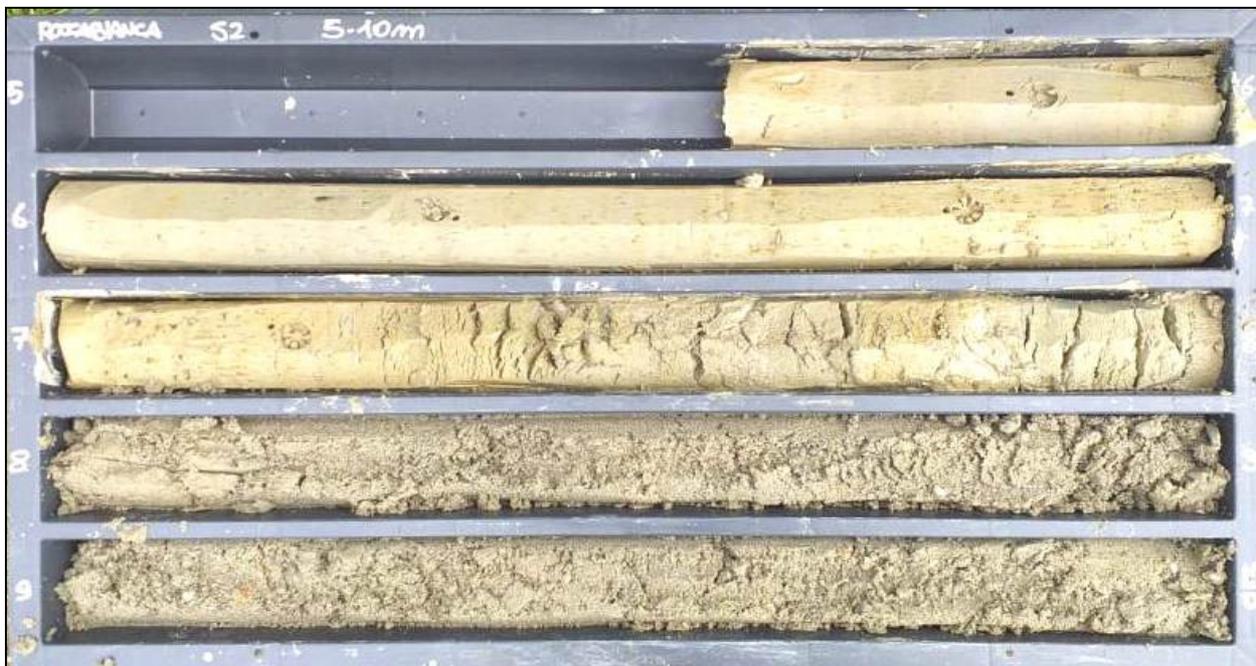
COMMITTENTE: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

CANTIERE: Via Voltini - Roccabianca (PR)

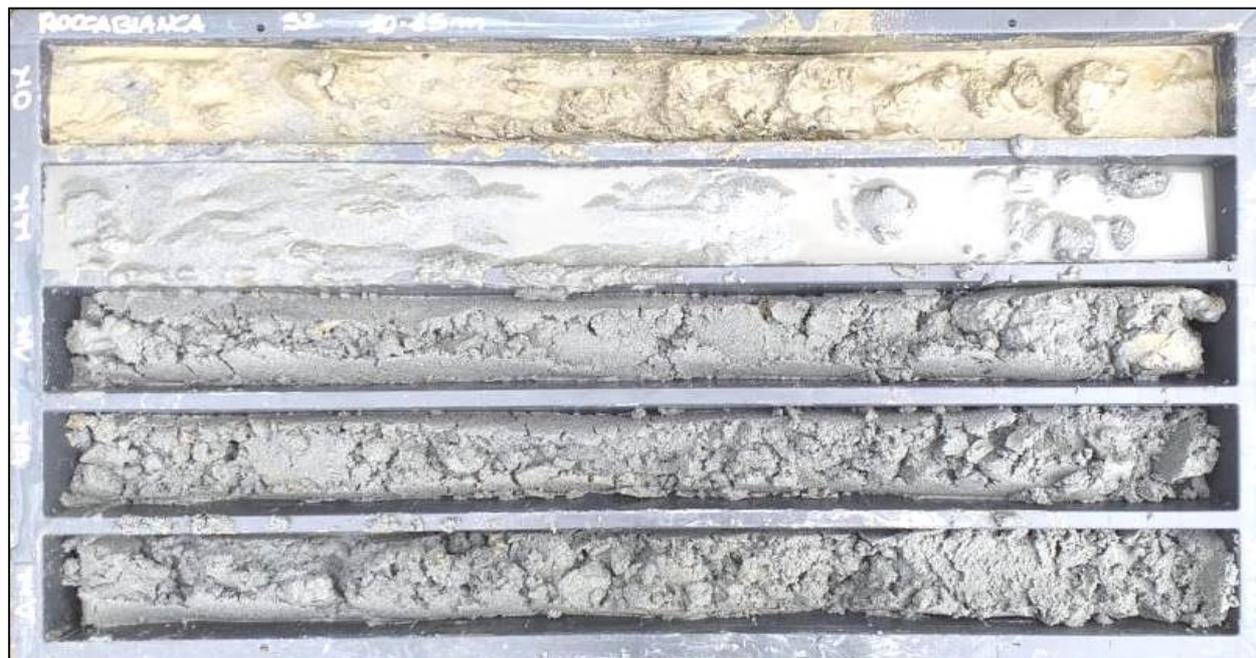
PERFORAZIONE: S2 C. SITO N°: SF200276 del 02/04/20
ESECUZIONE: 31-03-20 OPERATORE: BARONE
COMMESSA: 20783FE/19 RESPONSABILE: MAGHINI

PROFONDITA': 15,00 m
RIVESTIMENTO: 13,50 m
QUOTA: p.c.

<input type="checkbox"/>	Indisturbato	<input type="checkbox"/>	S	S.P.T
<input checked="" type="checkbox"/>	Rimaneggiato	<input type="checkbox"/>	L	Lefranc
<input type="checkbox"/>	Ambientale	<input type="checkbox"/>	V	Vane Test



Cassetta 2: 5.00 - 10.00 m da p.c.



Cassetta 3: 10.00 - 15.00 m da p.c.

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

SCHEMA GENERALE DEL CAMPIONECOMMITTENTE: **Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)**CANTIERE: **Strada Campo sportivo - Roccabianca (PR)**CAMPIONE: **S1SH1 m 2.50 - 3.10**

COMMESSA: 20783FE/19

VERBALE ACC.: VGF/141/20

DATA CONSEGNA: 03/04/20

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 2.50	P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm): 43 GRADO DI QUALITA': AGI Q5 EC 7-3 Q1
	80	-	DESCRIZIONE: 0-7 argilla limosa 7-28 limo argilloso sabbioso 28-43 limo sabbioso marrone con presenza di apparati radicali marrone verdastro
	100	-	W naturale (%) 27.0 γ naturale (Mg/m ³) 1.89 γ secco (Mg/m ³) 1.49 γ immerso (Mg/m ³) 0.94 porosità (%) 45 indice dei vuoti 0.81 grado di saturazione (%) 90 massa specifica stimata (Mg/m ³) 2.700
	70	-	PROVE ESEGUITE Umidità Naturale SI Trassiale UU - Limiti Atterberg SI Trassiale CIU - Gran. Setacciatura SI Edometria - Gran. Sedimentazione SI Taglio Diretto - Peso di Volume SI Espansione L.L. - Peso Specifico - Trassiale Cicl. + C.M. - Analisi Chimica - Colonna Risonante SI Taglio Torsionale Cicl. -
3.10 basso			NOTE: -

Io Sperimentatore
dott. Roberto BellanovaIl Direttore del Laboratorio terre
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

UMIDITA' DI UNA TERRA
UNI EN ISO 17892-1

COMMITTENTE: **Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)**

CANTIERE: **Strada Campo sportivo - Roccabianca (PR)**

CAMPIONE: **S1SH1 m 2.50 - 3.10**

COMMESSA: 20783FE/19 DURATA PROVE: 29/04 - 22/05/20

VERBALE ACC.: VGF/141/20 DATA CONSEGNA: 03/04/20

GEO - CERT. n°: GF2004150 rev.00 del: 22/05/20

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Limo sabbioso argilloso marrone verdastro

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	403.24	2.24
TERRA UMIDA (g)	762.54	162.24
TERRA ESSICATA* (g)	685.76	128.31
UMDITA' DETERMINATA (%)	27.2	26.9
UMIDITA' CALCOLATA (%)	=	27.0

* materiale essiccato instufa a 105 - 110 °C, fino a massa costante.

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

MASSA VOLUMICA APPARENTE

UNI EN ISO 17892-2

COMMITTENTE: **Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)**

CANTIERE: **Strada Campo sportivo - Roccabianca (PR)**

CAMPIONE: **S1SH1 m 2.50 - 3.10**

COMMESSA: 20783FE/19 DURATA PROVE: 29/04 - 22/05/20

VERBALE ACC.: VGF/141/20 DATA CONSEGNA: 03/04/20

GEO - CERT. n°: GF2004151 rev.00 del: 22/05/20

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Limo sabbioso argilloso marrone verdastro

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	0.00	136.84
ALTEZZA (cm)	10.00	7.63
DIAMETRO (cm)	5.00	3.84
MASSA LORDA (g)	374.01	302.57
MASSA VOLUMICA (Mg/m ³)	1.90	1.88
MEDIA (Mg/m³)	=	1.89

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



SOCOTEC

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

LIMITI DI ATTERBERG (norma ASTM D4318 metodo A)			
COMMITTENTE:	Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)		
CANTIERE:	Strada Campo sportivo - Roccabianca (PR)		
CAMPIONE:	S1SH1	m 2.50 - 3.10	
COMMESSA:	20783FE/19	DURATA PROVE:	29/04 - 22/05/20
VERBALE ACC.:	VGf/141/20	DATA CONSEGNA:	03/04/20
GEO - CERT. n°:	GF2004152	rev.00 del:	22/05/20

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

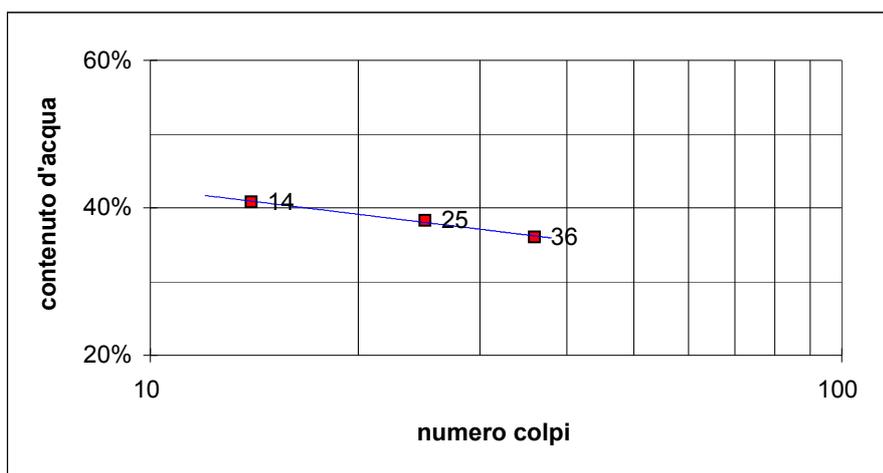
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Limo sabbioso argilloso marrone verdastro

codice cucchiaino: 344; codice bilancia: 480.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		UMIDITA'
	1	2	3	1	2	
impasto						
N° colpi	36	25	14			
massa umida+ tara (g)	26.70	26.89	25.93	12.63	12.80	762.54
massa secca+ tara (g)	20.21	20.07	19.06	10.78	10.95	685.76
acqua contenuta (g)	6.49	6.82	6.87	1.85	1.85	76.78
tara (g)	2.19	2.25	2.22	2.16	2.26	403.24
peso secco (g)	18.02	17.82	16.84	8.62	8.69	282.52
contenuto d'acqua	36.0%	38.3%	40.8%	21.5%	21.3%	27.2%

Umidità Naturale **Wn = 27%**
Limite Liquido **LL = 38%**
Limite Plastico **LP = 21%**
Indice Plastico **IP = 17%**



Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



SOCOTEC

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/S1

ANALISI GRANULOMETRICA

(per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422

COMMITTENTE: **Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)**

CANTIERE: **Strada Campo sportivo - Roccabianca (PR)**

CAMPIONE: **S1SH1 m 2.50 - 3.10**

COMMESSA: 20783FE/19 DURATA PROVE: 29/04 - 22/05/20

VERBALE ACC.: VGF/141/20 DATA CONSEGNA: 03/04/20

GEO - CERT. n°: GF2004153 rev.00 del: 22/05/20

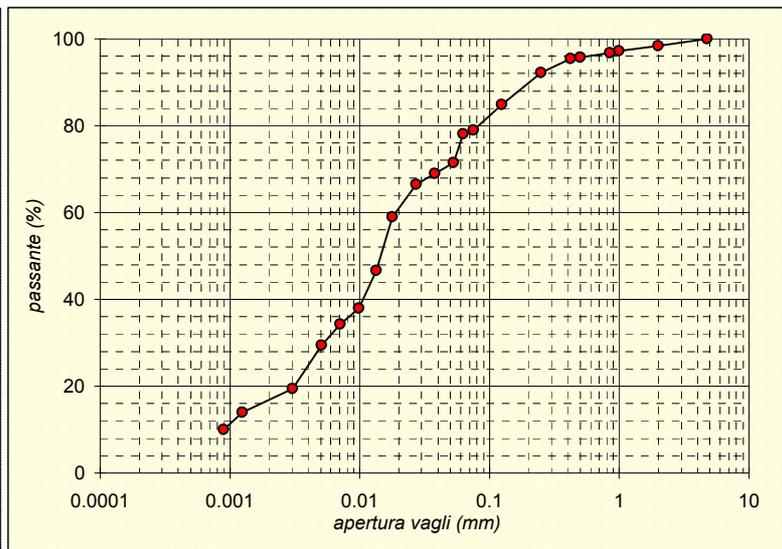
il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Limo sabbioso argilloso marrone verdastro

codici	vaglio	trattenuto	trattenuto	cum. tratt.	passante
	(mm)	(g)	(%)	(%)	(%)
571	setaccio 4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
572	setaccio 2	4.74	1.68	1.68	98.32
573	setaccio 1	3.35	1.19	2.86	97.14
290	setaccio 0.85	0.94	0.33	3.20	96.80
291	setaccio 0.5	2.82	1.00	4.19	95.81
292	setaccio 0.425	0.94	0.33	4.53	95.47
293	setaccio 0.250	9.03	3.20	7.72	92.28
282	setaccio 0.125	21.13	7.48	15.20	84.80
283	setaccio 0.075	16.43	5.82	21.02	78.98
286	setaccio 0.063	2.51	0.89	21.91	78.09
-	calcolato 0.0530	18.87	6.68	28.58	71.42
-	calcolato 0.0380	6.99	2.47	31.06	68.94
-	calcolato 0.0272	6.99	2.47	33.53	66.47
-	calcolato 0.0179	20.98	7.42	40.96	59.04
-	calcolato 0.0134	34.96	12.37	53.33	46.67
-	calcolato 0.0098	24.47	8.66	61.99	38.01
-	calcolato 0.0071	10.49	3.71	65.71	34.29
-	calcolato 0.0051	13.98	4.95	70.65	29.35
-	calcolato 0.0030	27.97	9.90	80.55	19.45
-	calcolato 0.0012	15.62	5.53	86.08	13.92
-	calcolato 0.0009	11.11	3.93	90.01	9.99
-	fondo	28.22	9.99	100.00	0.00
TOTALE		282.52		φ max (mm) = 2.6	

Passante effettivo setaccio 0.063 (g) in areometro	50.01	
t° C	Tempo (s)	Lettura
22	30	32.0
22	60	31.0
22	120	30.0
22	300	27.0
22	600	22.0
22	1200	18.5
22	2400	17.0
22	4800	15.0
22	14400	11.0
23.5	86400	8.5
23	172800	7.0
Rapporti granulometrici		
USCS		
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	1.7%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	21.0%	20.2%
LIMO	> 2 μ	> 2 μ
	62.1%	61.3%
ARGILLA	< 2 μ	< 2 μ
	16.8%	16.8%



Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it**SOCOTEC**

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

Località: Roccabianca (PR)

Cantiere: Strada Campo sportivo

Sondaggio: S1

Campione: SH1

Profondità (m): 2.50 - 3.10

Certificato di prova N°: GF2004154

Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

Commessa: 20783FE/19

Data ricevimento campione: 03/04/2020

Data prova: 19/05/2020

Data emissione certificato: 22/05/2020

DATI INIZIALI

Altezza:	100.00	mm
Diametro:	50.00	mm
Raggio eq.:	17.675	mm
Massa:	374.0	g
W:	27.2	%
γ :	18.69	kN/m ³
γ_d :	14.69	kN/m ³
e:	0.80	-

DATI DI PROVA

	Limo sabbioso	
Tipo di campione:	argilloso marrone verdastro	
Fattore Raggio Eq.:	0,707	-
Coefficiente B:	0.95	%
Pressione cella:	505	kPa
Contropressione:	450	kPa

DATI FINALI

Altezza:	99.39	mm
Diametro:	49.69	mm
Raggio eq.:	17.569	mm
Massa:	370.4	g
W:	30.7	%
γ :	19.22	kN/m ³
γ_d :	14.70	kN/m ³
e:	0.84	-

	Frequenza Risonanza	Momento Torcente	Def. Taglio max	Vel. Onde Taglio V_s	Modulo Taglio G	G/G₀	Rapporto Smorz. D	$\Delta U/\sigma^3$
	(Hz)	(Nm)	(%)	(m/s)	(MPa)		(%)	
Test 1*	71.00	0.0001	8.97E-05	126.51	30.48	1.000	2.92	0.000
Test 2	71.00	0.0002	1.74E-04	126.51	30.48	1.000	2.95	0.000
Test 3	71.00	0.0004	3.36E-04	126.51	30.48	1.000	3.04	0.000
Test 4	71.00	0.0007	6.00E-04	126.51	30.48	1.000	3.23	0.000
Test 5	71.00	0.0010	8.99E-04	126.51	30.48	1.000	3.23	0.000
Test 6	69.40	0.0030	2.34E-03	123.66	29.13	0.956	3.33	0.000
Test 7	66.60	0.0070	5.15E-03	118.67	26.82	0.880	3.37	0.000
Test 8	63.80	0.0100	8.25E-03	113.68	24.61	0.807	3.79	0.000
Test 9	62.20	0.0130	1.06E-02	110.83	23.40	0.768	4.75	0.008
Test 10	51.20	0.0400	3.47E-02	91.23	15.85	0.520	8.27	0.027
Test 11	43.60	0.0700	6.83E-02	77.69	11.50	0.377	15.81	0.063
Test 12	38.20	0.1000	1.14E-01	68.06	8.82	0.289	20.77	0.125
Test 13	29.00	0.1700	2.73E-01	51.67	5.09	0.167	24.92	0.232
Test 14	13.60	1.2992	1.91E+00	24.23	1.12	0.037	29.42	0.764

* Test 1 corrispondente al valore G₀

Io Sperimentatore:

dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:

dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

Località: Roccabianca (PR)

Cantiere: Strada Campo sportivo

Sondaggio: S1

Campione: SH1

Profondità (m): 2.50 - 3.10

Certificato di prova N°: GF2004154

Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

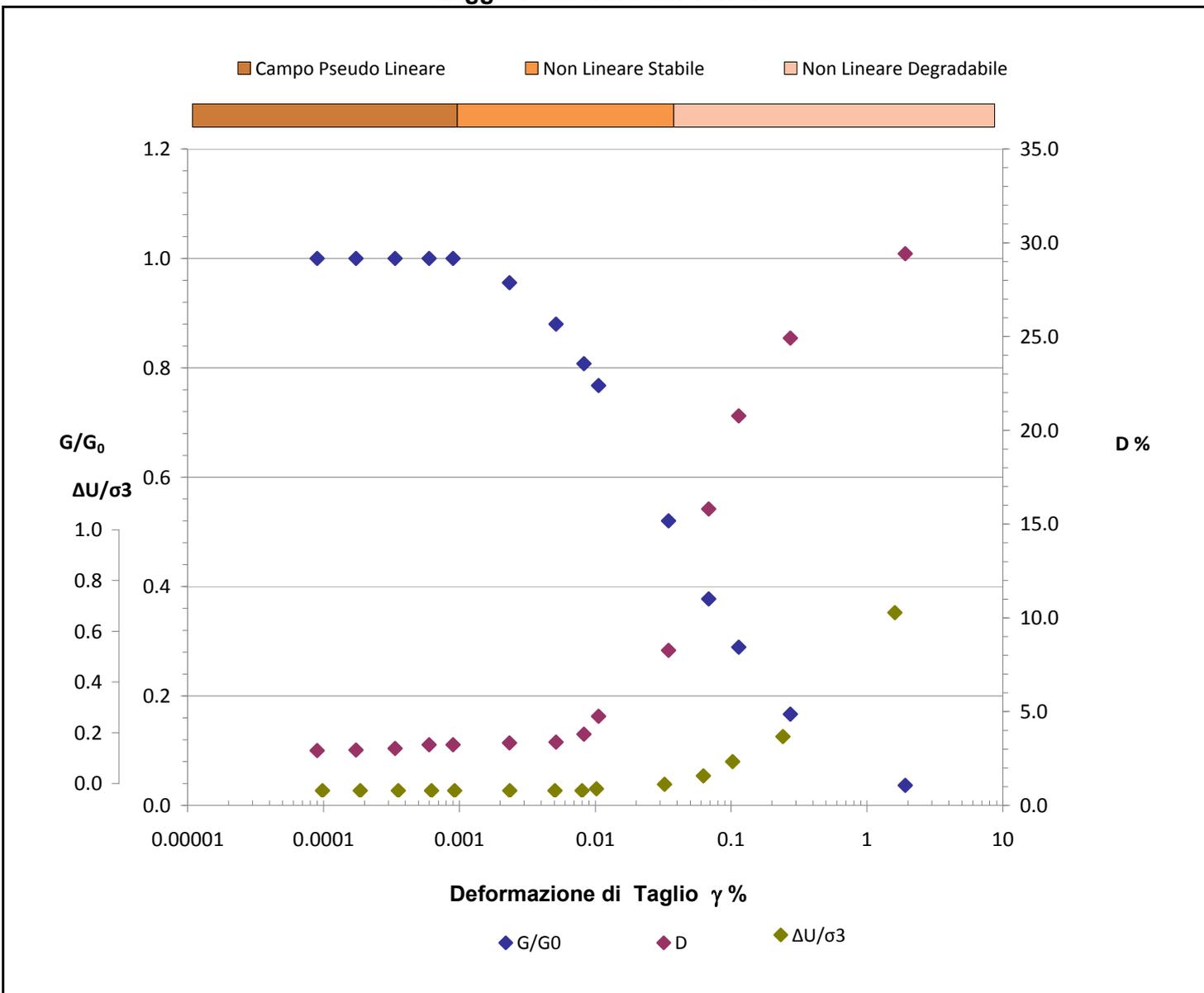
Commessa: 20783FE/19

Data ricevimento campione: 03/04/2020

Data prova: 19/05/2020

Data emissione certificato: 22/05/2020

Legge Costitutiva del Terreno



Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

Località: Roccabianca (PR)

Cantiere: Strada Campo sportivo

Sondaggio: S1

Campione: SH1

Profondità (m): 2.50 - 3.10

Certificato di prova N°: GF2004154

Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

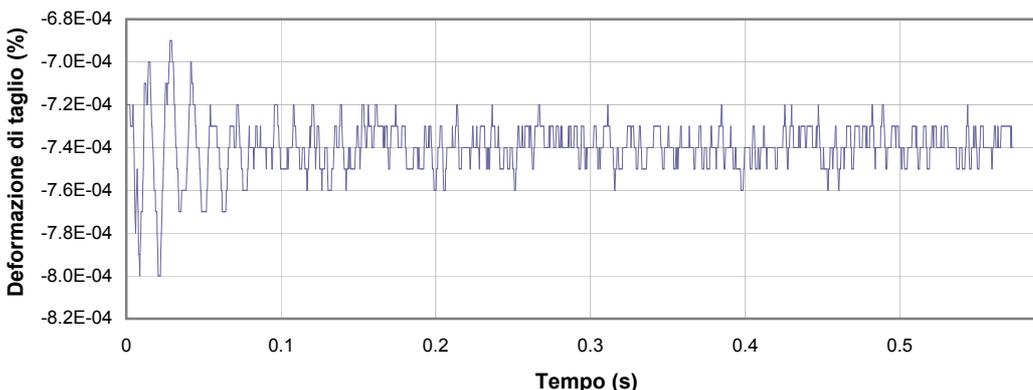
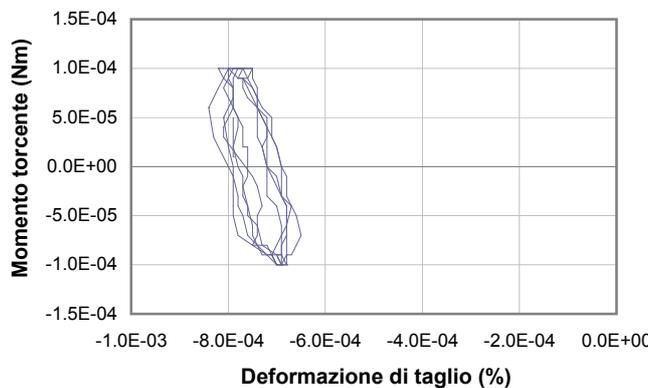
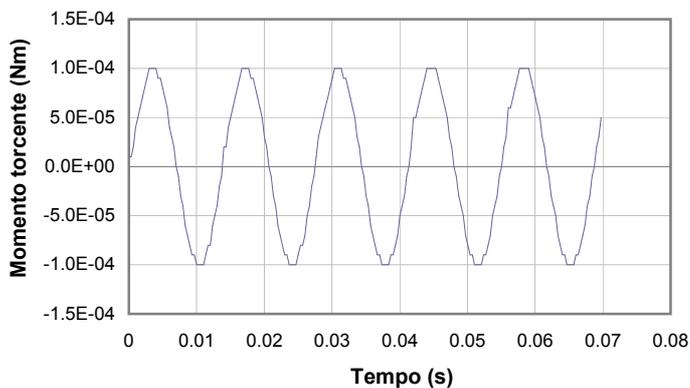
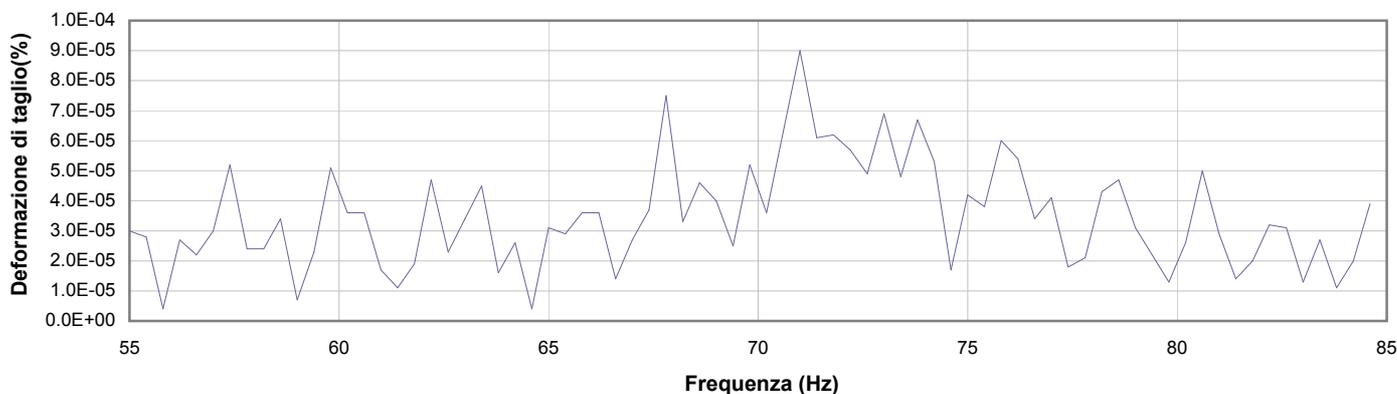
Commessa: 20783FE/19

Data ricevimento campione: 03/04/2020

Data prova: 19/05/2020

Data emissione certificato: 22/05/2020

Test 1



1 Campo delle frequenze indagate

2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

3 Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

4 Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

Località: Roccabianca (PR)

Cantiere: Strada Campo sportivo

Sondaggio: S1

Campione: SH1

Profondità (m): 2.50 - 3.10

Certificato di prova N°: GF2004154

Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

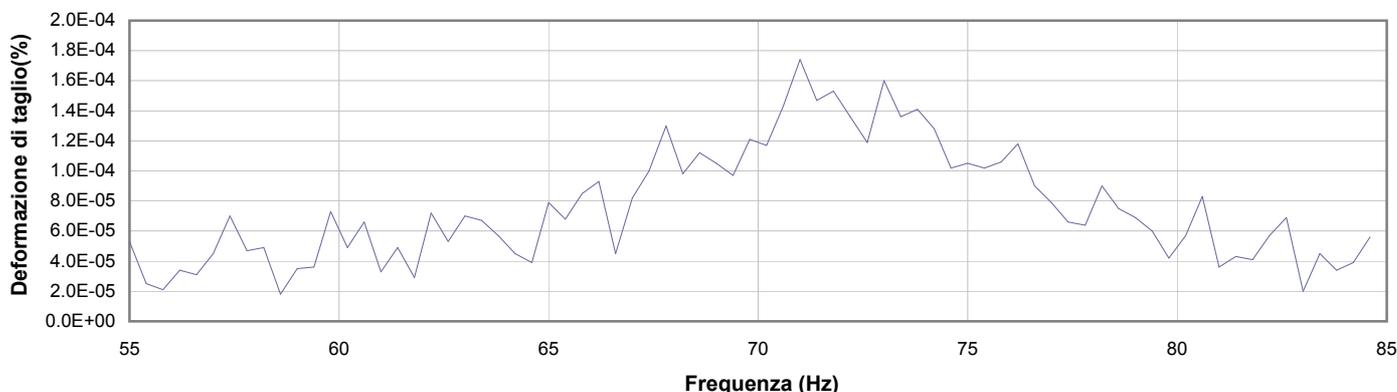
Commessa: 20783FE/19

Data ricevimento campione: 03/04/2020

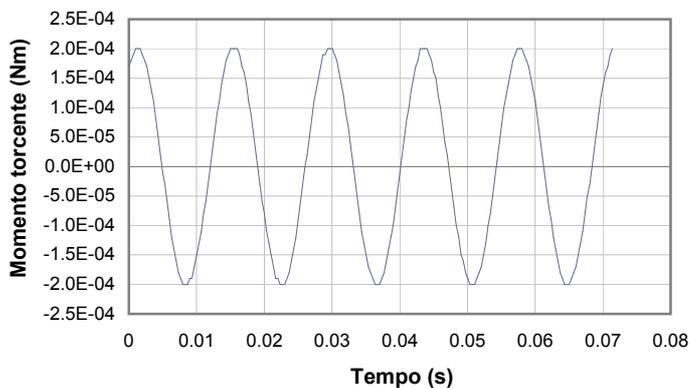
Data prova: 19/05/2020

Data emissione certificato: 22/05/2020

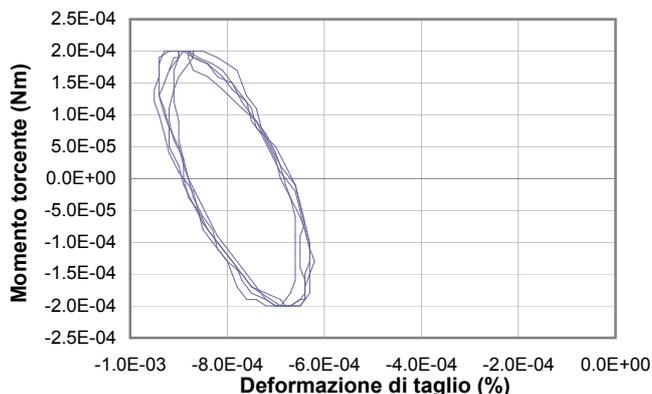
Test 2



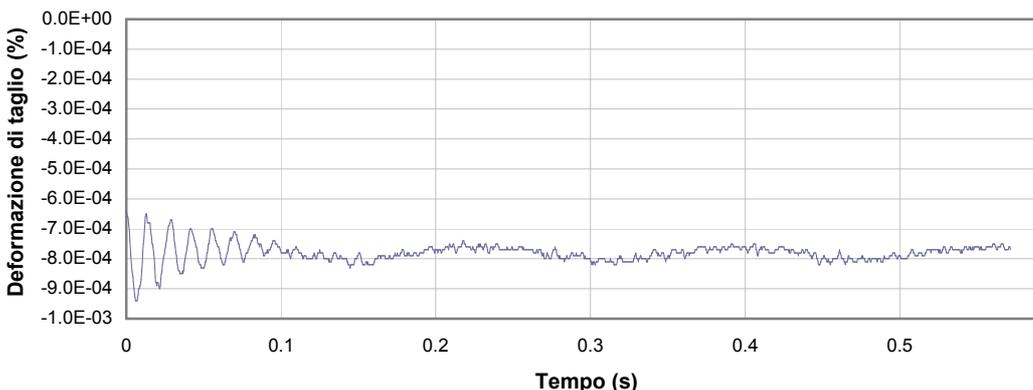
1



2



3



4

1 Campo delle frequenze indagate

2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

3 Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

4 Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

Località: Roccabianca (PR)

Cantiere: Strada Campo sportivo

Sondaggio: S1

Campione: SH1

Profondità (m): 2.50 - 3.10

Certificato di prova N°: GF2004154

Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

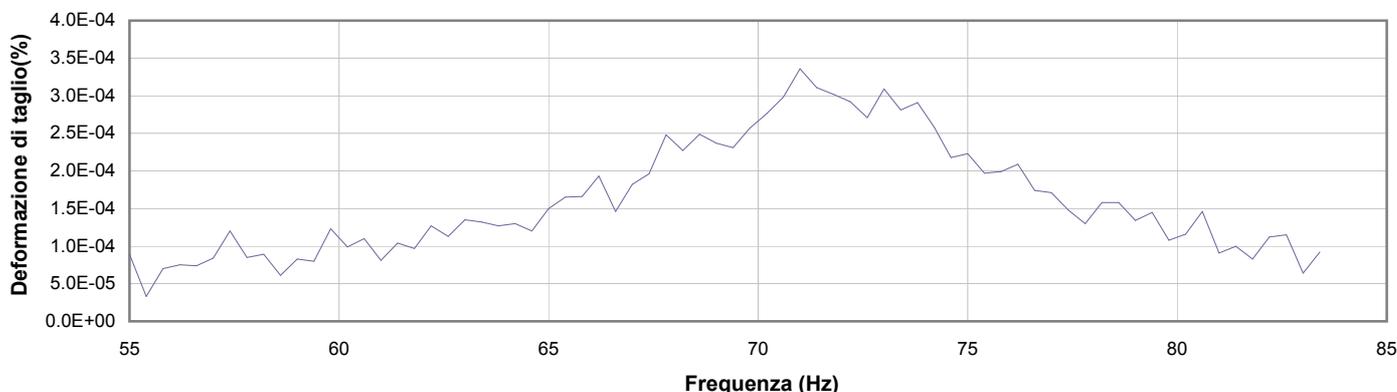
Commessa: 20783FE/19

Data ricevimento campione: 03/04/2020

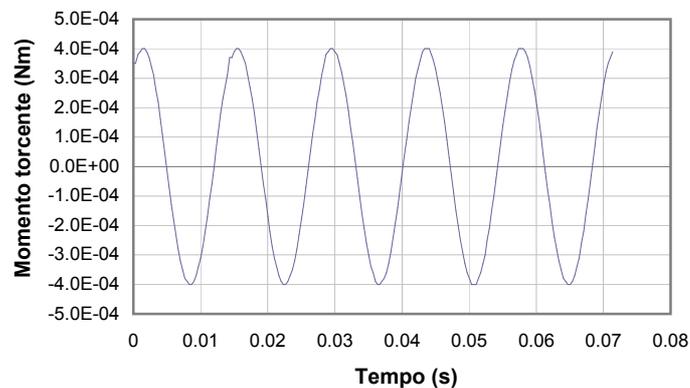
Data prova: 19/05/2020

Data emissione certificato: 22/05/2020

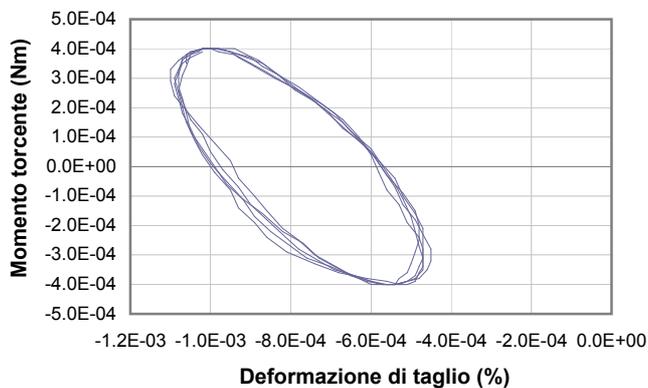
Test 3



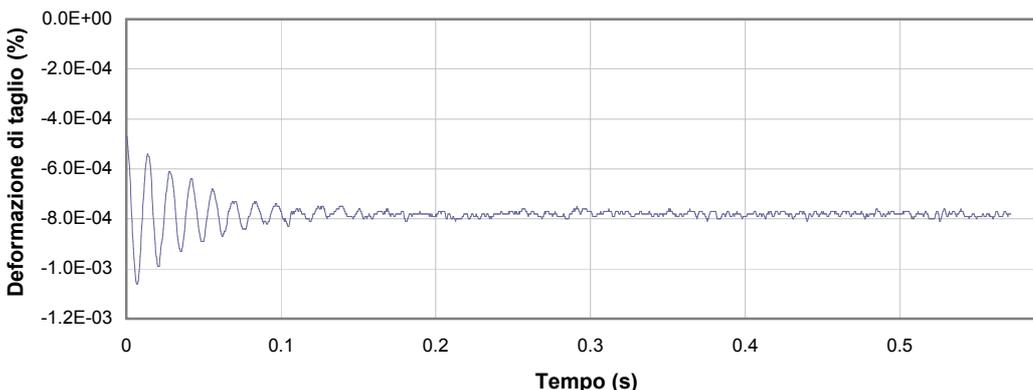
1



2



3



4

1 Campo delle frequenze indagate

2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

3 Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

4 Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

Località: Roccabianca (PR)

Cantiere: Strada Campo sportivo

Sondaggio: S1

Campione: SH1

Profondità (m): 2.50 - 3.10

Certificato di prova N°: GF2004154

Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

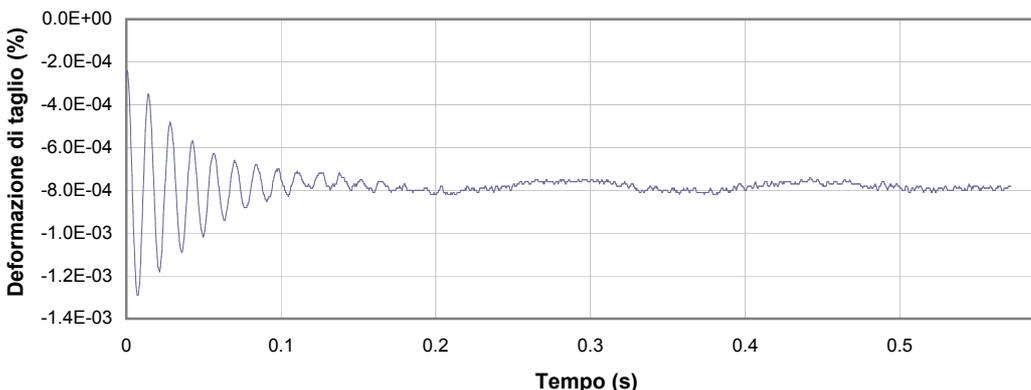
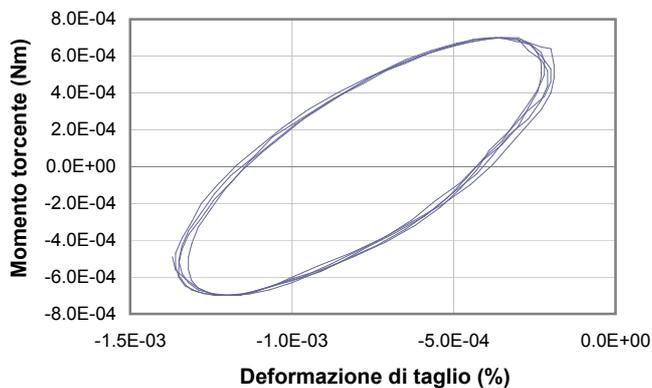
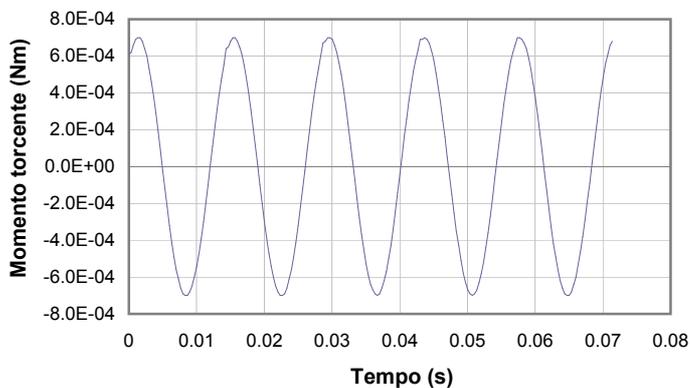
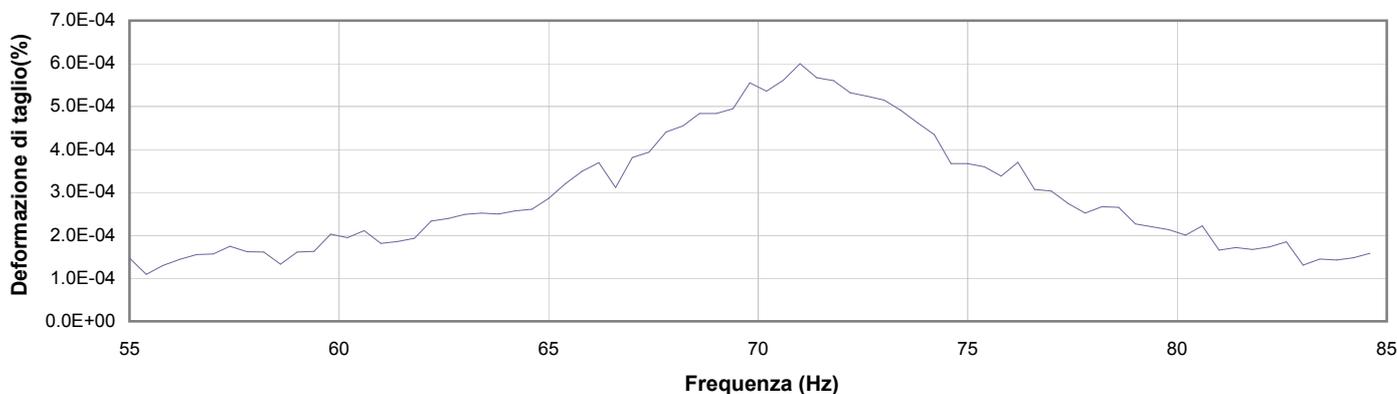
Commessa: 20783FE/19

Data ricevimento campione: 03/04/2020

Data prova: 19/05/2020

Data emissione certificato: 22/05/2020

Test 4



1 Campo delle frequenze indagate

2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

3 Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

4 Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

Località: Roccabianca (PR)

Cantiere: Strada Campo sportivo

Sondaggio: S1

Campione: SH1

Profondità (m): 2.50 - 3.10

Certificato di prova N°: GF2004154

Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

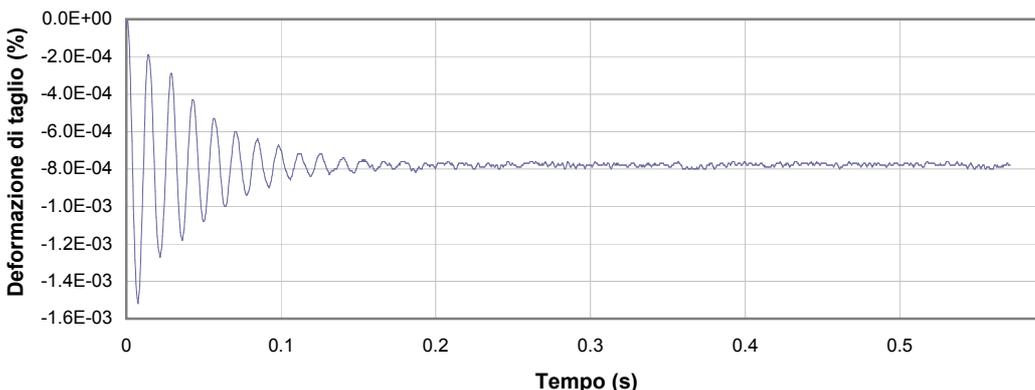
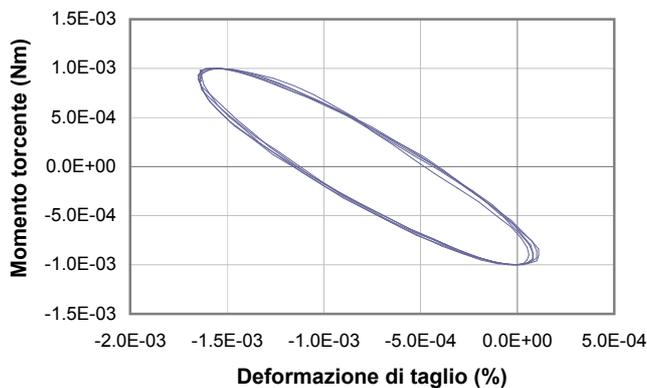
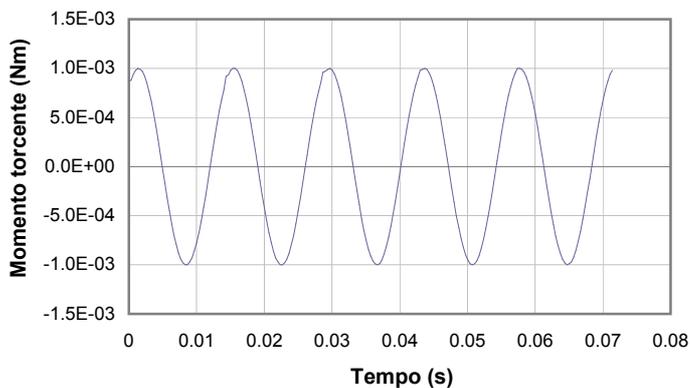
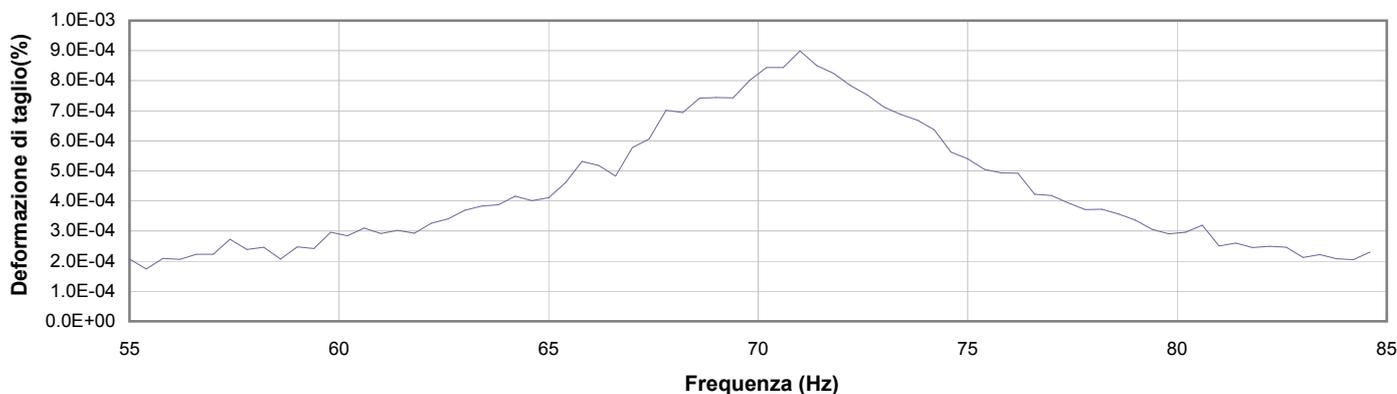
Commessa: 20783FE/19

Data ricevimento campione: 03/04/2020

Data prova: 19/05/2020

Data emissione certificato: 22/05/2020

Test 5



1 Campo delle frequenze indagate

2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

3 Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

4 Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

Località: Roccabianca (PR)

Cantiere: Strada Campo sportivo

Sondaggio: S1

Campione: SH1

Profondità (m): 2.50 - 3.10

Certificato di prova N°: GF2004154

Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

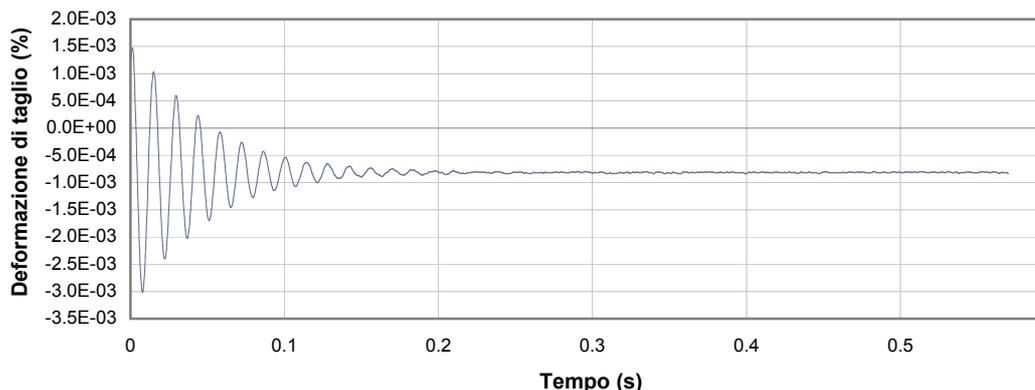
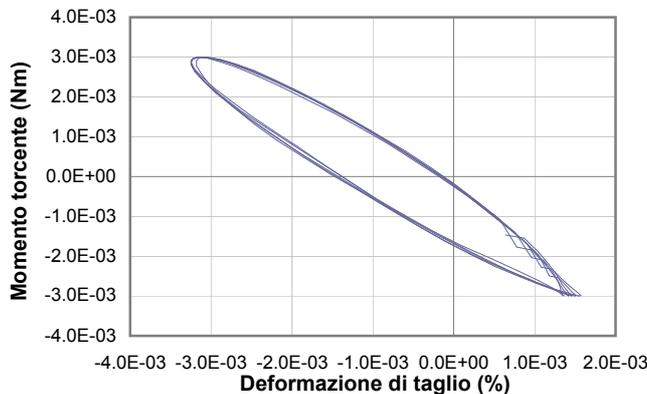
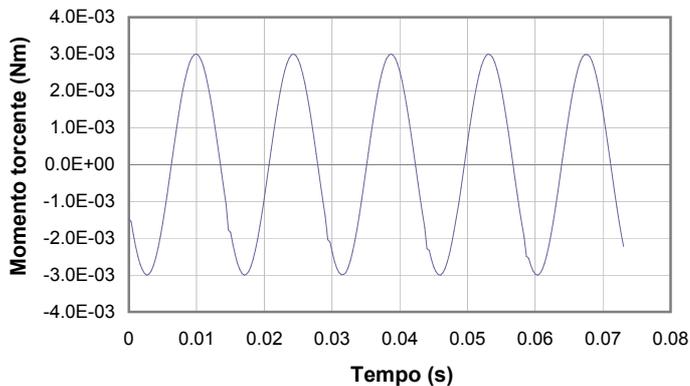
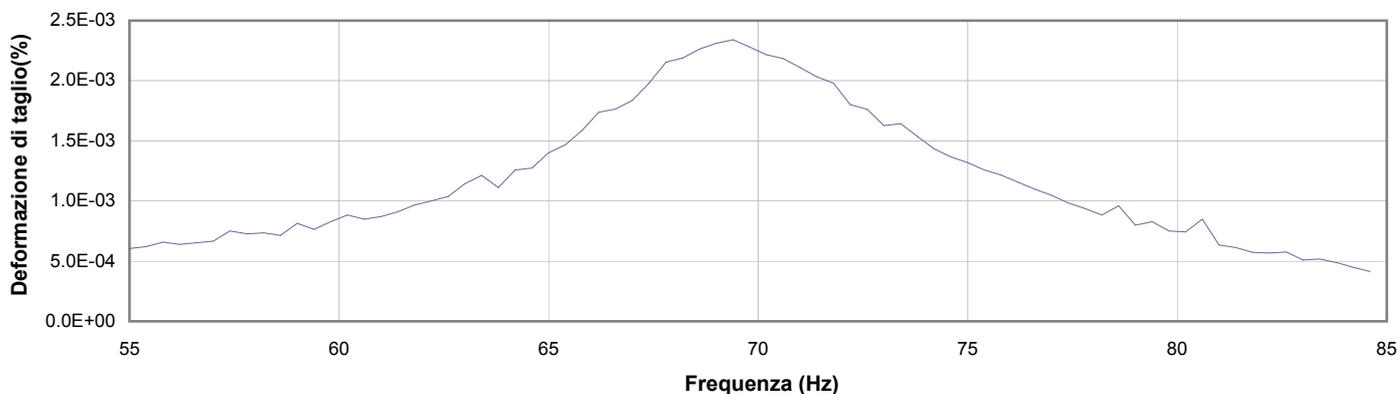
Commessa: 20783FE/19

Data ricevimento campione: 03/04/2020

Data prova: 19/05/2020

Data emissione certificato: 22/05/2020

Test 6



1 Campo delle frequenze indagate

2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

3 Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

4 Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

Località: Roccabianca (PR)

Cantiere: Strada Campo sportivo

Sondaggio: S1

Campione: SH1

Profondità (m): 2.50 - 3.10

Certificato di prova N°: GF2004154

Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

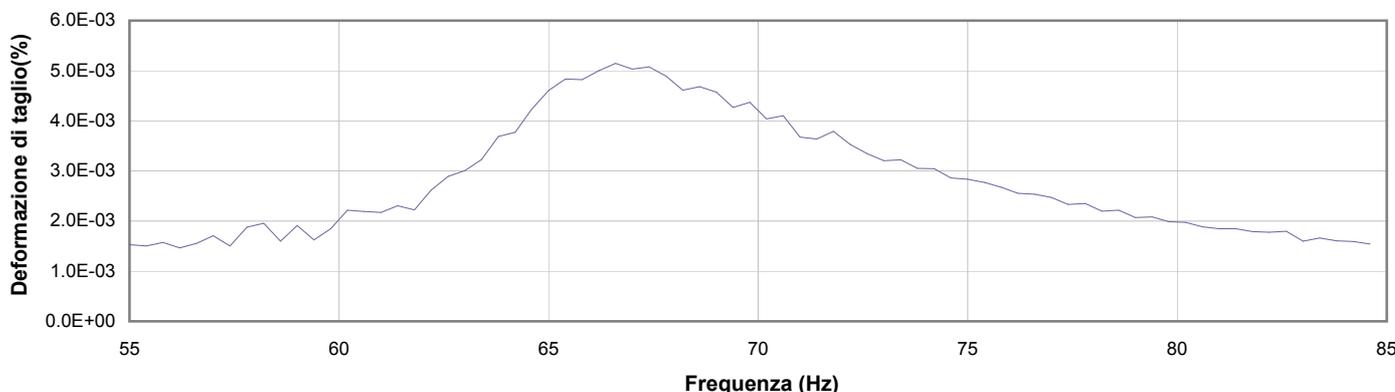
Commessa: 20783FE/19

Data ricevimento campione: 03/04/2020

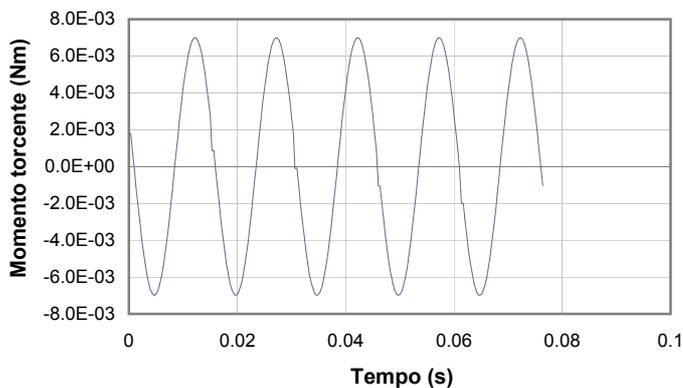
Data prova: 19/05/2020

Data emissione certificato: 22/05/2020

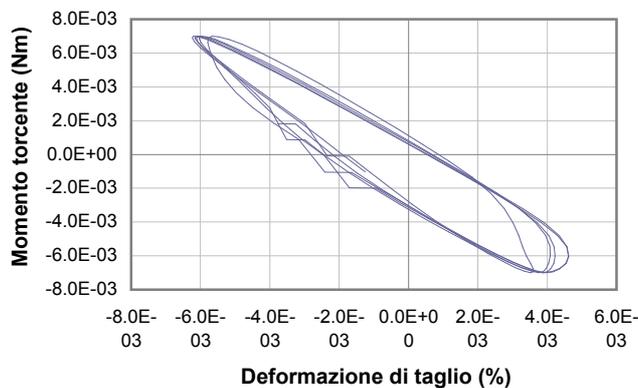
Test 7



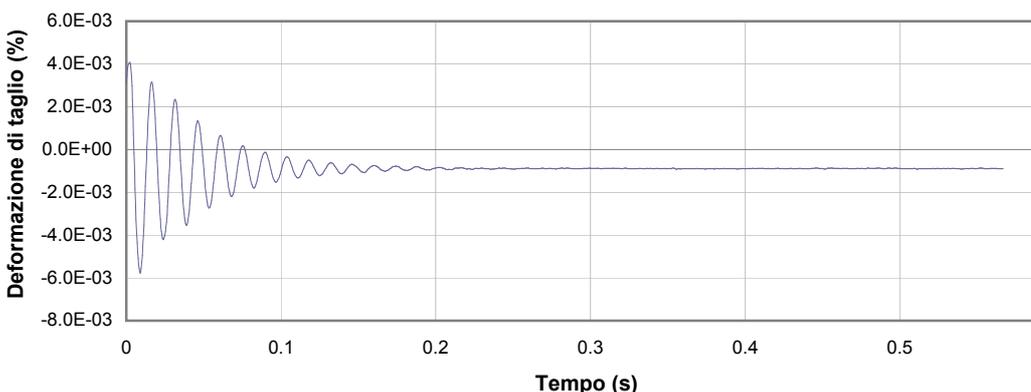
1



2



3



4

1 Campo delle frequenze indagate

2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

3 Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

4 Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

Località: Roccabianca (PR)

Cantiere: Strada Campo sportivo

Sondaggio: S1

Campione: SH1

Profondità (m): 2.50 - 3.10

Certificato di prova N°: GF2004154

Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

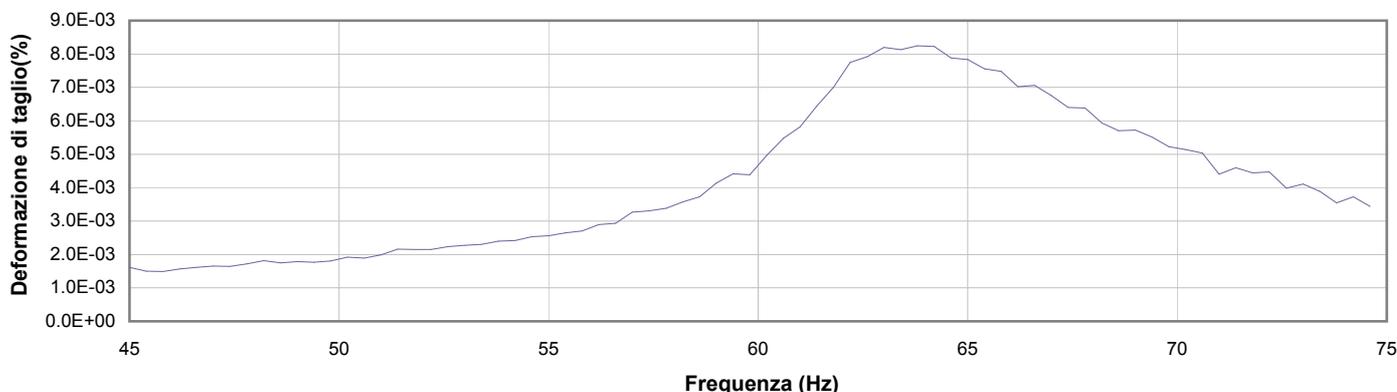
Commessa: 20783FE/19

Data ricevimento campione: 03/04/2020

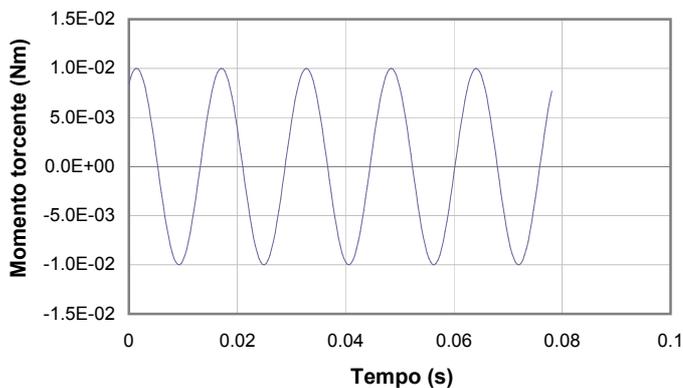
Data prova: 19/05/2020

Data emissione certificato: 22/05/2020

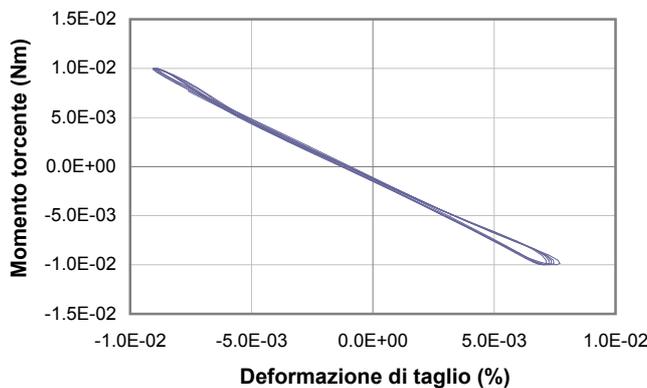
Test 8



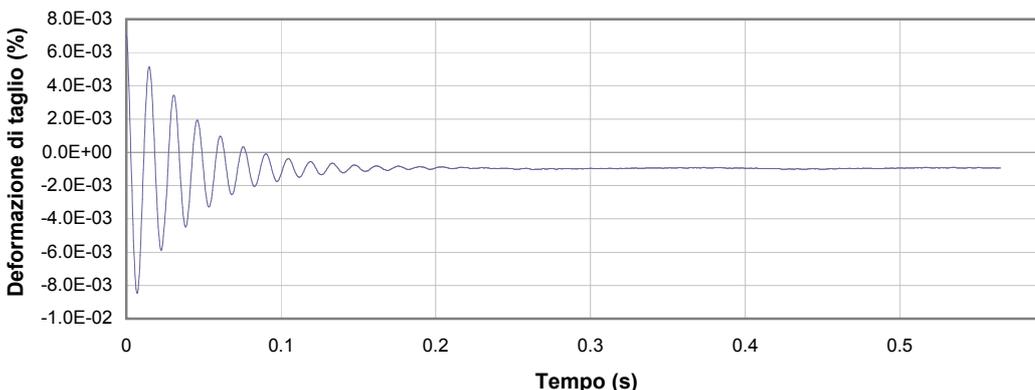
1



2



3



4

1 Campo delle frequenze indagate

2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

3 Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

4 Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

Località: Roccabianca (PR)

Cantiere: Strada Campo sportivo

Sondaggio: S1

Campione: SH1

Profondità (m): 2.50 - 3.10

Certificato di prova N°: GF2004154

Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

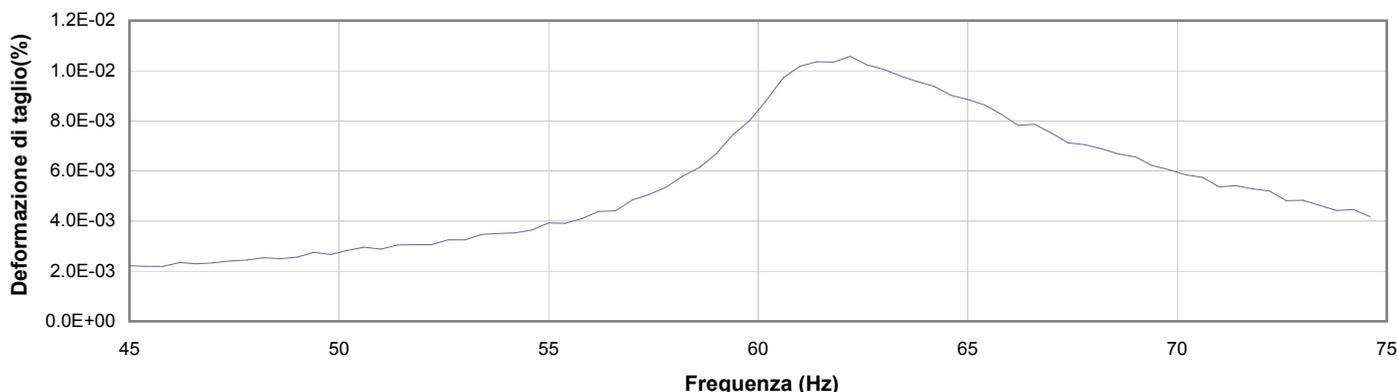
Commessa: 20783FE/19

Data ricevimento campione: 03/04/2020

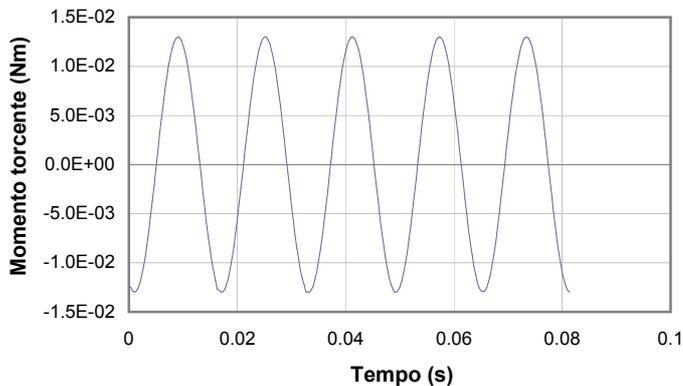
Data prova: 19/05/2020

Data emissione certificato: 22/05/2020

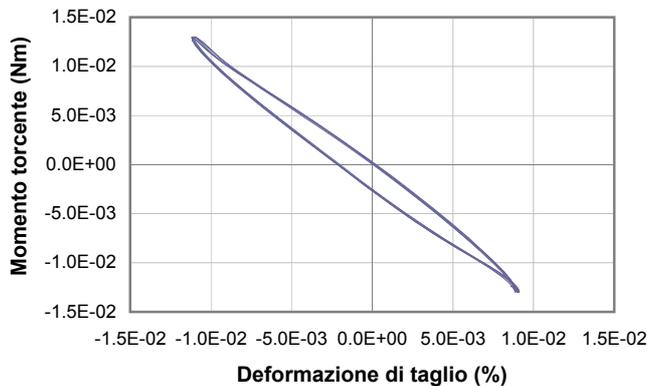
Test 9



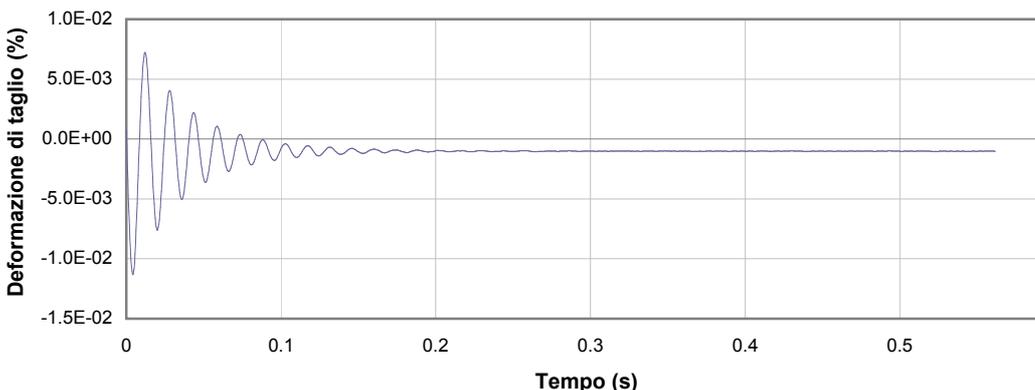
1



2



3



4

1 Campo delle frequenze indagate

2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

3 Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

4 Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

Località: Roccabianca (PR)

Cantiere: Strada Campo sportivo

Sondaggio: S1

Campione: SH1

Profondità (m): 2.50 - 3.10

Certificato di prova N°: GF2004154

Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

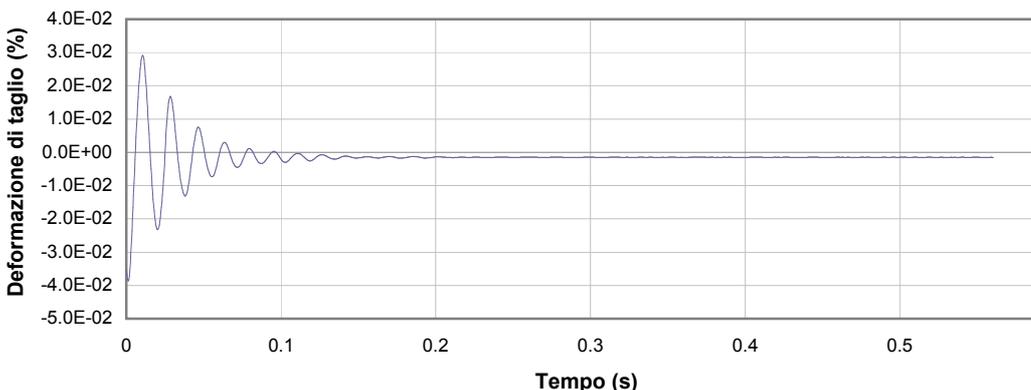
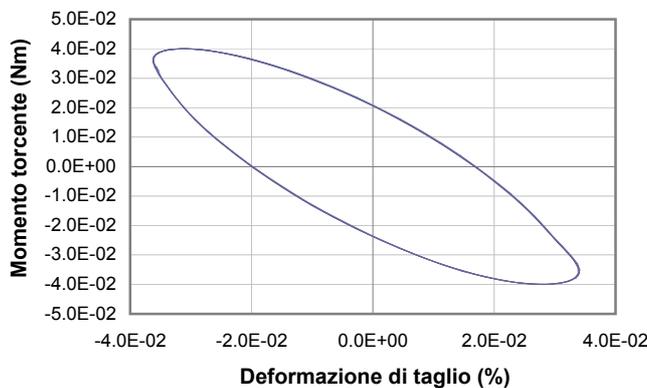
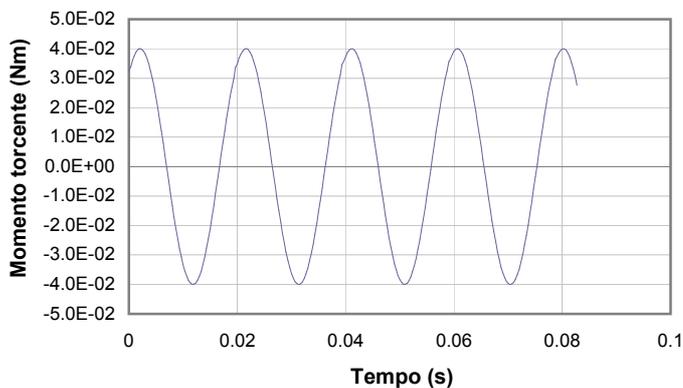
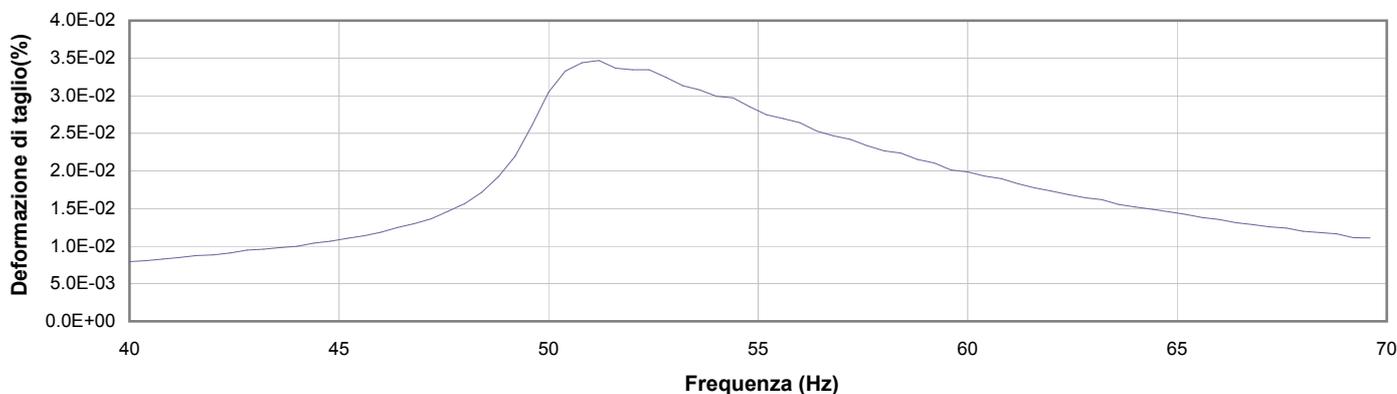
Commessa: 20783FE/19

Data ricevimento campione: 03/04/2020

Data prova: 19/05/2020

Data emissione certificato: 22/05/2020

Test 10



1 Campo delle frequenze indagate

2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

3 Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

4 Smorzamento per oscillazioni libere

lo Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

Località: Roccabianca (PR)

Cantiere: Strada Campo sportivo

Sondaggio: S1

Campione: SH1

Profondità (m): 2.50 - 3.10

Certificato di prova N°: GF2004154

Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

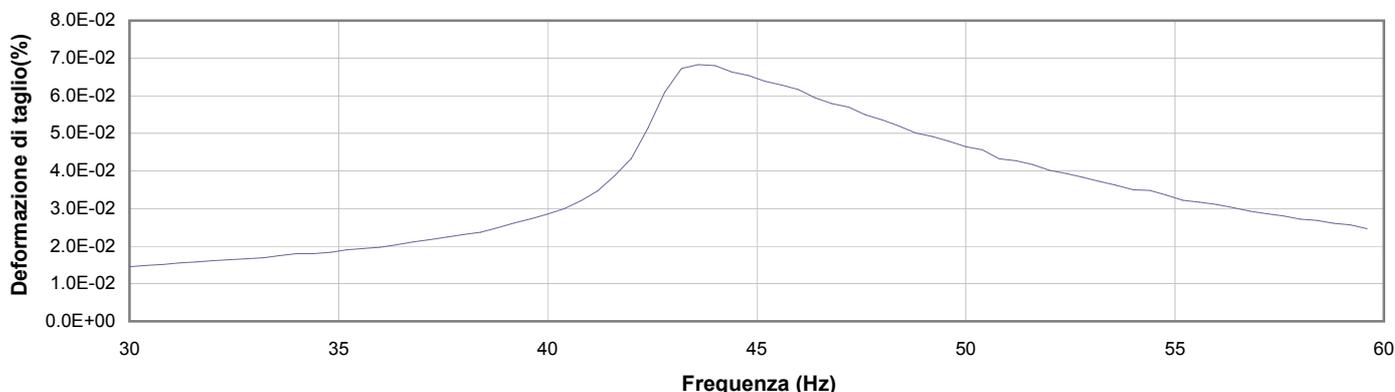
Commessa: 20783FE/19

Data ricevimento campione: 03/04/2020

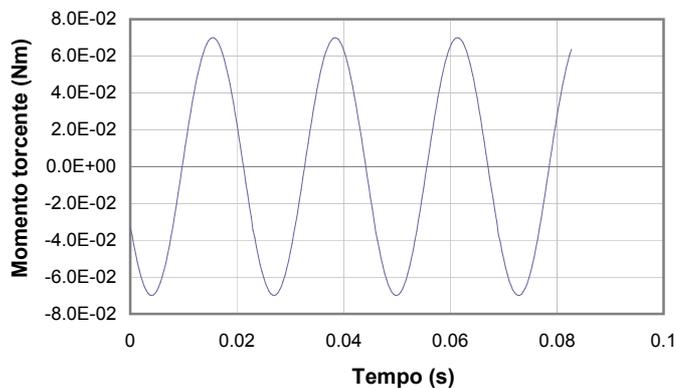
Data prova: 19/05/2020

Data emissione certificato: 22/05/2020

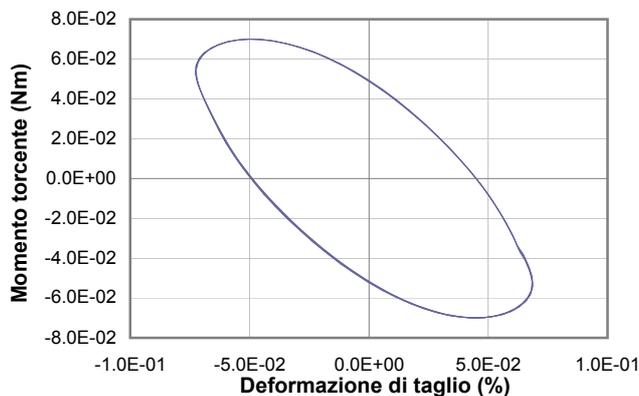
Test 11



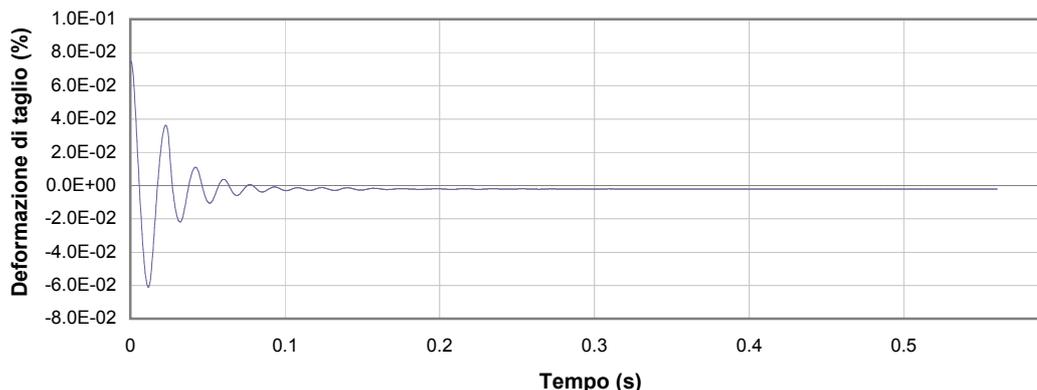
1



2



3



4

1 Campo delle frequenze indagate

2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

3 Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

4 Smorzamento per oscillazioni libere

lo Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

Località: Roccabianca (PR)

Cantiere: Strada Campo sportivo

Sondaggio: S1

Campione: SH1

Profondità (m): 2.50 - 3.10

Certificato di prova N°: GF2004154

Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

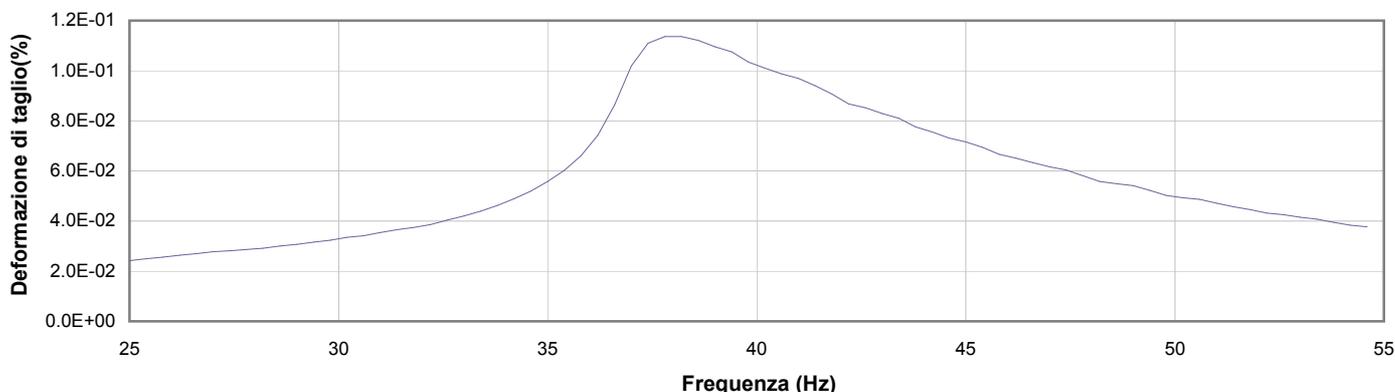
Commessa: 20783FE/19

Data ricevimento campione: 03/04/2020

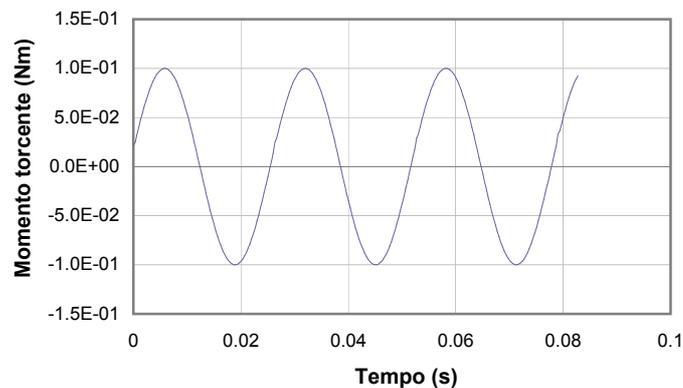
Data prova: 19/05/2020

Data emissione certificato: 22/05/2020

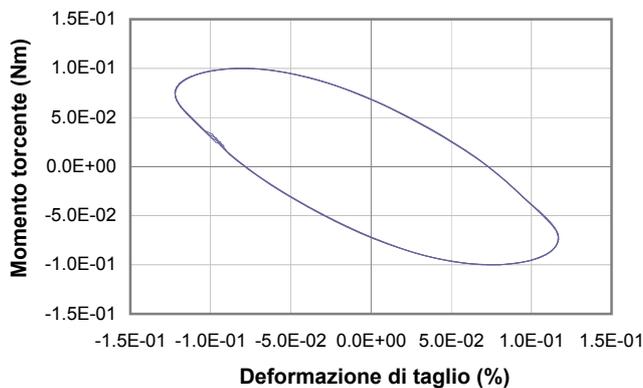
Test 12



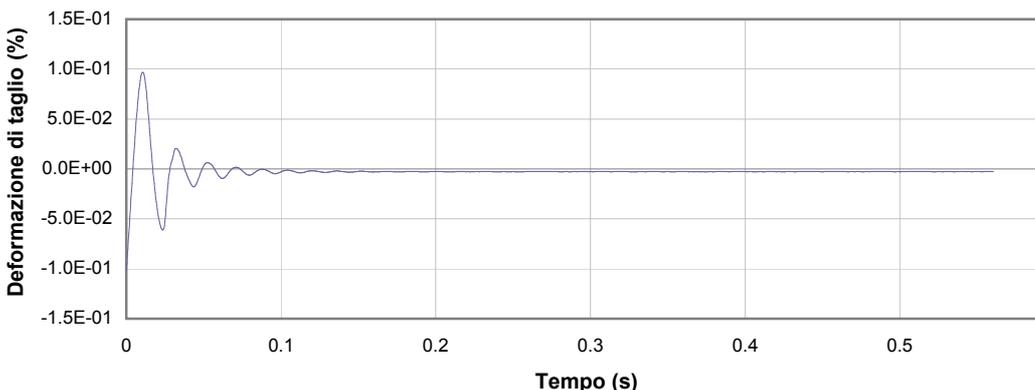
1



2



3



4

1 Campo delle frequenze indagate

2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

3 Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

4 Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

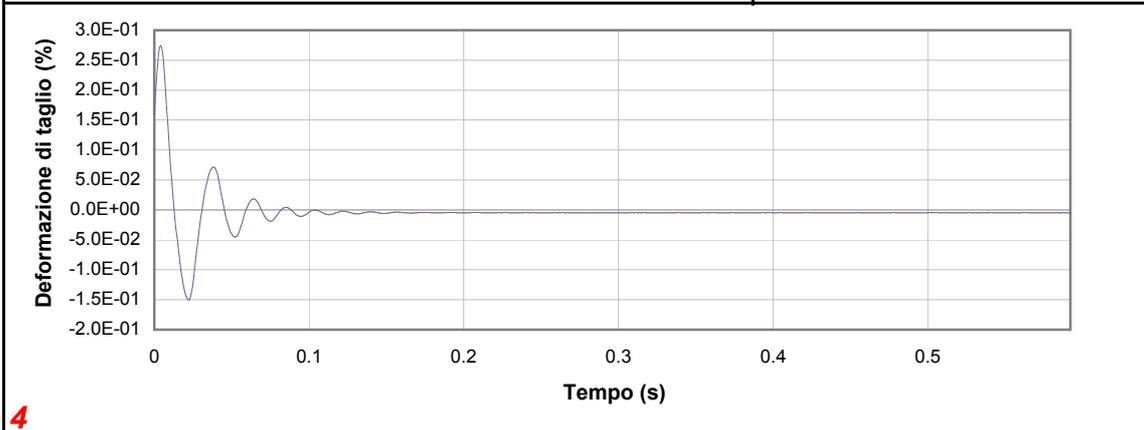
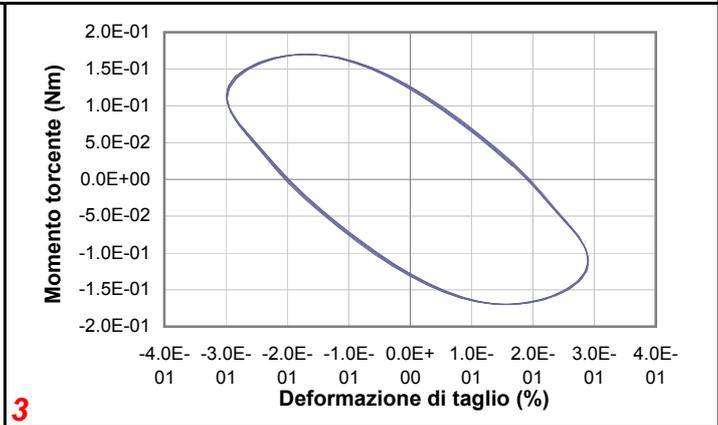
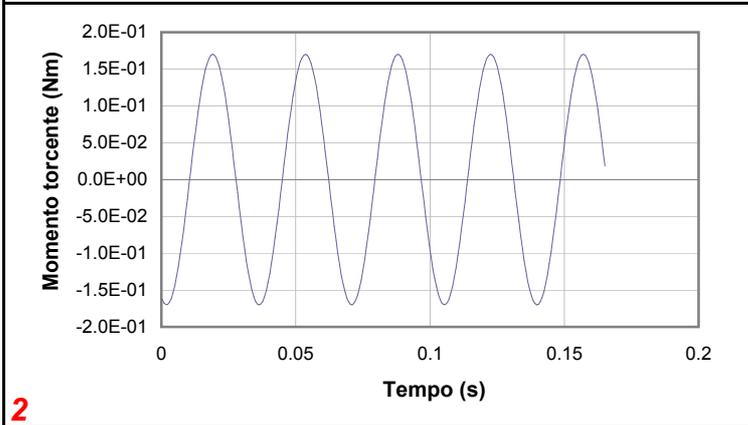
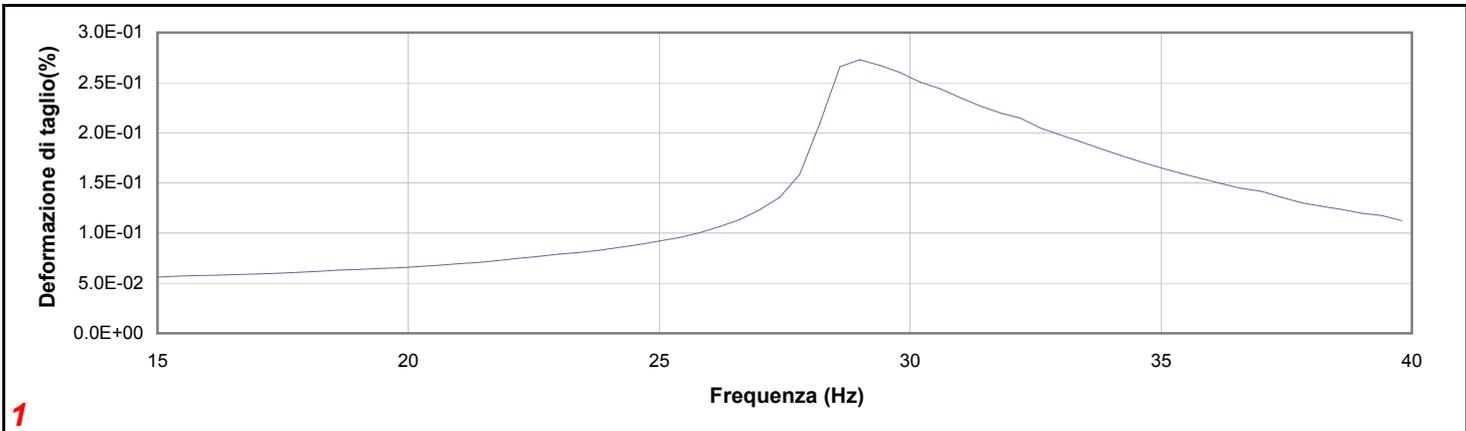
PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)
Località: Roccabianca (PR)
Cantiere: Strada Campo sportivo
Sondaggio: S1
Campione: SH1
Profondità (m): 2.50 - 3.10

Certificato di prova N°: GF2004154
Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

Commessa: 20783FE/19
Data ricevimento campione: 03/04/2020
Data prova: 19/05/2020
Data emissione certificato: 22/05/2020

Test 13



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

Località: Roccabianca (PR)

Cantiere: Strada Campo sportivo

Sondaggio: S1

Campione: SH1

Profondità (m): 2.50 - 3.10

Certificato di prova N°: GF2004154

Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

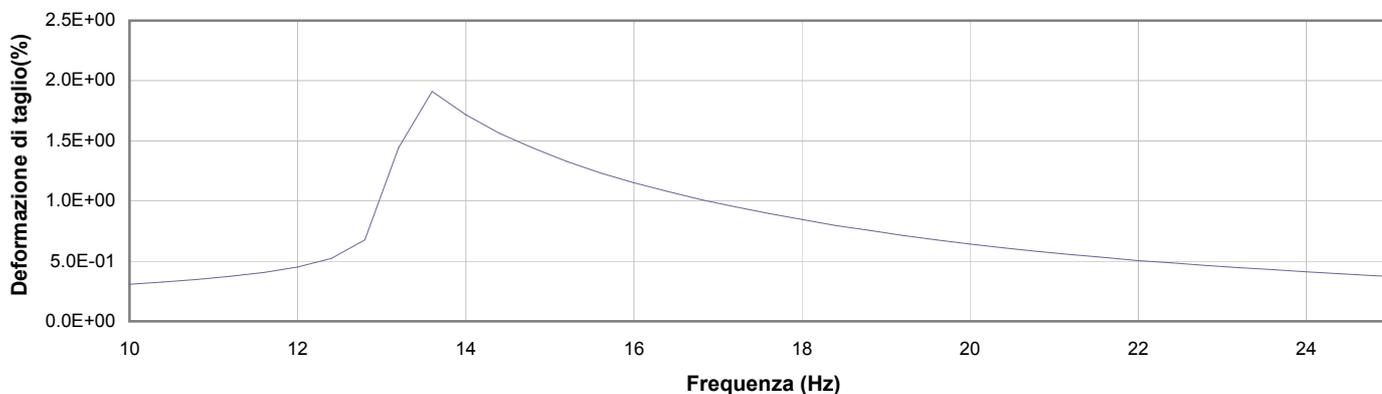
Commessa: 20783FE/19

Data ricevimento campione: 03/04/2020

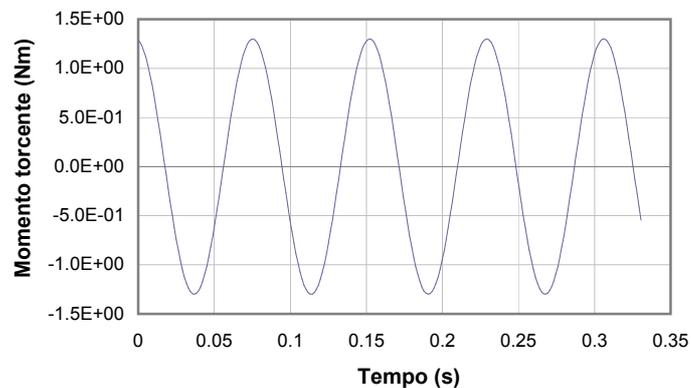
Data prova: 19/05/2020

Data emissione certificato: 22/05/2020

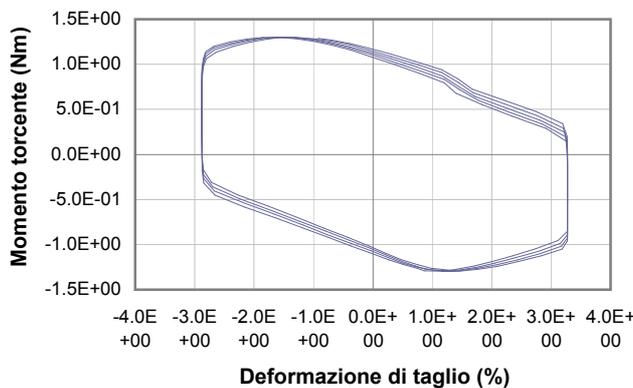
Test 14



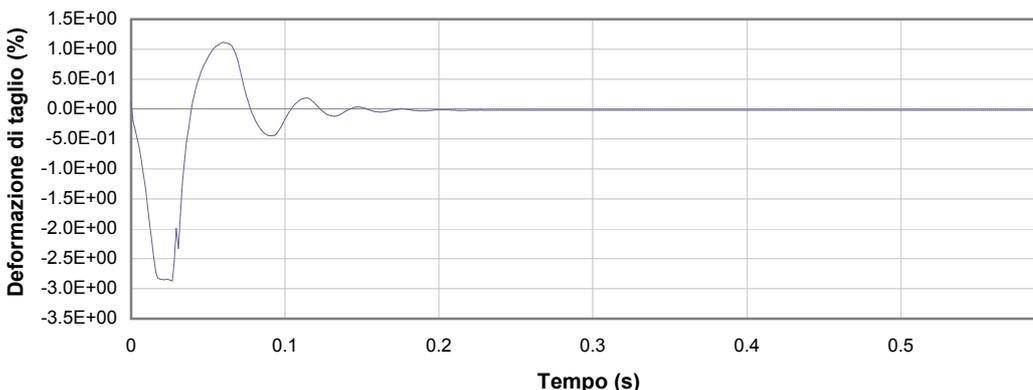
1



2



3



4

1 Campo delle frequenze indagate

2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

3 Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

4 Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



SOCOTEC

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

COMMITTENTE:	Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)
CANTIERE:	Strada Campo sportivo - Roccabianca (PR)
CAMPIONE:	S2SH1 m 5.00 - 5.60
COMMESSA:	20783FE/19
VERBALE ACC.:	VGf/141/20
DATA CONSEGNA:	03/04/20

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 5.00	P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm): 48 GRADO DI QUALITA': AGI Q5 EC 7-3 Q1
	155	-	DESCRIZIONE: 0-12 argilla deb limosa 12-30 argilla limosa 30-48 limo argilloso grigio marrone con tracce di sostanza organica nera
	175	-	W naturale (%) 37.3 γ naturale (Mg/m ³) 1.80 γ secco (Mg/m ³) 1.31 γ immerso (Mg/m ³) 0.83 porosità (%) 51 indice dei vuoti 1.06 grado di saturazione (%) 95 massa specifica stimata (Mg/m ³) 2.700
	100	-	PROVE ESEGUITE Umidità Naturale SI Trassiale UU - Limiti Atterberg SI Trassiale CIU - Gran. Setacciatura SI Edometria - Gran. Sedimentazione SI Taglio Diretto - Peso di Volume SI Espansione L.L. - Peso Specifico - Trassiale Cicl. + C.M. - Analisi Chimica - Colonna Risonante SI Taglio Torsionale Cicl. -
5.60 basso			NOTE: -

Io Sperimentatore
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

UMIDITA' DI UNA TERRA**UNI EN ISO 17892-1**COMMITTENTE: **Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)**CANTIERE: **Strada Campo sportivo - Roccabianca (PR)**CAMPIONE: **S2SH1 m 5.00 - 5.60**

COMMESSA: 20783FE/19 DURATA PROVE: 29/04 - 22/05/20

VERBALE ACC.: VGF/141/20 DATA CONSEGNA: 03/04/20

GEO - CERT. n°: GF2004155 rev.00 del: 22/05/20

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:**Limo con argilla marrone verdastro**

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	608.04	2.18
TERRA UMIDA (g)	903.84	155.24
TERRA ESSICATA* (g)	823.21	113.8
UMDITA' DETERMINATA (%)	37.5	37.1
UMDITA' CALCOLATA (%)	=	37.3

* materiale essiccato instufa a 105 - 110 °C, fino a massa costante.

Io Sperimentatore:
dott. Roberto BellanovaIl Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

MASSA VOLUMICA APPARENTE

UNI EN ISO 17892-2

COMMITTENTE: **Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)**

CANTIERE: **Strada Campo sportivo - Roccabianca (PR)**

CAMPIONE: **S2SH1 m 5.00 - 5.60**

COMMESSA: 20783FE/19 DURATA PROVE: 29/04 - 22/05/20

VERBALE ACC.: VGF/141/20 DATA CONSEGNA: 03/04/20

GEO - CERT. n°: GF2004156 rev.00 del: 22/05/20

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Limo con argilla marrone verdastro

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	185.62	136.24
ALTEZZA (cm)	10.00	7.64
DIAMETRO (cm)	5.00	3.84
MASSA LORDA (g)	540.21	295.24
MASSA VOLUMICA (Mg/m ³)	1.80	1.80
MEDIA (Mg/m³)	=	1.80

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



SOCOTEC

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

LIMITI DI ATTERBERG (norma ASTM D4318 metodo A)

COMMITTENTE: **Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)**

CANTIERE: **Strada Campo sportivo - Roccabianca (PR)**

CAMPIONE: **S2SH1 m 5.00 - 5.60**

COMMESSA: 20783FE/19 DURATA PROVE: 29/04 - 22/05/20

VERBALE ACC.: VGF/141/20 DATA CONSEGNA: 03/04/20

GEO - CERT. n°: GF2004157 rev.00 del: 22/05/20

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

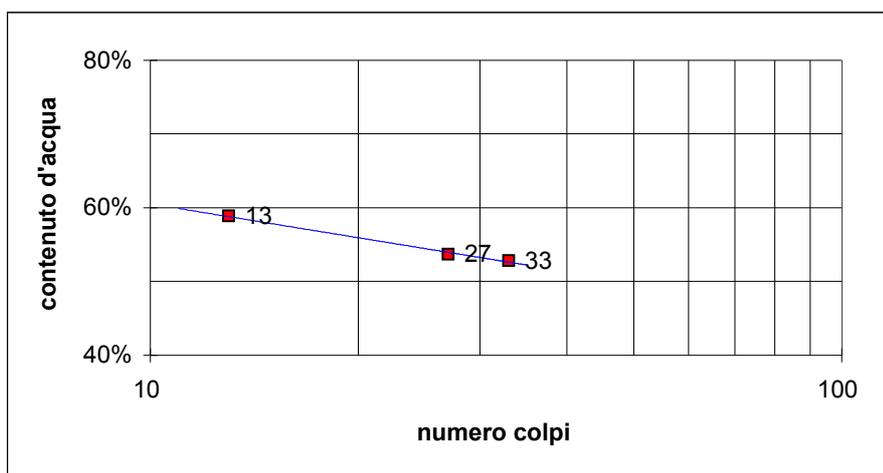
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Limo con argilla marrone verdastro

codice cucchiaino: 344; codice bilancia: 480.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		UMIDITA'
	1	2	3	1	2	
impasto						
N° colpi	33	27	13			
massa umida+ tara (g)	23.40	22.95	24.67	12.72	13.02	903.84
massa secca+ tara (g)	16.07	15.73	16.35	10.05	10.29	823.21
acqua contenuta (g)	7.33	7.22	8.32	2.67	2.73	80.63
tara (g)	2.19	2.29	2.21	2.23	2.19	608.04
peso secco (g)	13.88	13.44	14.14	7.82	8.10	215.17
contenuto d'acqua	52.8%	53.7%	58.8%	34.1%	33.7%	37.5%

Umidità Naturale **Wn = 37%**
Limite Liquido **LL = 54%**
Limite Plastico **LP = 34%**
Indice Plastico **IP = 21%**



Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



SOCOTEC

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/S1

ANALISI GRANULOMETRICA

(per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422

COMMITTENTE: **Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)**

CANTIERE: **Strada Campo sportivo - Roccabianca (PR)**

CAMPIONE: **S2SH1 m 5.00 - 5.60**

COMMESSA: 20783FE/19 DURATA PROVE: 29/04 - 22/05/20

VERBALE ACC.: VGF/141/20 DATA CONSEGNA: 03/04/20

GEO - CERT. n°: GF2004158 rev.00 del: 22/05/20

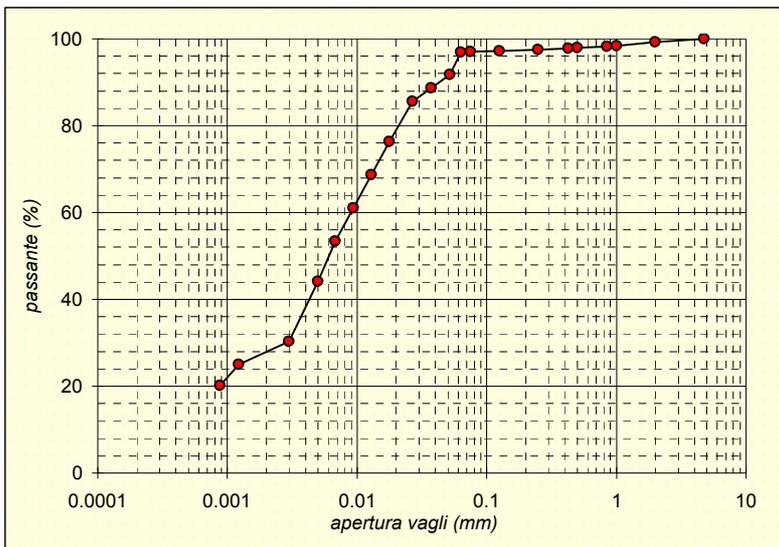
il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Limo con argilla marrone verdastro

codici	vaglio	trattenuto	trattenuto	cum. tratt.	passante
	(mm)	(g)	(%)	(%)	(%)
571	setaccio 4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
572	setaccio 2	1.62	0.75	0.75	99.25
573	setaccio 1	1.80	0.84	1.59	98.41
290	setaccio 0.85	0.33	0.15	1.74	98.26
291	setaccio 0.5	0.81	0.38	2.12	97.88
292	setaccio 0.425	0.21	0.10	2.22	97.78
293	setaccio 0.250	0.55	0.26	2.47	97.53
282	setaccio 0.125	0.54	0.25	2.72	97.28
283	setaccio 0.075	0.43	0.20	2.92	97.08
286	setaccio 0.063	0.21	0.10	3.02	96.98
-	calcolato 0.0523	11.23	5.22	8.24	91.76
-	calcolato 0.0375	6.61	3.07	11.31	88.69
-	calcolato 0.0269	6.61	3.07	14.39	85.61
-	calcolato 0.0177	19.84	9.22	23.61	76.39
-	calcolato 0.0129	16.53	7.68	31.29	68.71
-	calcolato 0.0094	16.53	7.68	38.97	61.03
-	calcolato 0.0068	16.53	7.68	46.66	53.34
-	calcolato 0.0050	19.84	9.22	55.88	44.12
-	calcolato 0.0030	29.76	13.83	69.70	30.30
-	calcolato 0.0012	11.47	5.33	75.04	24.96
-	calcolato 0.0009	10.50	4.88	79.92	20.08
-	fondo	43.22	20.08	100.00	0.00
TOTALE		215.17		φ max (mm) = 2.5	

Passante effettivo setaccio 0.063 (g) in areometro	50.01	
t° C	Tempo (s)	Lettura
22	30	33.0
22	60	32.0
22	120	31.0
22	300	28.0
22	600	25.5
22	1200	23.0
22	2400	20.5
22	4800	17.5
22	14400	13.0
23.5	86400	11.0
23	172800	9.5
Rapporti granulometrici		
USCS		
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	0.8%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	2.9%	2.3%
LIMO	> 2 μ	> 2 μ
	69.2%	69.1%
ARGILLA	< 2 μ	< 2 μ
	27.9%	27.9%



Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it**SOCOTEC**

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

Località: Roccabianca (PR)

Cantiere: Strada Campo sportivo

Sondaggio: S2

Campione: SH1

Profondità (m): 5.00 - 5.60

Certificato di prova N°: GF2004159

Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

Commessa: 20783FE/19

Data ricevimento campione: 03/04/2020

Data prova: 20/05/2020

Data emissione certificato: 22/05/2020

DATI INIZIALI

Altezza:	100.00	mm
Diametro:	50.00	mm
Raggio eq.:	17.675	mm
Massa:	354.6	g
W:	37.5	%
γ :	17.72	kN/m ³
γ_d :	12.89	kN/m ³
e:	1.06	-

DATI DI PROVA

Tipo di campione:	Limo con argilla marrone verdastro	
Fattore Raggio Eq.:	0,707	-
Coefficiente B:	0.95	%
Pressione cella:	545	kPa
Contropressione:	449	kPa

DATI FINALI

Altezza:	99.25	mm
Diametro:	49.62	mm
Raggio eq.:	17.544	mm
Massa:	350.2	g
W:	39.3	%
γ :	18.24	kN/m ³
γ_d :	13.10	kN/m ³
e:	1.06	-

	Frequenza Risonanza	Momento Torcente	Def. Taglio max	Vel. Onde Taglio V_s	Modulo Taglio G	G/G₀	Rapporto Smorz. D	$\Delta U/\sigma^3$
	(Hz)	(Nm)	(%)	(m/s)	(MPa)		(%)	
Test 1*	85.60	0.0001	8.59E-05	150.54	40.97	1.000	1.98	0.000
Test 2	85.60	0.0002	1.41E-04	150.54	40.97	1.000	2.39	0.000
Test 3	82.40	0.0005	3.30E-04	150.54	40.97	1.000	2.06	0.000
Test 4	82.40	0.0010	6.79E-04	150.54	40.97	1.000	2.87	0.000
Test 5	81.60	0.0015	1.00E-03	149.07	40.18	0.981	3.04	0.000
Test 6	80.80	0.0030	1.50E-03	147.61	39.40	0.962	2.95	0.000
Test 7	77.20	0.0050	3.64E-03	141.04	35.96	0.878	4.47	0.000
Test 8	72.80	0.0100	6.95E-03	133.00	31.98	0.781	5.51	0.000
Test 9	71.60	0.0130	8.90E-03	130.81	30.94	0.755	6.72	0.019
Test 10	62.40	0.0350	2.45E-02	114.00	23.50	0.574	7.63	0.026
Test 11	54.00	0.0750	5.44E-02	98.65	17.60	0.430	8.17	0.039
Test 12	47.00	0.1200	9.66E-02	85.86	13.33	0.325	11.99	0.053
Test 13	39.35	0.2000	2.00E-01	71.89	9.34	0.228	16.09	0.078
Test 14	31.45	0.2999	4.10E-01	57.46	5.97	0.146	18.23	0.129
Test 15	25.20	0.3800	7.40E-01	46.04	3.83	0.093	21.29	0.206
Test 16								
Test 17								
Test 18								
Test 19								
Test 20								

* Test 1 corrispondente al valore G₀

Io Sperimentatore:

dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:

dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

Località: Roccabianca (PR)

Cantiere: Strada Campo sportivo

Sondaggio: S2

Campione: SH1

Profondità (m): 5.00 - 5.60

Certificato di prova N°: GF2004159

Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

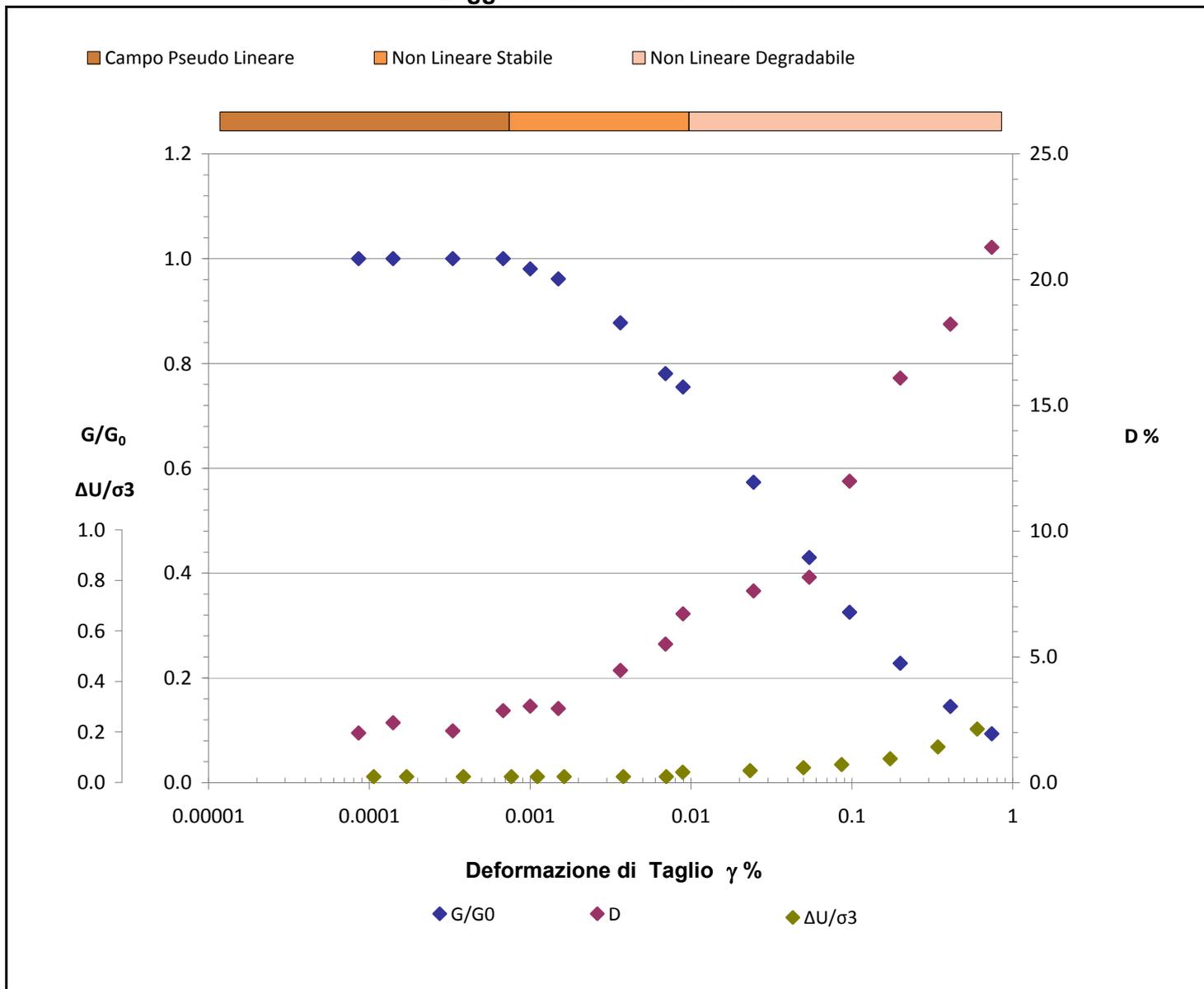
Commessa: 20783FE/19

Data ricevimento campione: 03/04/2020

Data prova: 20/05/2020

Data emissione certificato: 22/05/2020

Legge Costitutiva del Terreno



Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
 Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
 Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
 Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

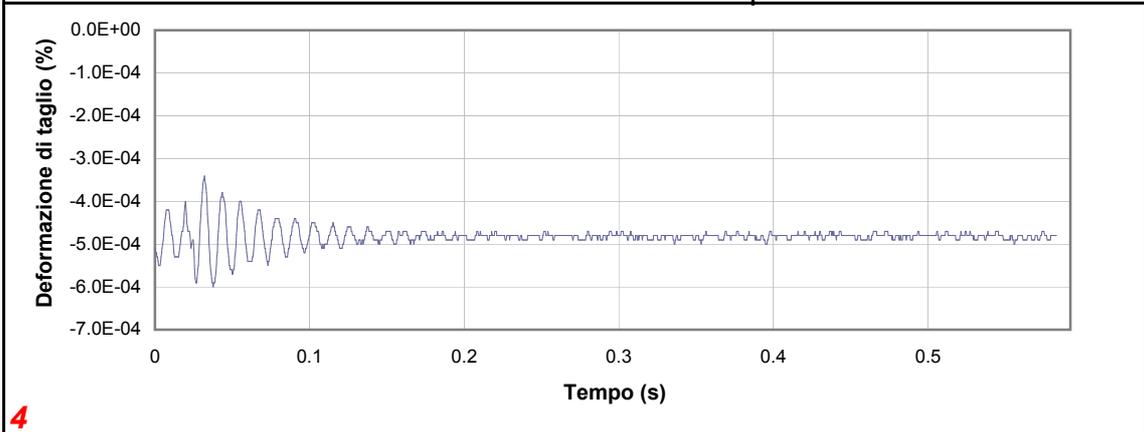
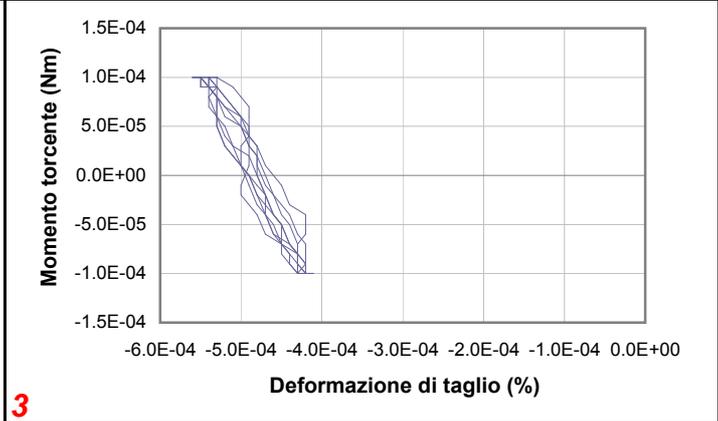
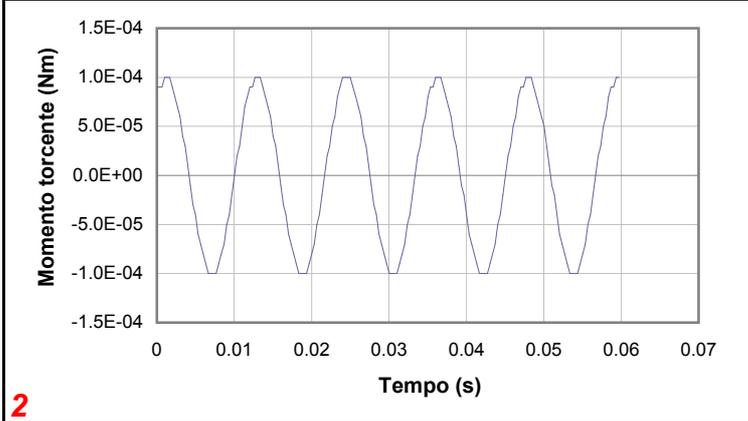
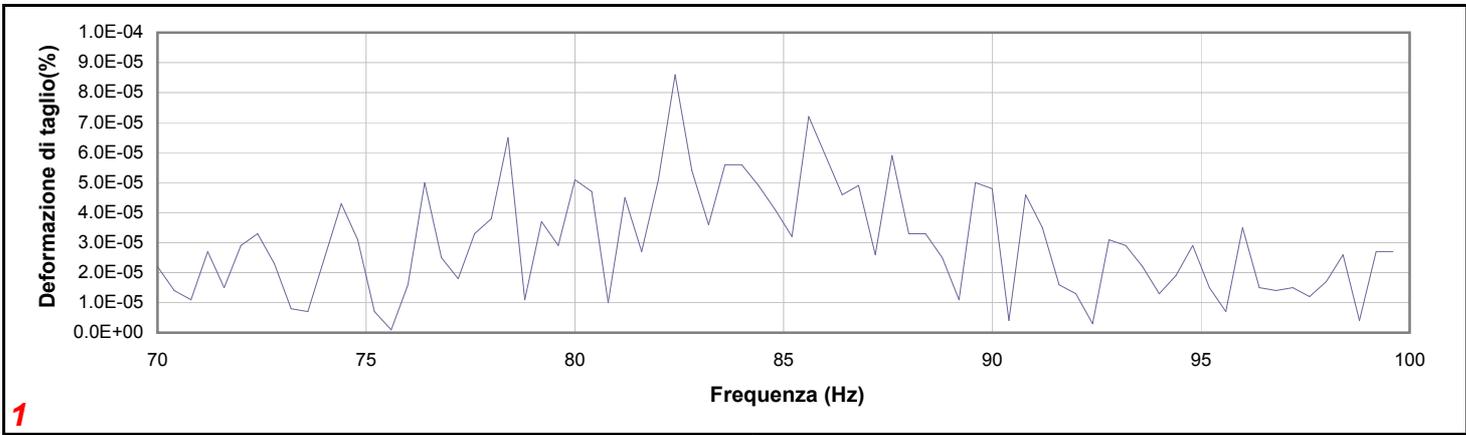
PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)
Località: Roccabianca (PR)
Cantiere: Strada Campo sportivo
Sondaggio: S2
Campione: SH1
Profondità (m): 5.00 - 5.60

Certificato di prova N°: GF2004159
Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

Commessa: 20783FE/19
Data ricevimento campione: 03/04/2020
Data prova: 20/05/2020
Data emissione certificato: 22/05/2020

Test 1



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

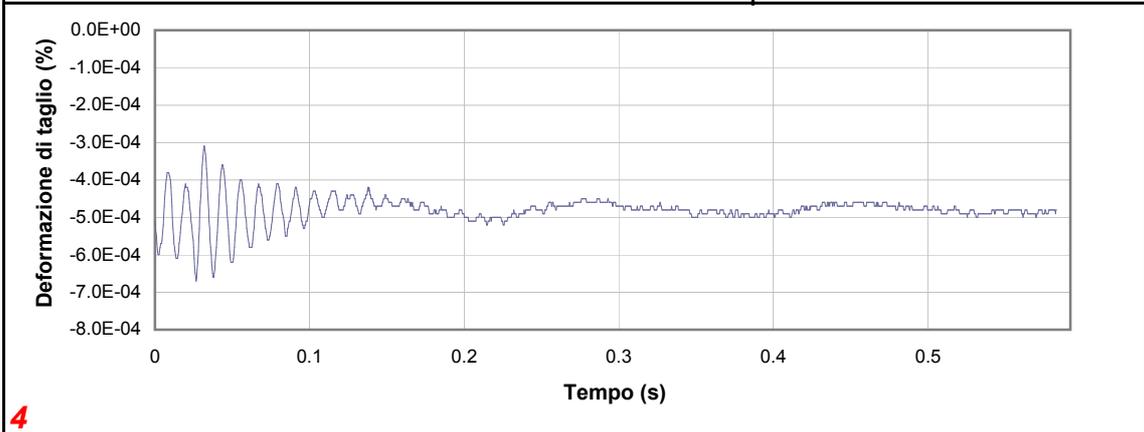
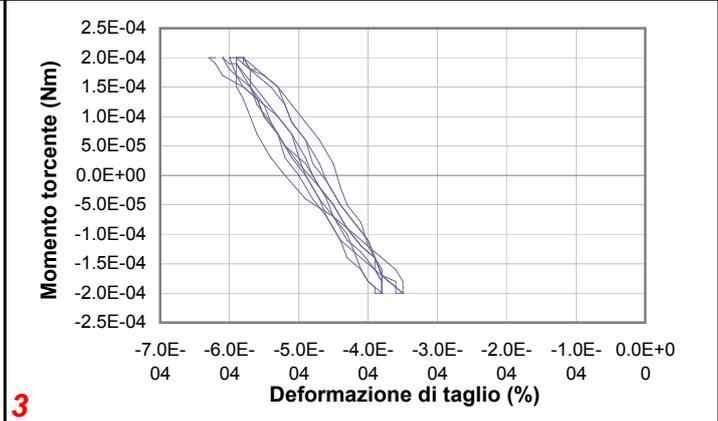
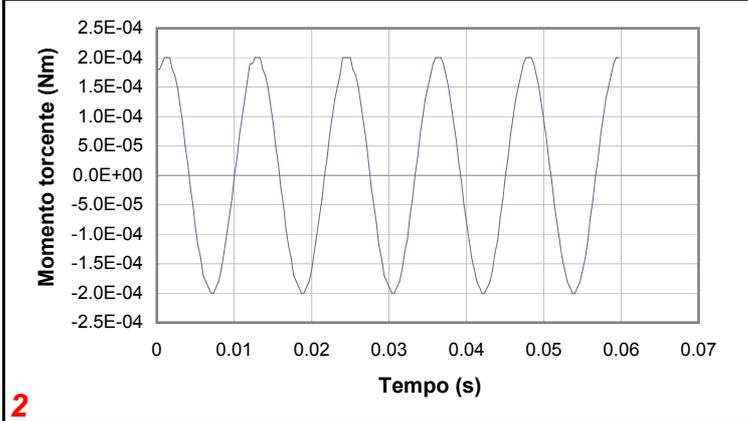
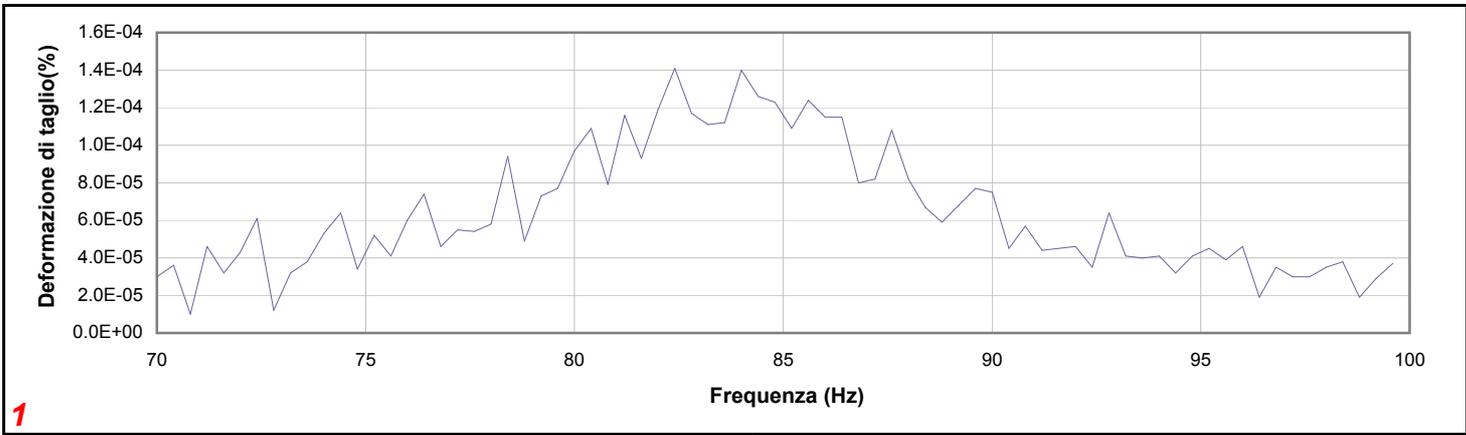
PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)
Località: Roccabianca (PR)
Cantiere: Strada Campo sportivo
Sondaggio: S2
Campione: SH1
Profondità (m): 5.00 - 5.60

Certificato di prova N°: GF2004159
Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

Commessa: 20783FE/19
Data ricevimento campione: 03/04/2020
Data prova: 20/05/2020
Data emissione certificato: 22/05/2020

Test 2



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

Località: Roccabianca (PR)

Cantiere: Strada Campo sportivo

Sondaggio: S2

Campione: SH1

Profondità (m): 5.00 - 5.60

Certificato di prova N°: GF2004159

Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

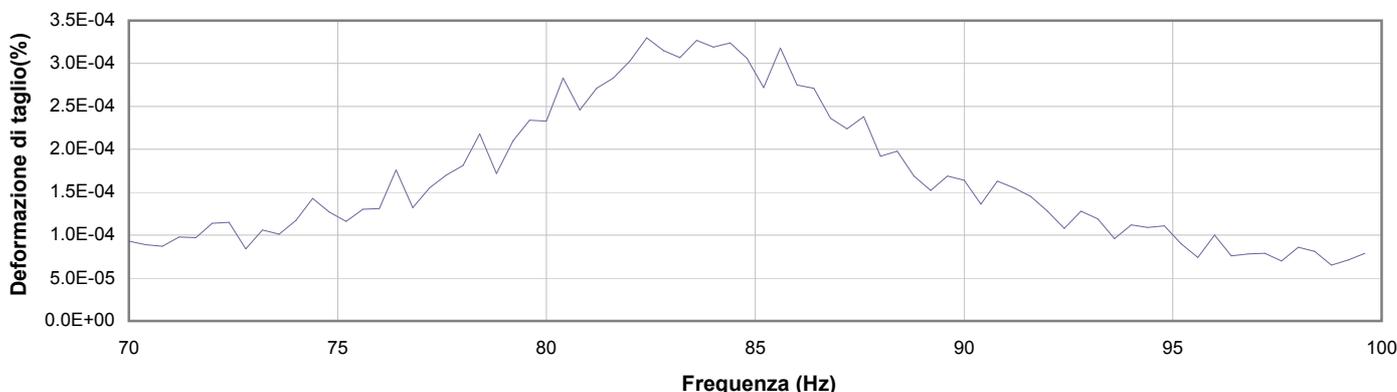
Commessa: 20783FE/19

Data ricevimento campione: 03/04/2020

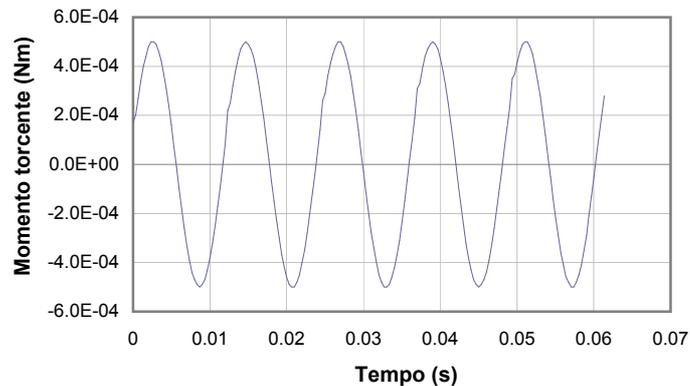
Data prova: 20/05/2020

Data emissione certificato: 22/05/2020

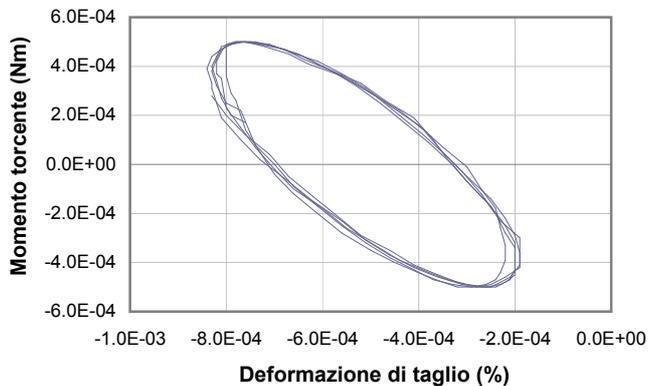
Test 3



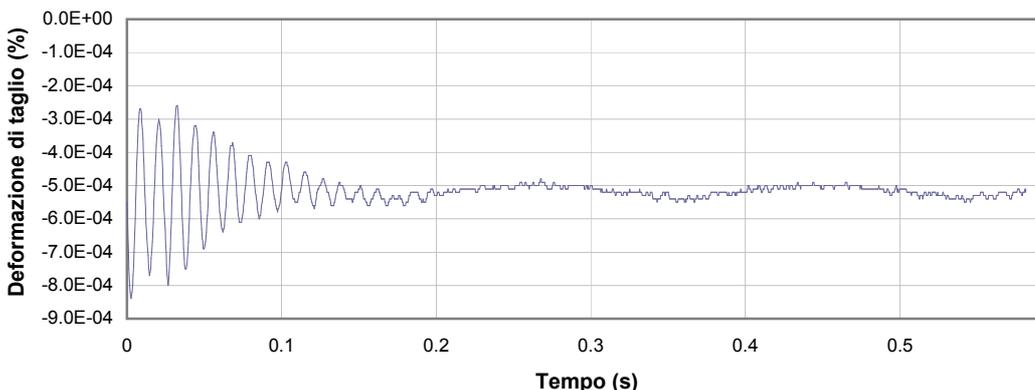
1



2



3



4

1 Campo delle frequenze indagate

2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

3 Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

4 Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

Località: Roccabianca (PR)

Cantiere: Strada Campo sportivo

Sondaggio: S2

Campione: SH1

Profondità (m): 5.00 - 5.60

Certificato di prova N°: GF2004159

Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

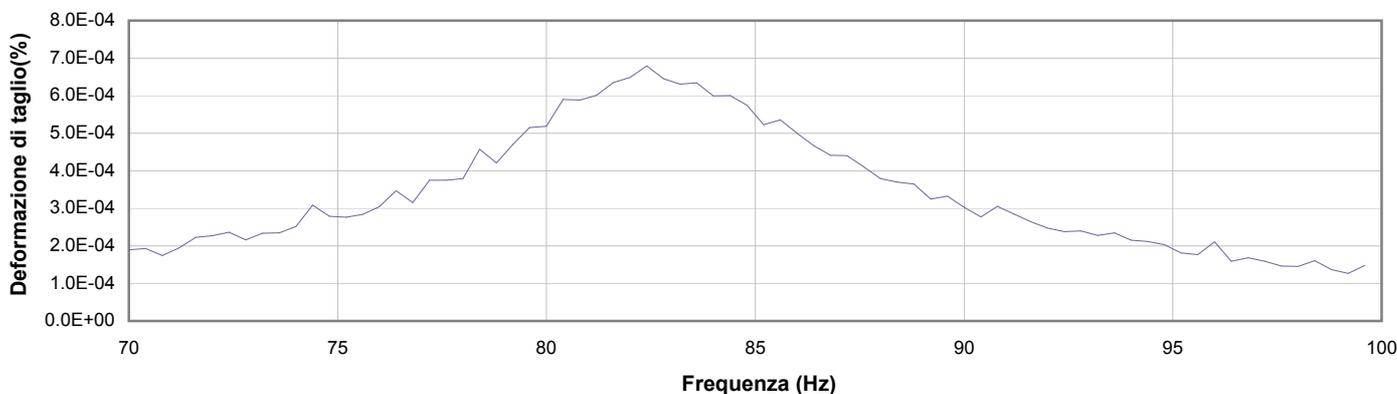
Commessa: 20783FE/19

Data ricevimento campione: 03/04/2020

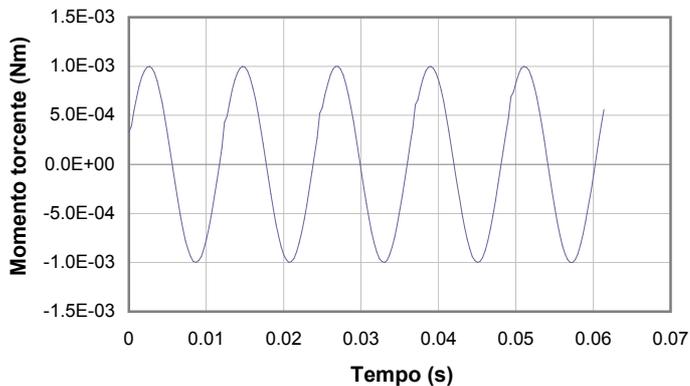
Data prova: 20/05/2020

Data emissione certificato: 22/05/2020

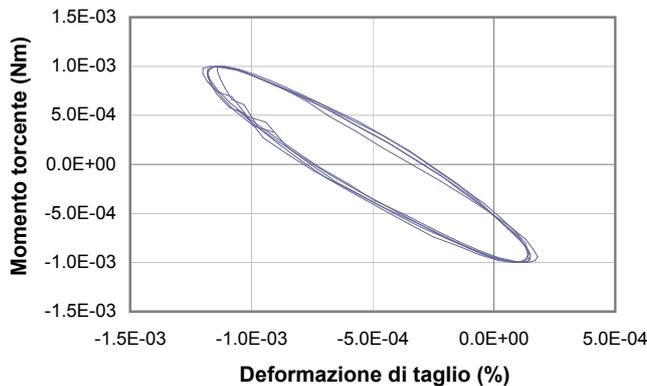
Test 4



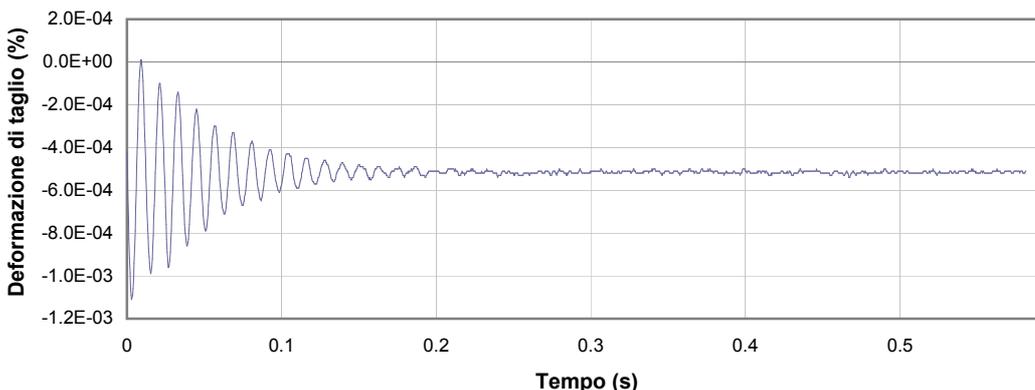
1



2



3



4

1 Campo delle frequenze indagate

2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

3 Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

4 Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
 Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
 Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
 Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

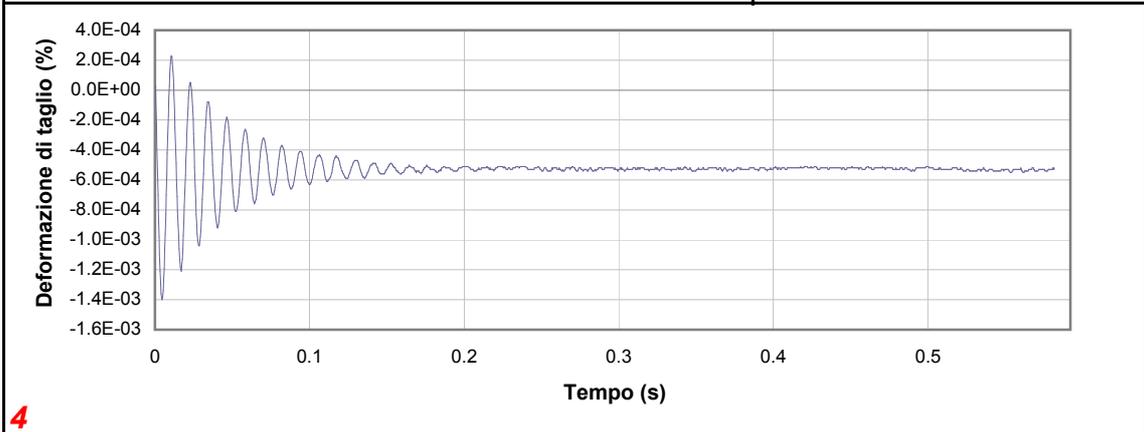
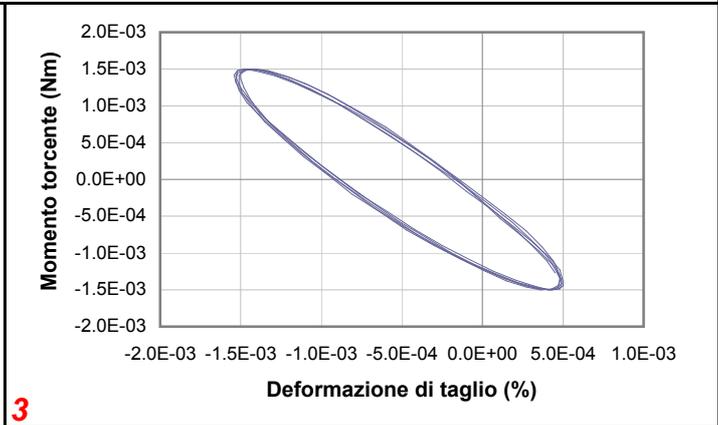
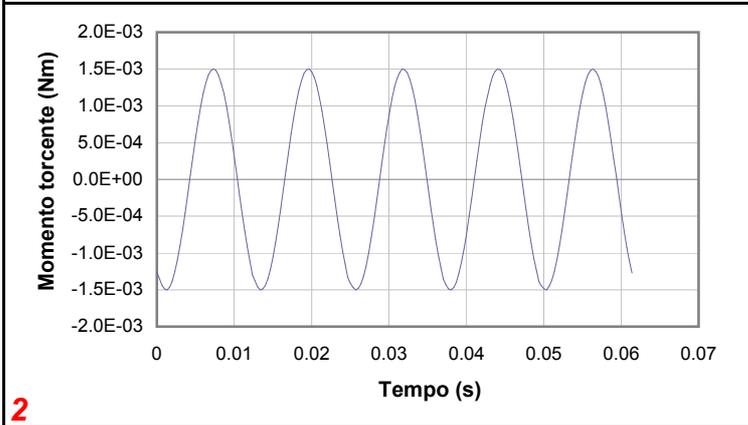
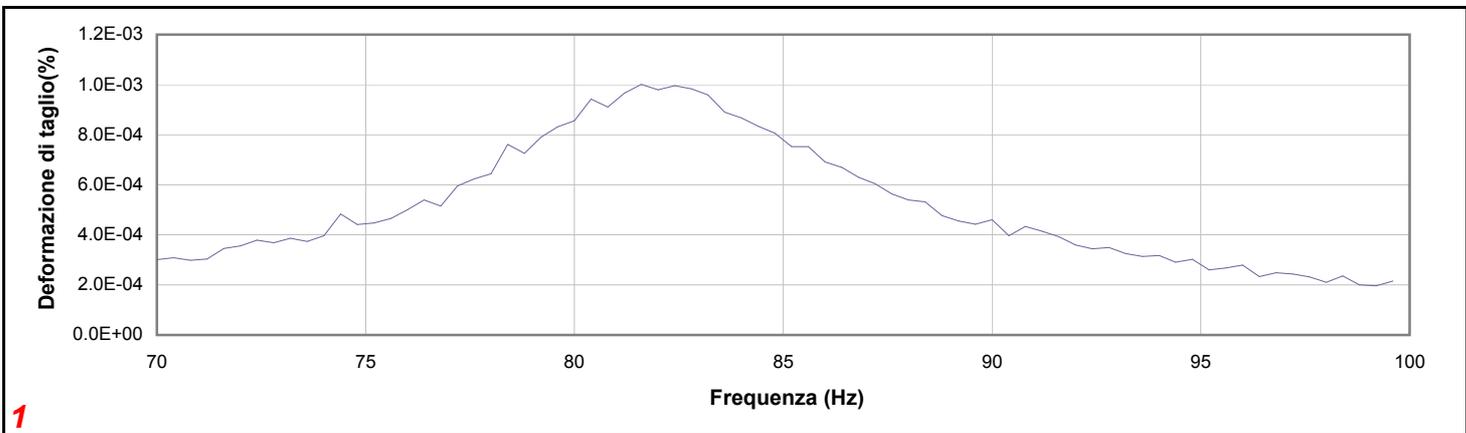
PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)
Località: Roccabianca (PR)
Cantiere: Strada Campo sportivo
Sondaggio: S2
Campione: SH1
Profondità (m): 5.00 - 5.60

Certificato di prova N°: GF2004159
Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

Commessa: 20783FE/19
Data ricevimento campione: 03/04/2020
Data prova: 20/05/2020
Data emissione certificato: 22/05/2020

Test 5



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

Località: Roccabianca (PR)

Cantiere: Strada Campo sportivo

Sondaggio: S2

Campione: SH1

Profondità (m): 5.00 - 5.60

Certificato di prova N°: GF2004159

Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

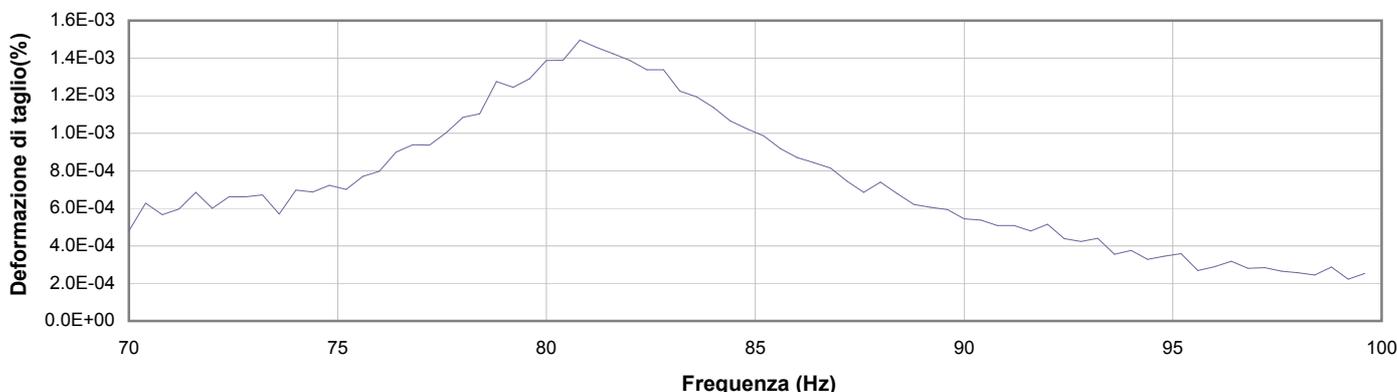
Commessa: 20783FE/19

Data ricevimento campione: 03/04/2020

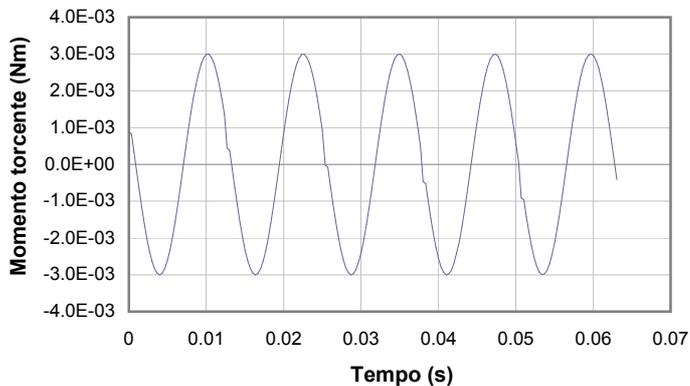
Data prova: 20/05/2020

Data emissione certificato: 22/05/2020

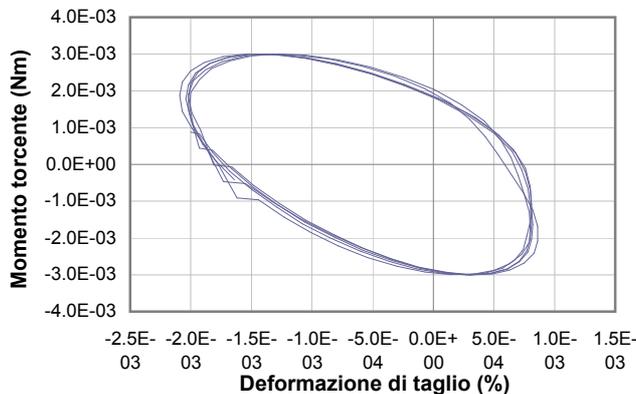
Test 6



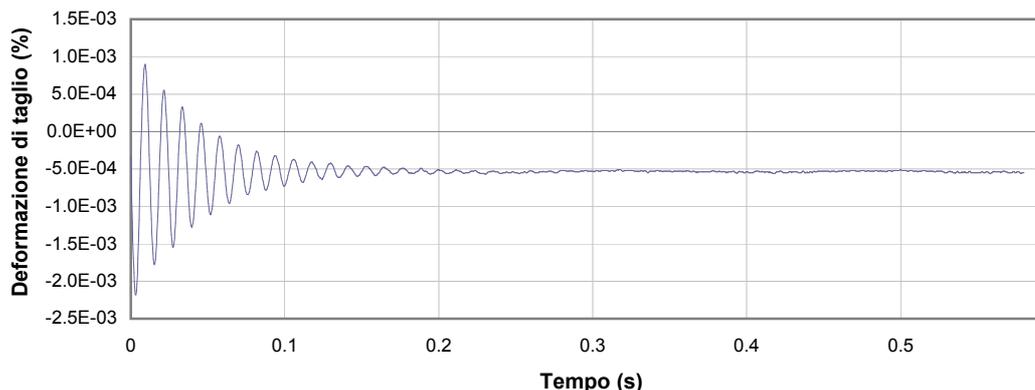
1



2



3



4

1 Campo delle frequenze indagate

2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

3 Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

4 Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

Località: Roccabianca (PR)

Cantiere: Strada Campo sportivo

Sondaggio: S2

Campione: SH1

Profondità (m): 5.00 - 5.60

Certificato di prova N°: GF2004159

Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

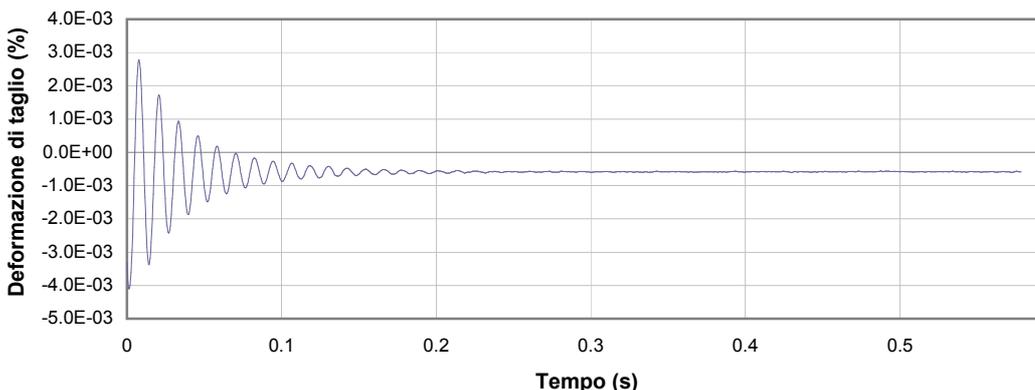
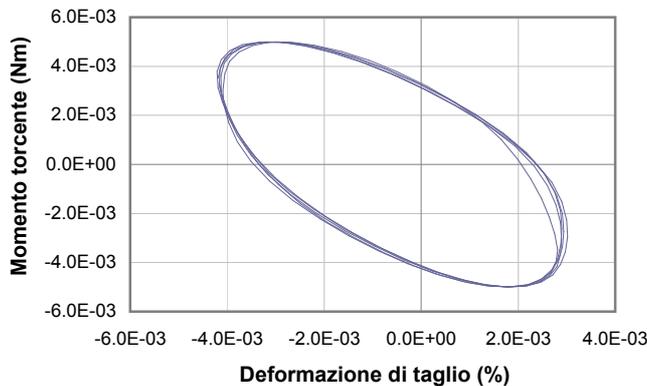
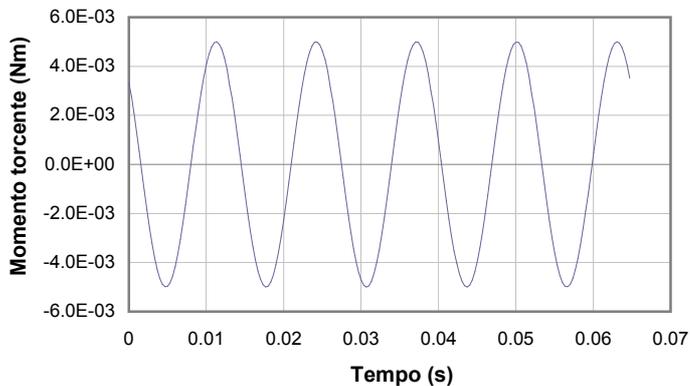
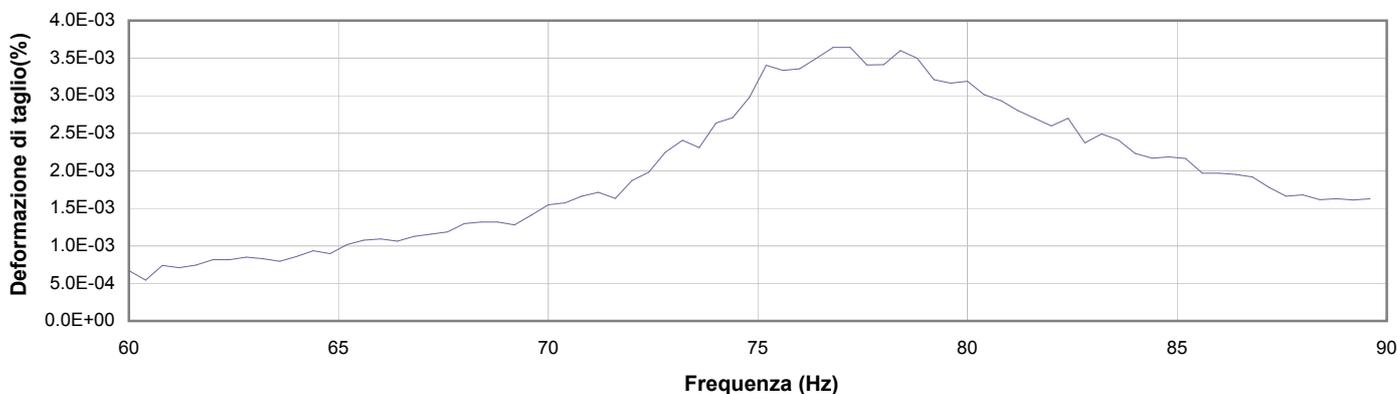
Commessa: 20783FE/19

Data ricevimento campione: 03/04/2020

Data prova: 20/05/2020

Data emissione certificato: 22/05/2020

Test 7



1 Campo delle frequenze indagate

2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

3 Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

4 Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

Località: Roccabianca (PR)

Cantiere: Strada Campo sportivo

Sondaggio: S2

Campione: SH1

Profondità (m): 5.00 - 5.60

Certificato di prova N°: GF2004159

Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

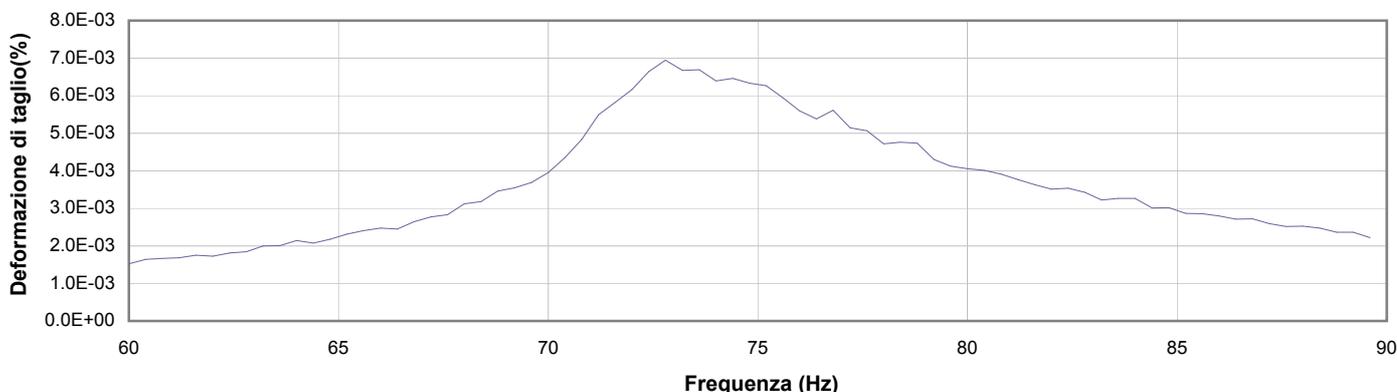
Commessa: 20783FE/19

Data ricevimento campione: 03/04/2020

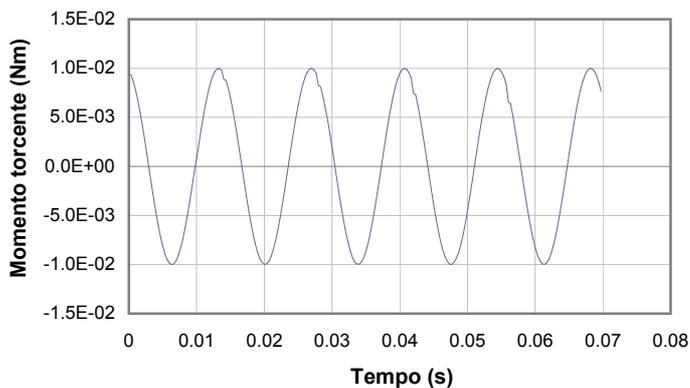
Data prova: 20/05/2020

Data emissione certificato: 22/05/2020

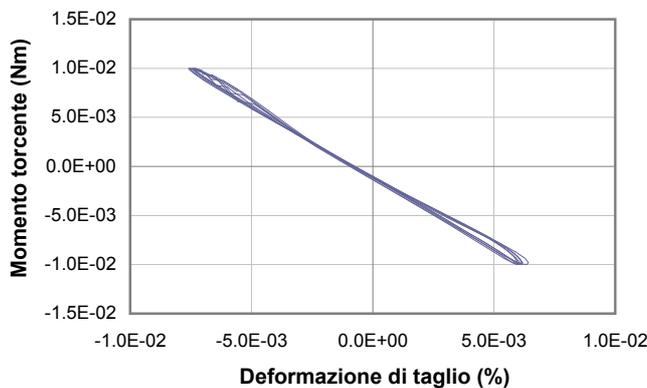
Test 8



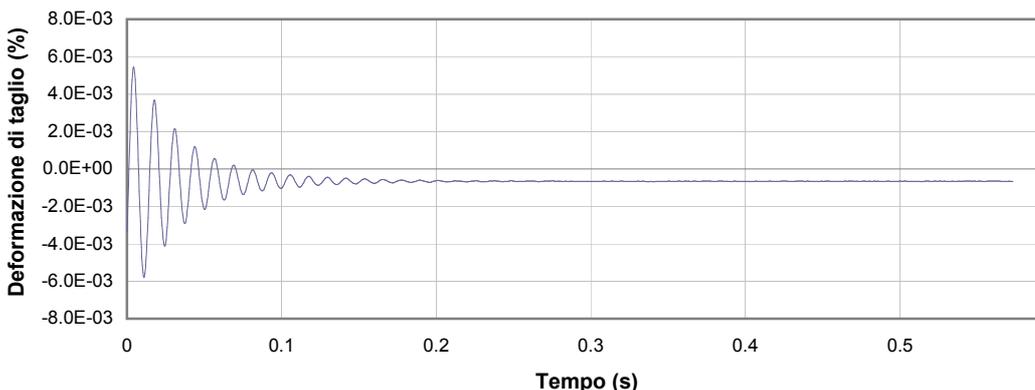
1



2



3



4

1 Campo delle frequenze indagate

2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

3 Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

4 Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

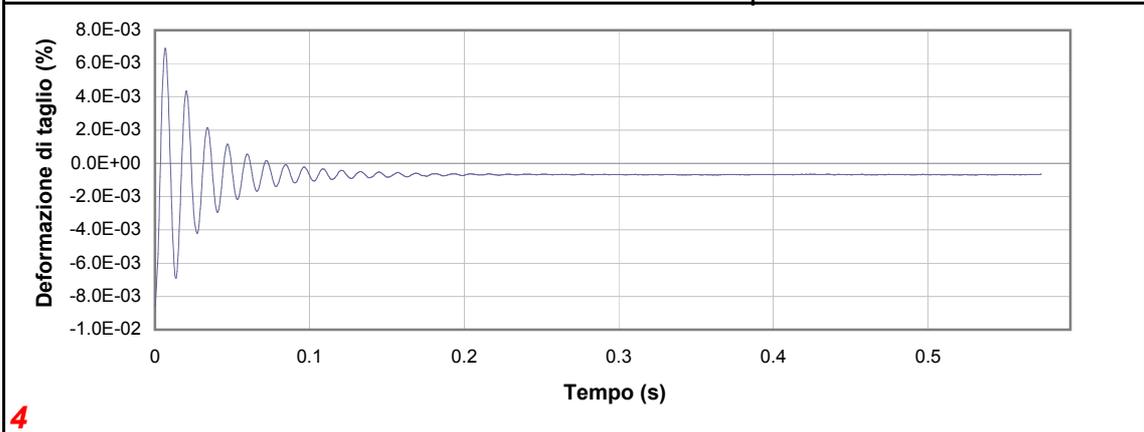
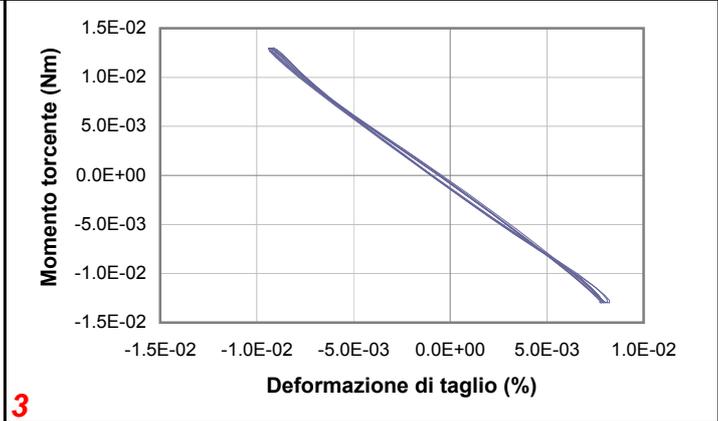
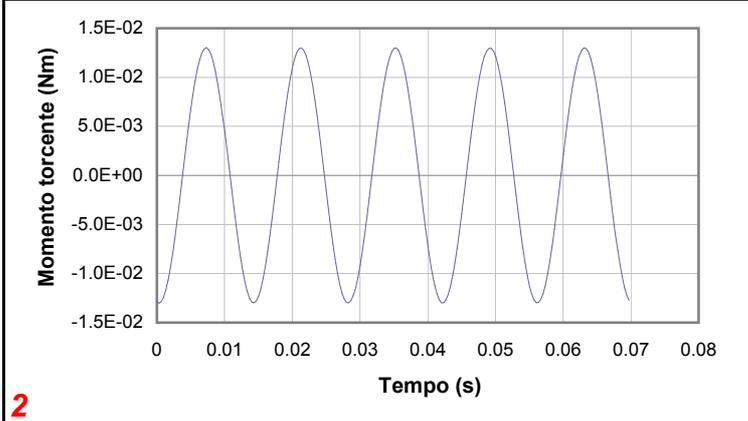
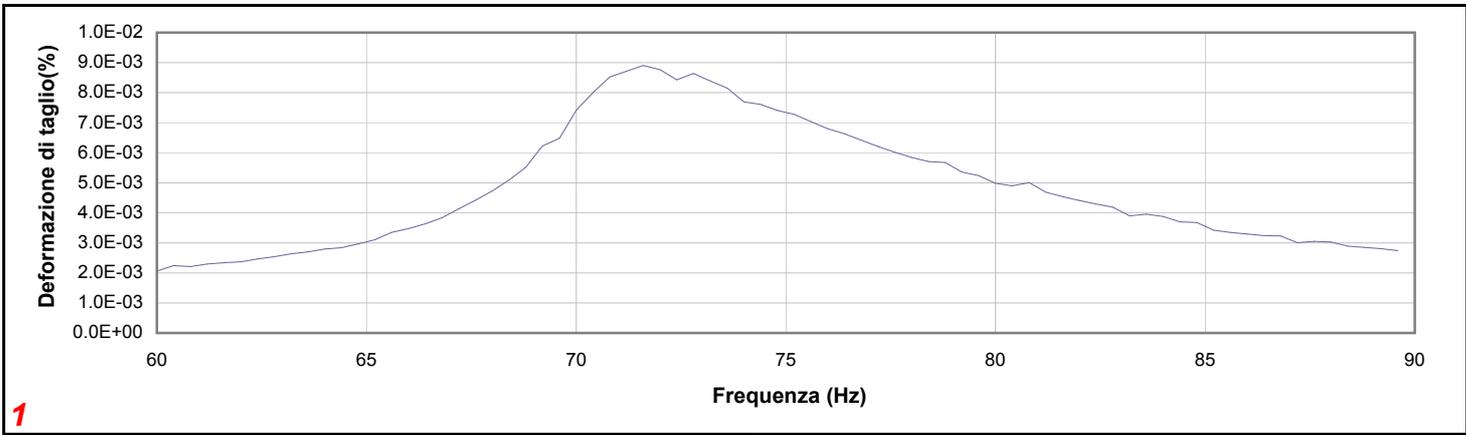
PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)
Località: Roccabianca (PR)
Cantiere: Strada Campo sportivo
Sondaggio: S2
Campione: SH1
Profondità (m): 5.00 - 5.60

Certificato di prova N°: GF2004159
Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

Commessa: 20783FE/19
Data ricevimento campione: 03/04/2020
Data prova: 20/05/2020
Data emissione certificato: 22/05/2020

Test 9



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

Località: Roccabianca (PR)

Cantiere: Strada Campo sportivo

Sondaggio: S2

Campione: SH1

Profondità (m): 5.00 - 5.60

Certificato di prova N°: GF2004159

Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

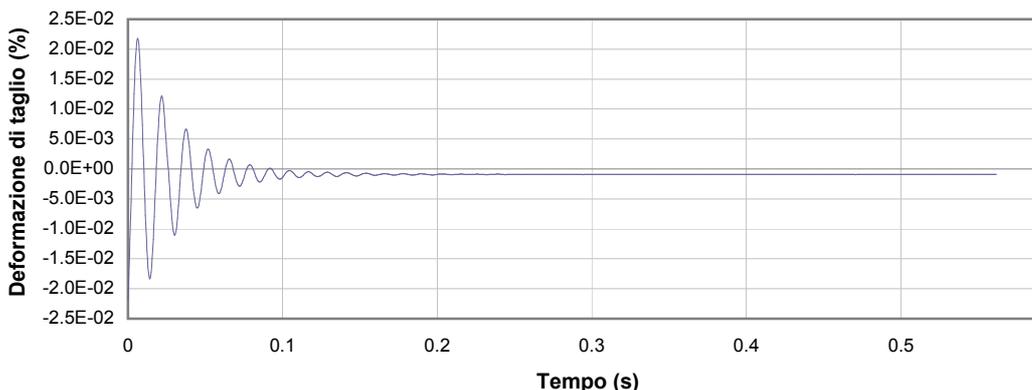
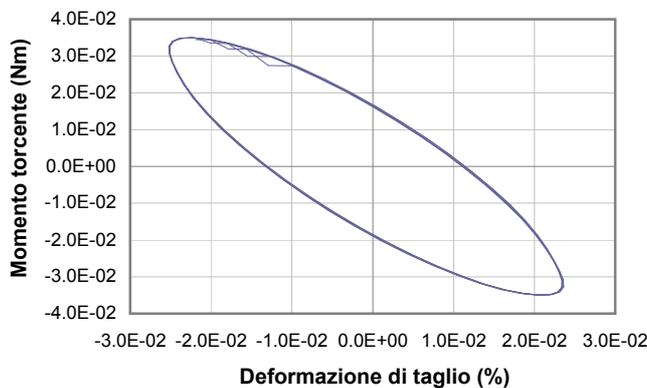
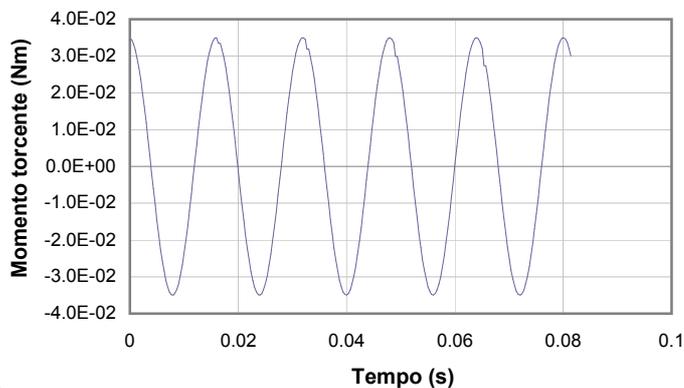
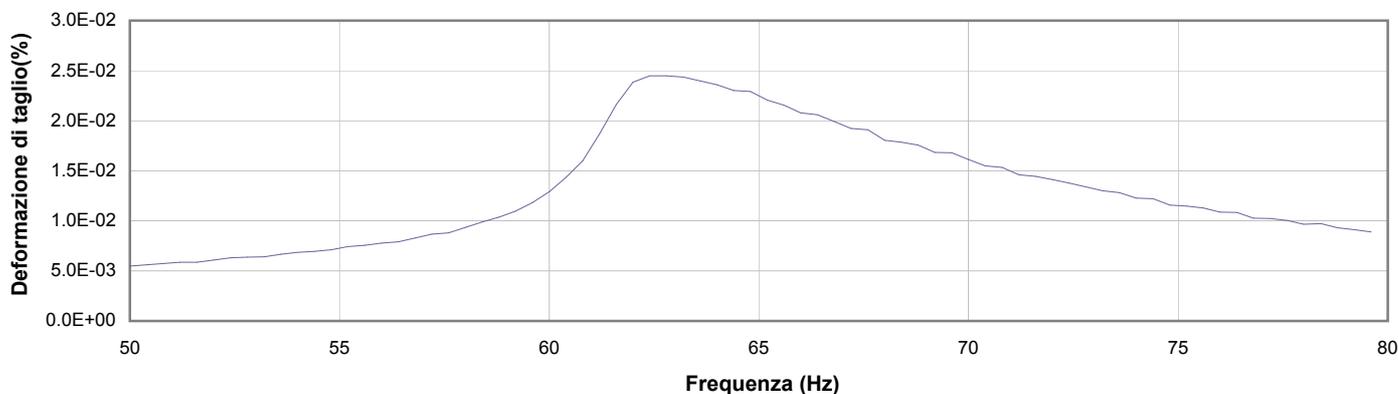
Commessa: 20783FE/19

Data ricevimento campione: 03/04/2020

Data prova: 20/05/2020

Data emissione certificato: 22/05/2020

Test 10



1 Campo delle frequenze indagate

2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

3 Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

4 Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
 Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
 Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
 Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

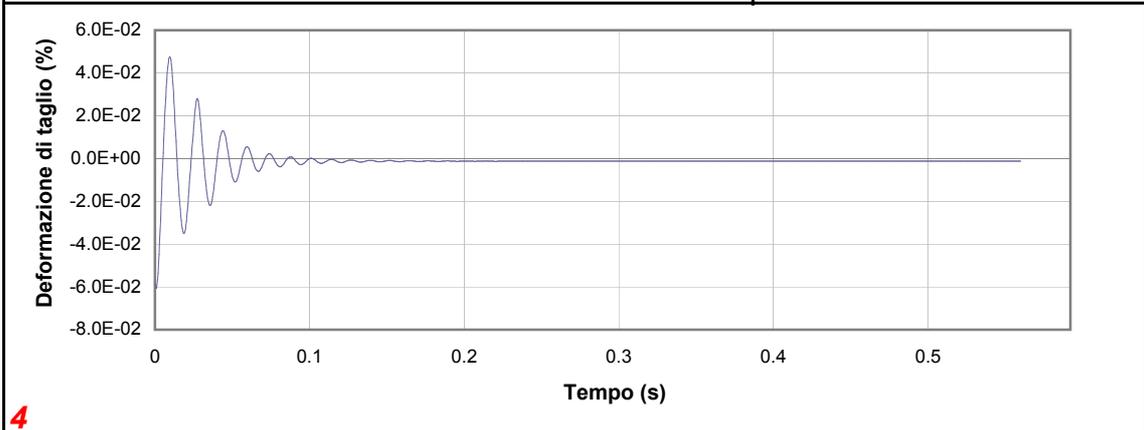
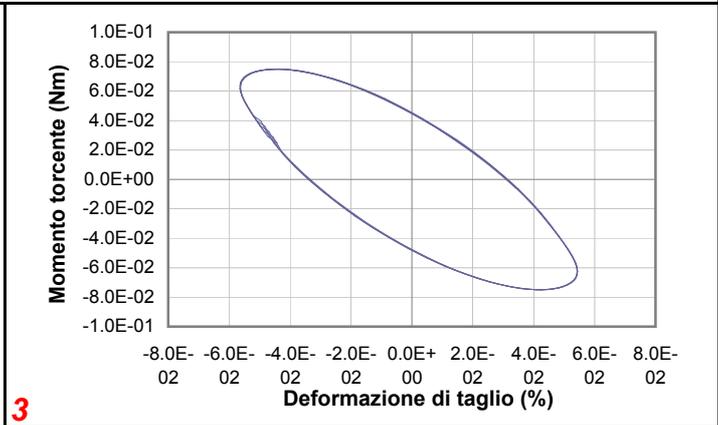
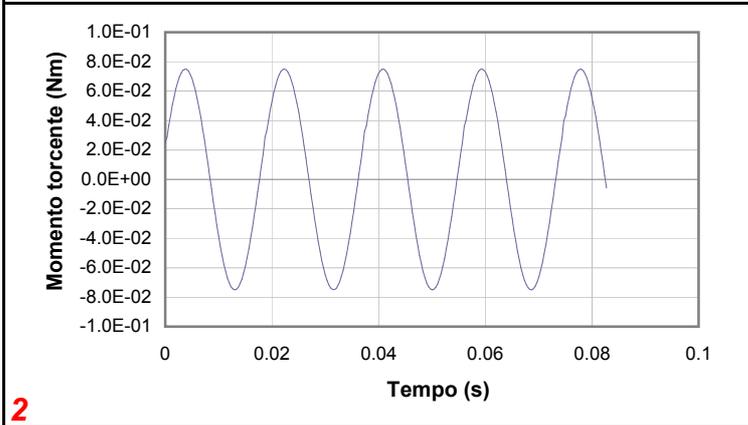
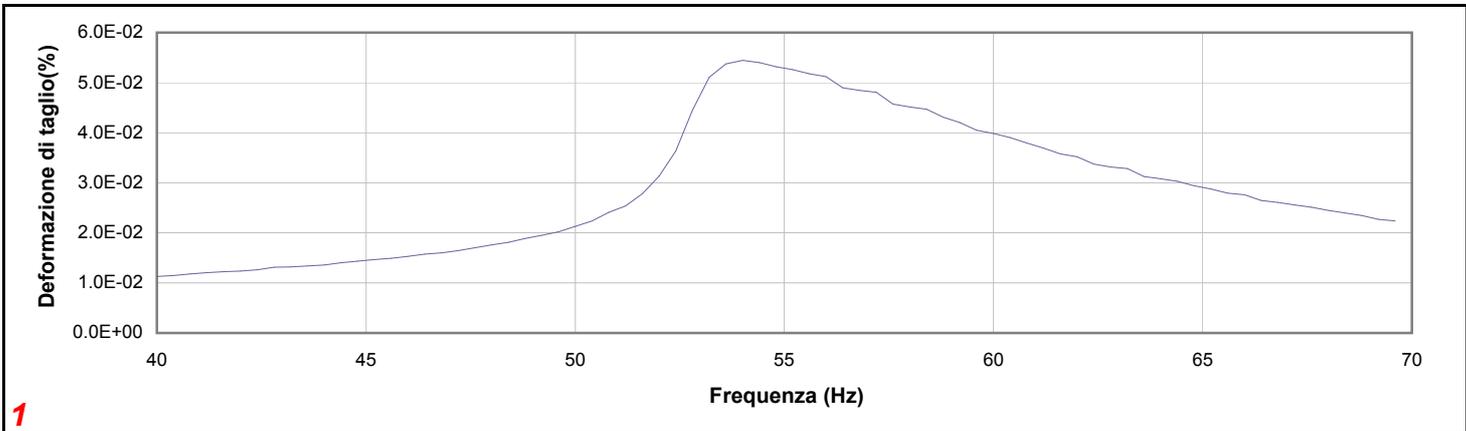
PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)
Località: Roccabianca (PR)
Cantiere: Strada Campo sportivo
Sondaggio: S2
Campione: SH1
Profondità (m): 5.00 - 5.60

Certificato di prova N°: GF2004159
Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

Commessa: 20783FE/19
Data ricevimento campione: 03/04/2020
Data prova: 20/05/2020
Data emissione certificato: 22/05/2020

Test 11



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

Località: Roccabianca (PR)

Cantiere: Strada Campo sportivo

Sondaggio: S2

Campione: SH1

Profondità (m): 5.00 - 5.60

Certificato di prova N°: GF2004159

Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

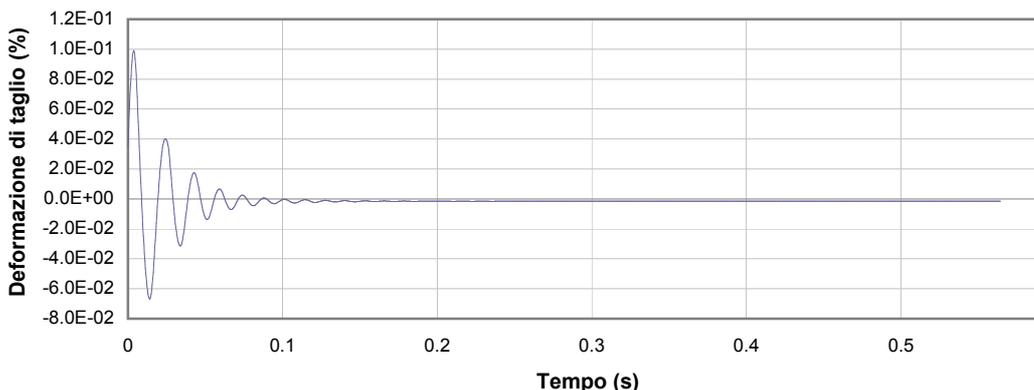
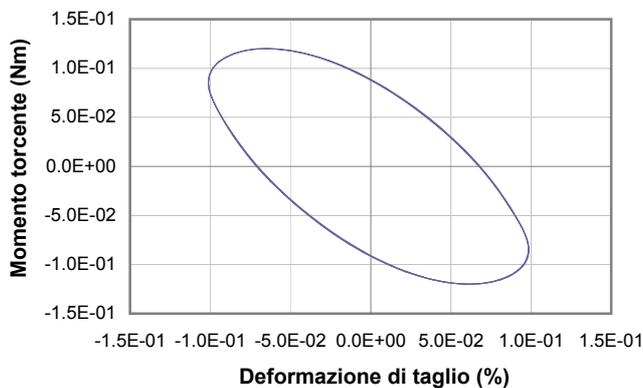
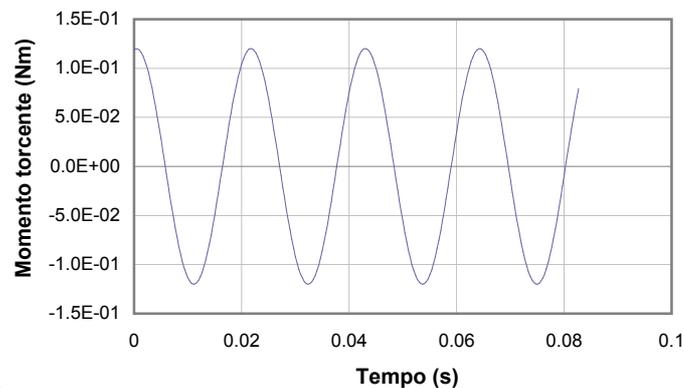
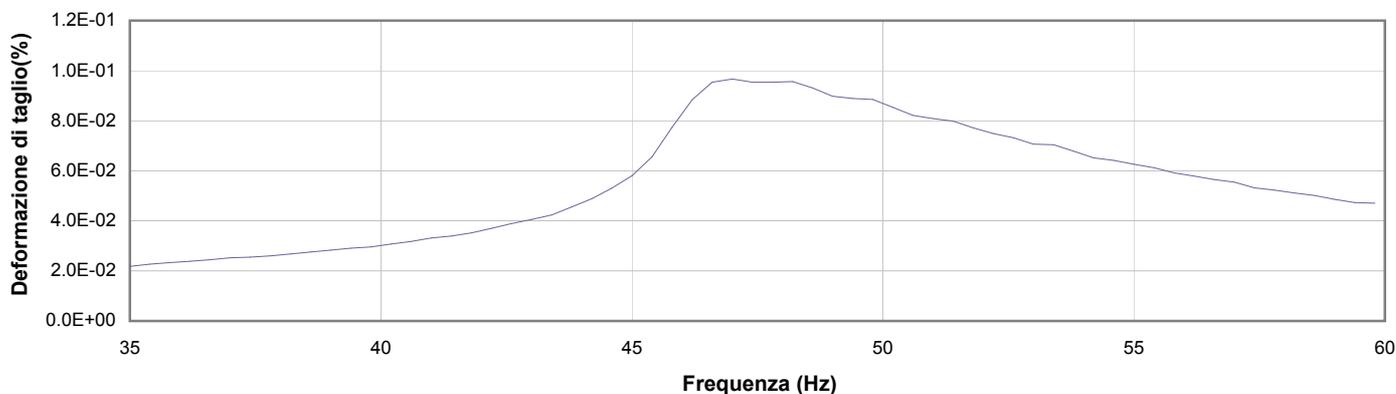
Commessa: 20783FE/19

Data ricevimento campione: 03/04/2020

Data prova: 20/05/2020

Data emissione certificato: 22/05/2020

Test 12



1 Campo delle frequenze indagate

2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

3 Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

4 Smorzamento per oscillazioni libere

lo Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

Località: Roccabianca (PR)

Cantiere: Strada Campo sportivo

Sondaggio: S2

Campione: SH1

Profondità (m): 5.00 - 5.60

Certificato di prova N°: GF2004159

Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

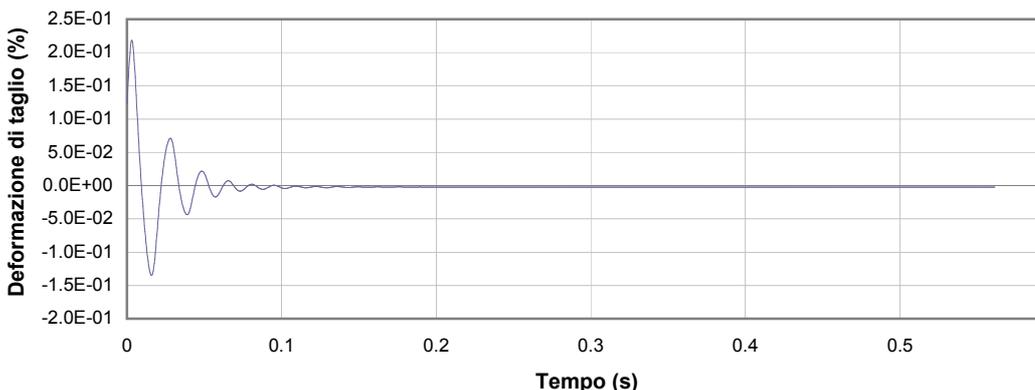
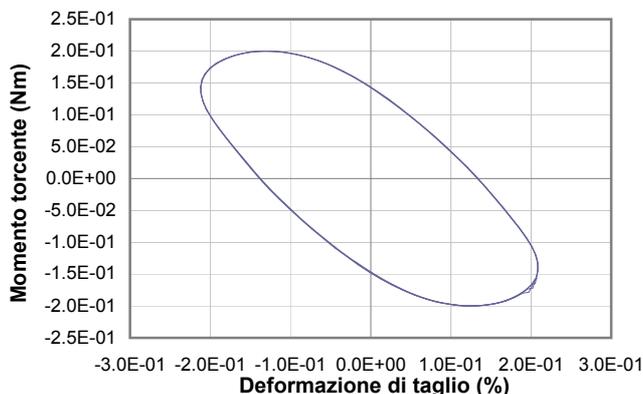
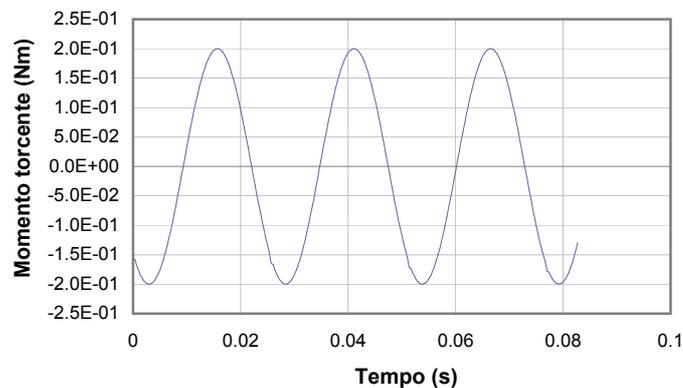
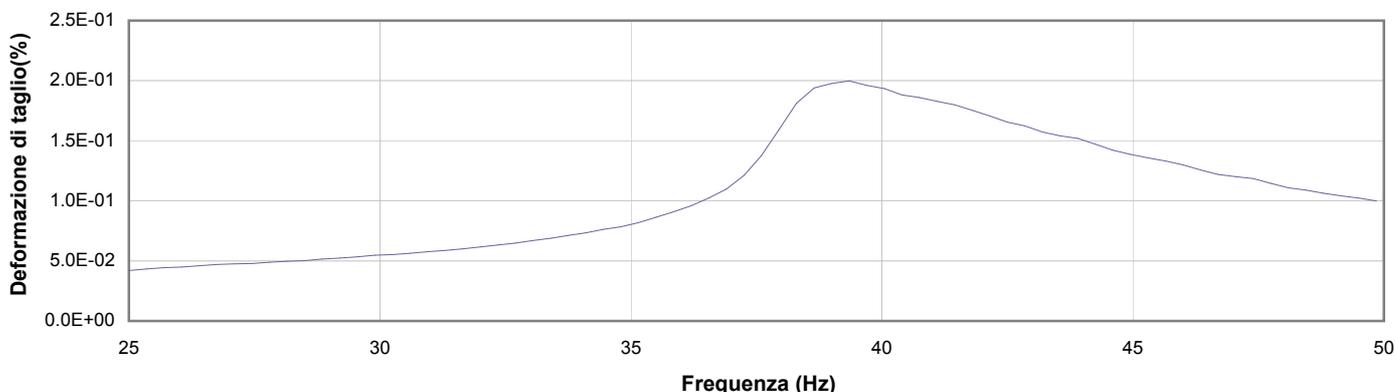
Commessa: 20783FE/19

Data ricevimento campione: 03/04/2020

Data prova: 20/05/2020

Data emissione certificato: 22/05/2020

Test 13



1 Campo delle frequenze indagate

2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

3 Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

4 Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)

Località: Roccabianca (PR)

Cantiere: Strada Campo sportivo

Sondaggio: S2

Campione: SH1

Profondità (m): 5.00 - 5.60

Certificato di prova N°: GF2004159

Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

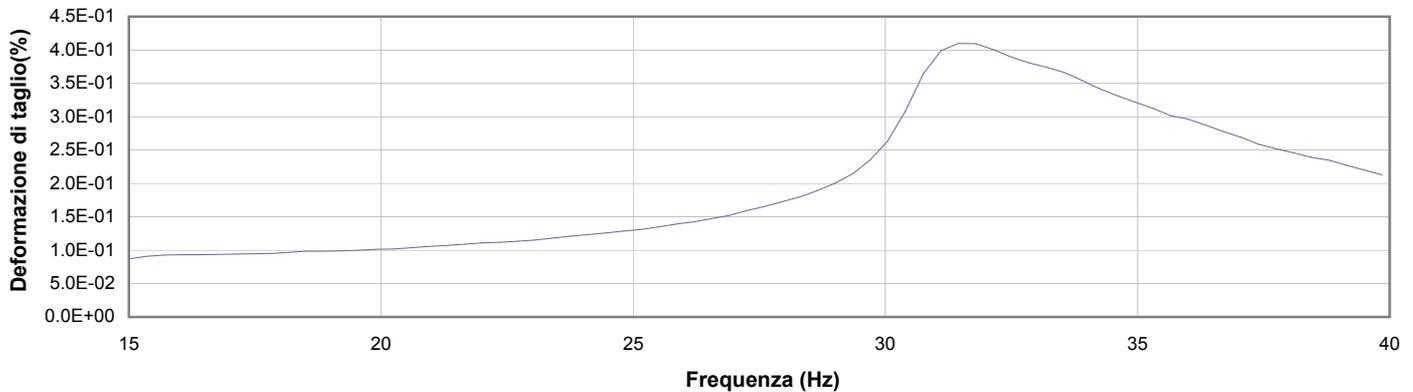
Commessa: 20783FE/19

Data ricevimento campione: 03/04/2020

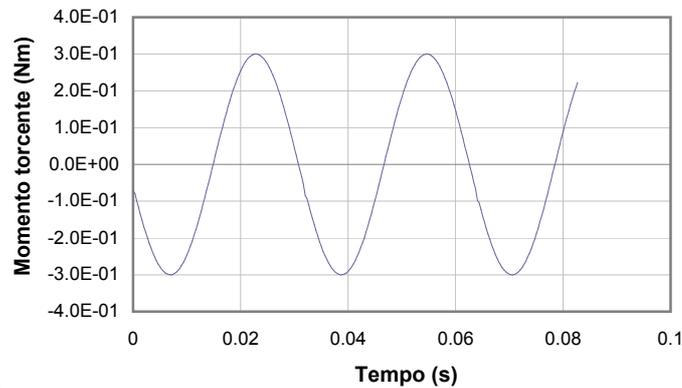
Data prova: 20/05/2020

Data emissione certificato: 22/05/2020

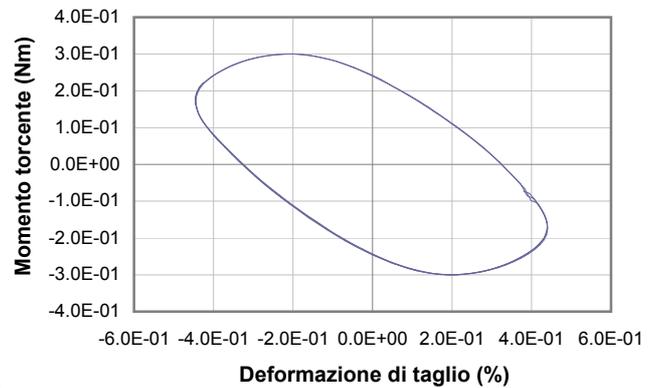
Test 14



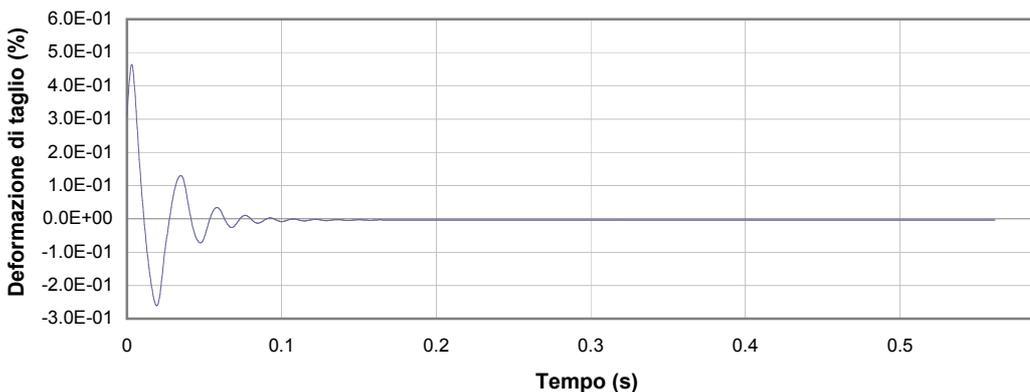
1



2



3



4

1 Campo delle frequenze indagate

2 Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate

3 Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza

4 Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)
 Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648
 Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
 Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 486 del 20/09/2019 , art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

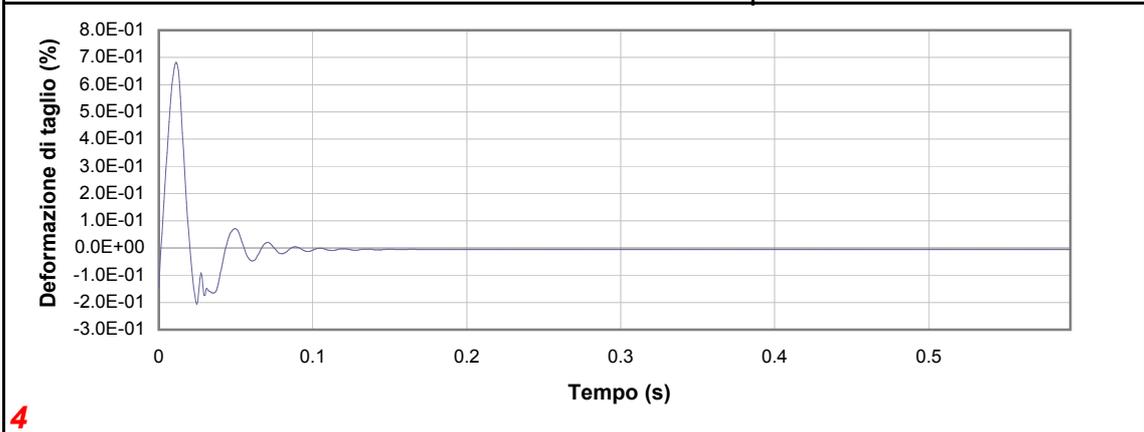
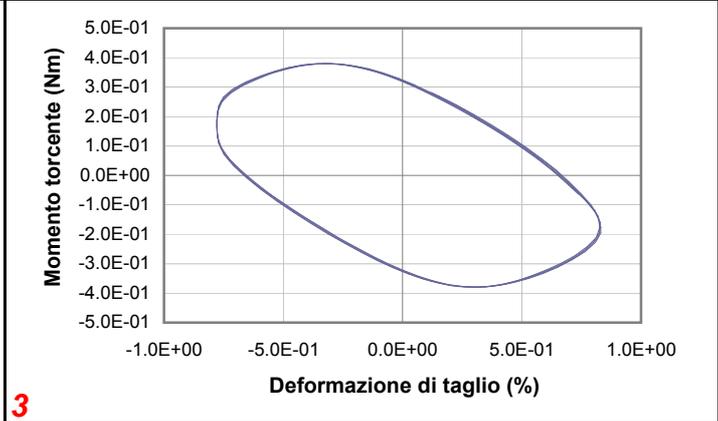
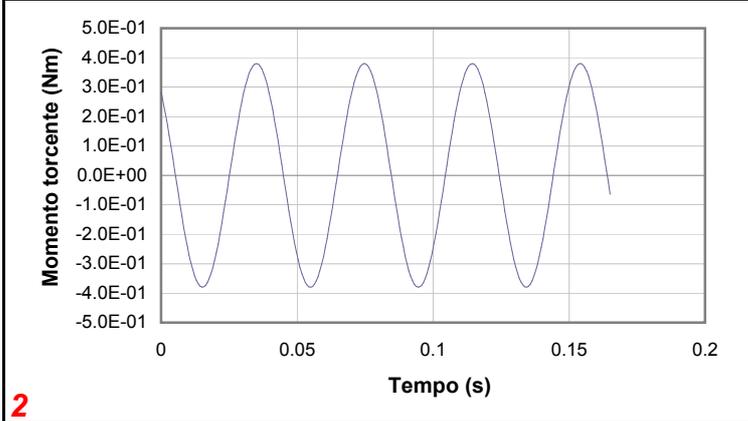
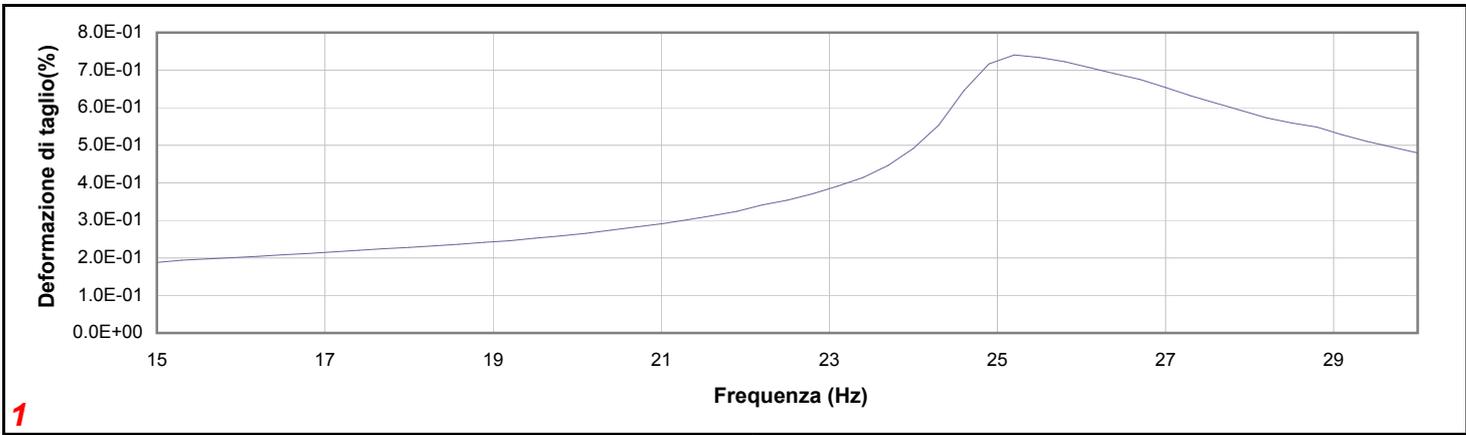
PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: Dott. Geol. Stefano Castagnetti - Via Argini Sud, 24 - 43022 - Basilicanova (PR)
Località: Roccabianca (PR)
Cantiere: Strada Campo sportivo
Sondaggio: S2
Campione: SH1
Profondità (m): 5.00 - 5.60

Certificato di prova N°: GF2004159
Verbale di accettazione N°: vgf/141/20

Commessa: 20783FE/19
Data ricevimento campione: 03/04/2020
Data prova: 20/05/2020
Data emissione certificato: 22/05/2020

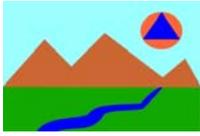
Test 15



- 1** Campo delle frequenze indagate
- 2** Ampiezza momento torcente in condizioni di oscillazioni forzate
- 3** Cicli di isteresi alla frequenza di risonanza
- 4** Smorzamento per oscillazioni libere

Io Sperimentatore:
dott. Roberto Bellanova

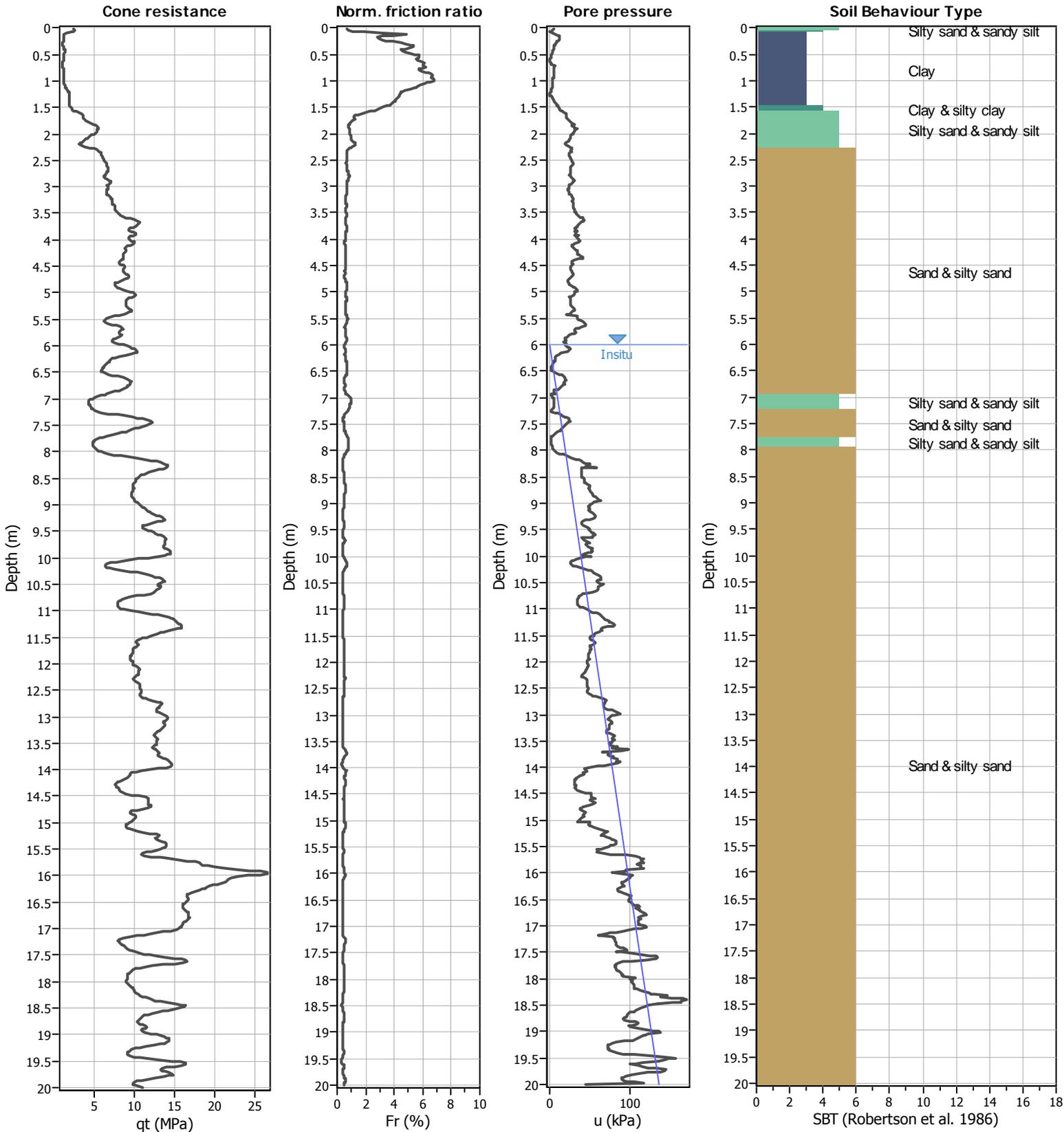
Il Direttore del Laboratorio Terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli



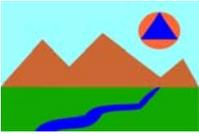
Studio Dr. Geol. Stefano Castagnetti
 via Argini Sud, 24
 43030 Basilicanova

Project: Verifica Liquefazione MS3 Roccabianca
 Location: Roccabianca (PR)

CPT: CPTU01
 Total depth: 20.00 m



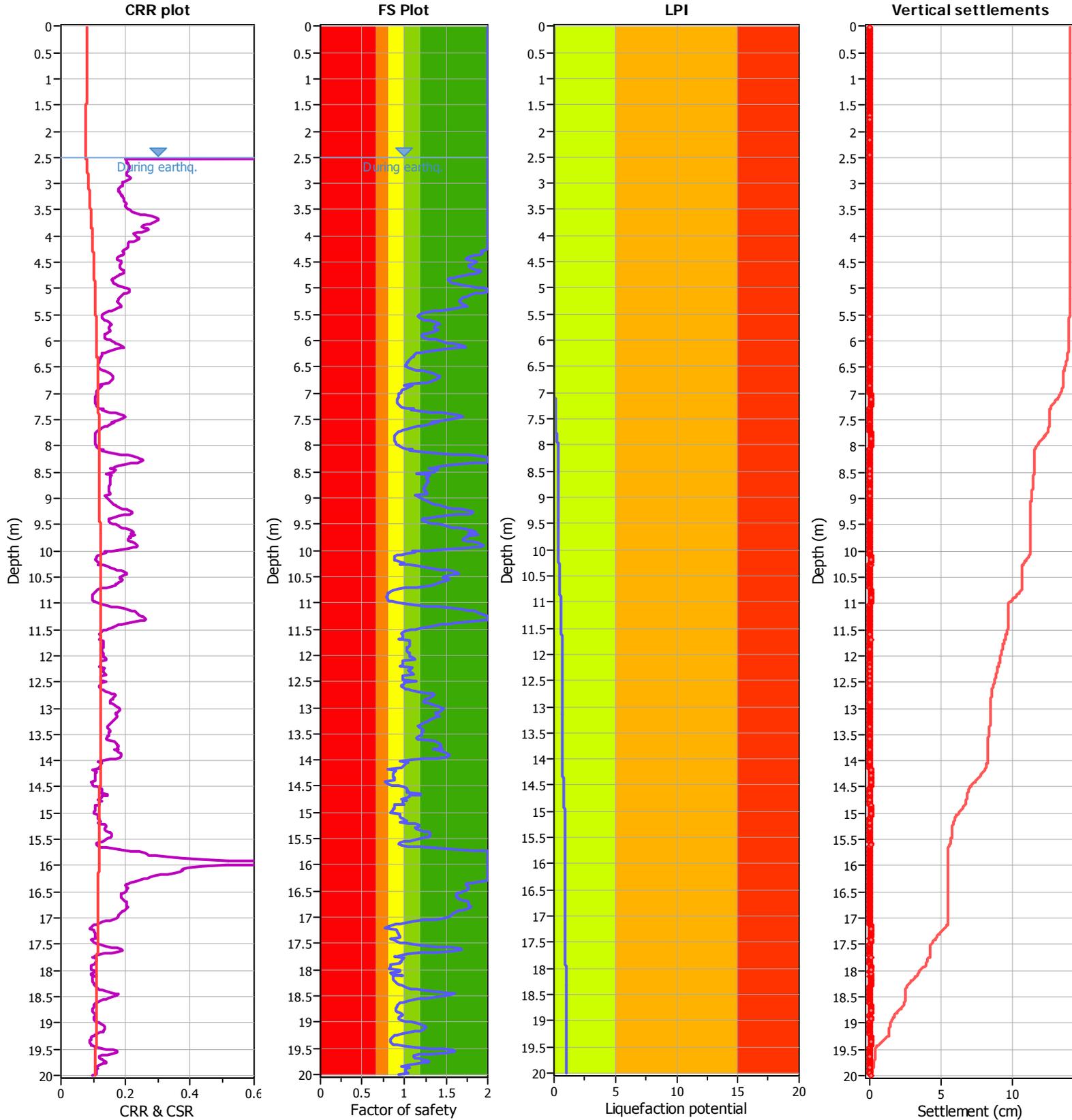
Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	6.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	2.50 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.17	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



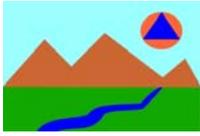
Studio Dr. Geol. Stefano Castagnetti
 via Argini Sud, 24
 43030 Basilicanova

Project: Verifica Liquefazione MS3 Roccabianca
 Location: Roccabianca (PR)

CPT: CPTU01
 Total depth: 20.00 m



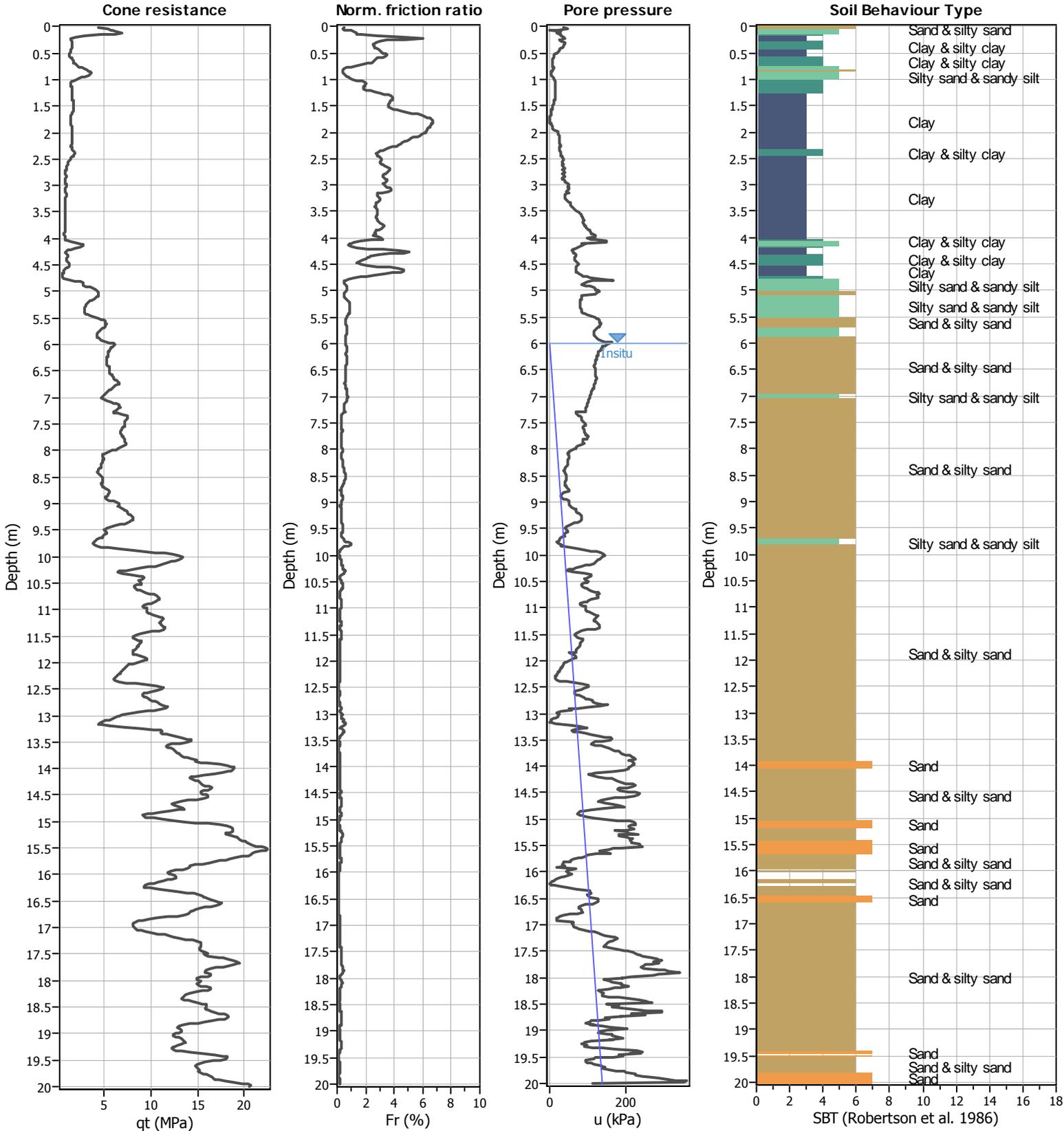
Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	6.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	2.50 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.17	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



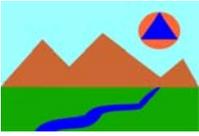
Studio Dr. Geol. Stefano Castagnetti
 via Argini Sud, 24
 43030 Basilicanova

Project: Verifica Liquefazione MS3 Roccabianca
 Location: Roccabianca (PR)

CPT: CPTU02
 Total depth: 20.00 m



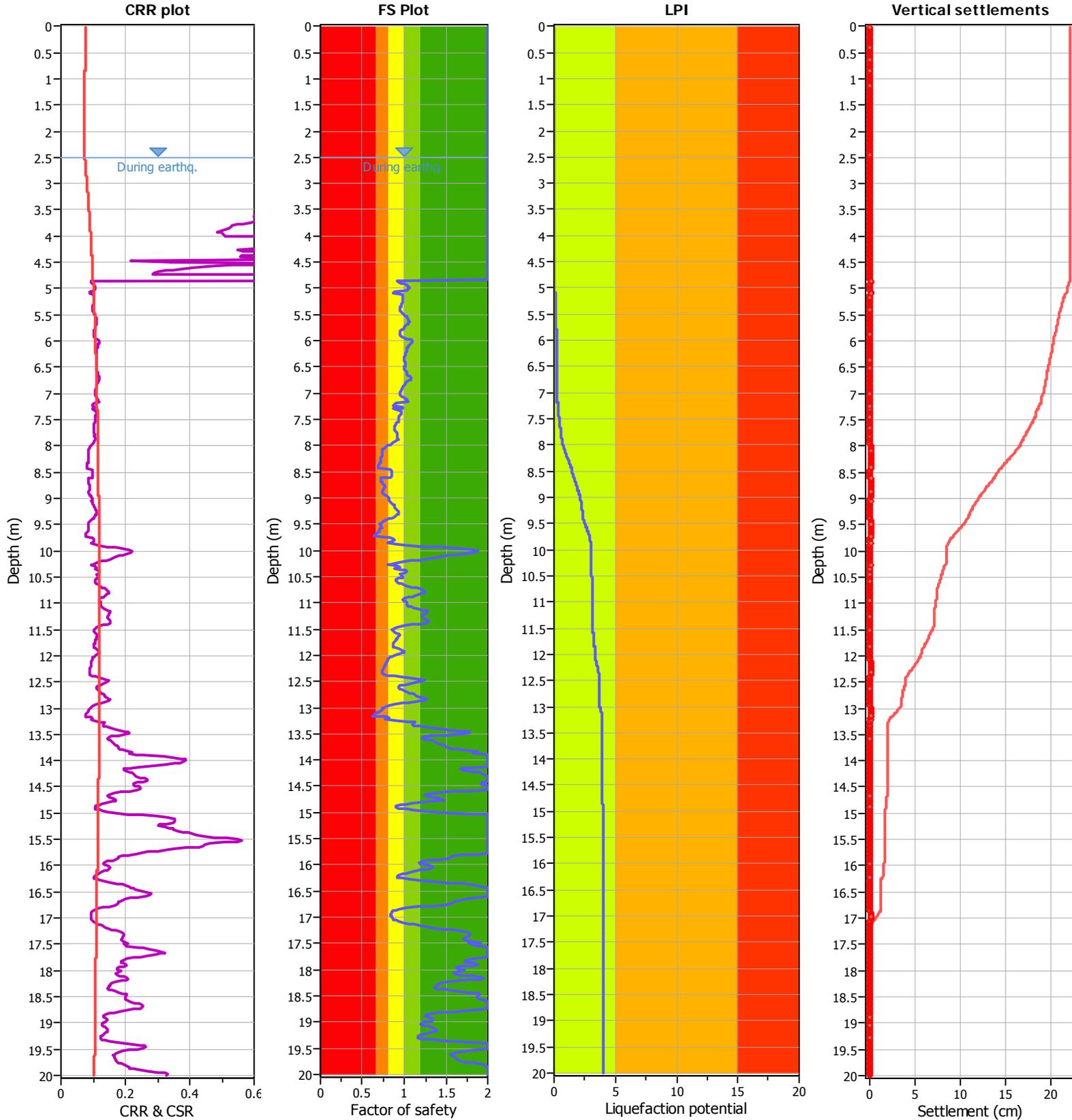
Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	6.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	2.50 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



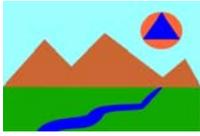
Studio Dr. Geol. Stefano Castagnetti
 via Argini Sud, 24
 43030 Basilicanova

Project: Verifica Liquefazione MS3 Roccabianca
 Location: Roccabianca (PR)

CPT: CPTU02
 Total depth: 20.00 m



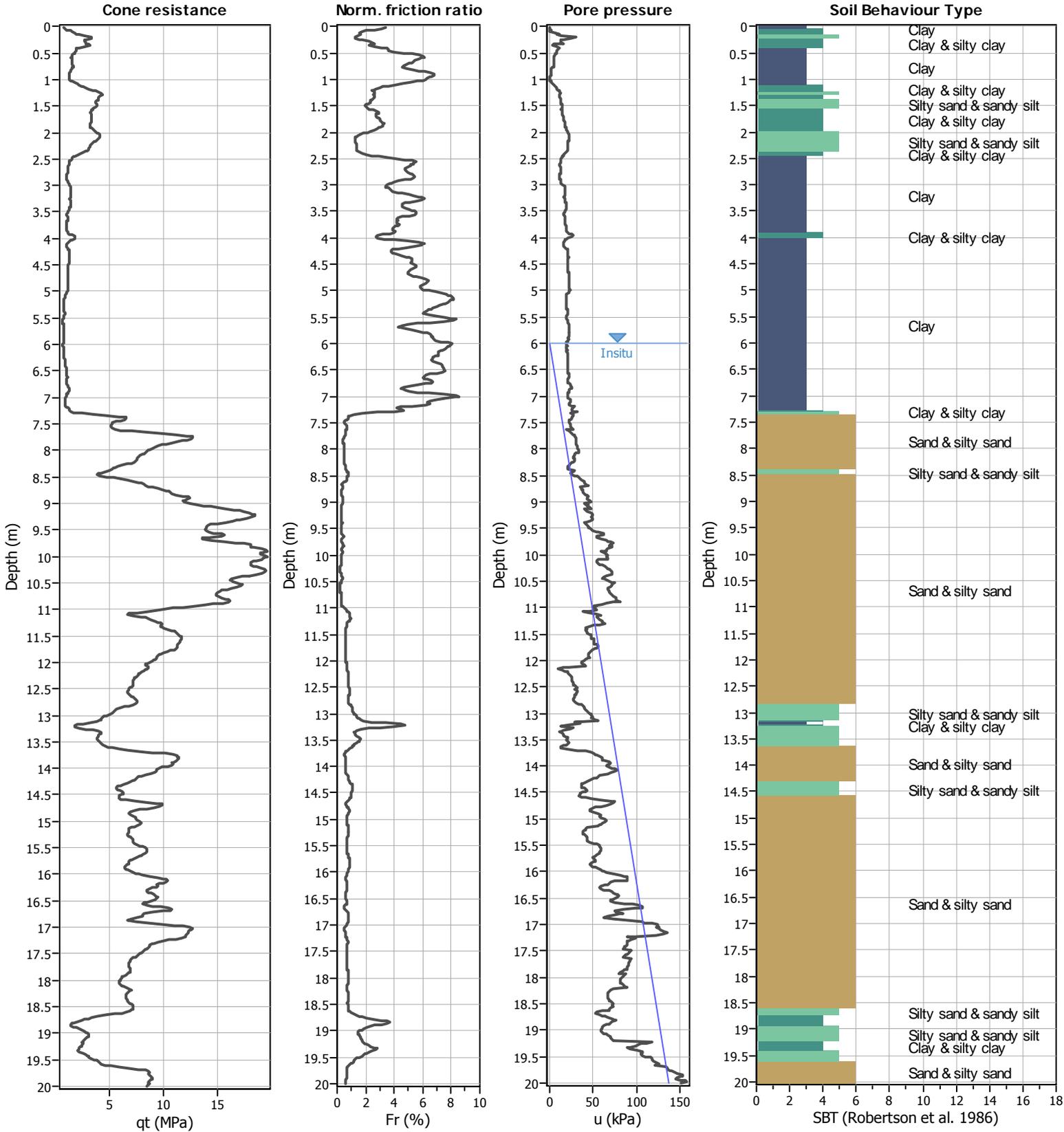
Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	6.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	2.50 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



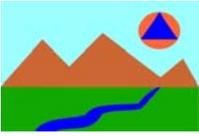
Studio Dr. Geol. Stefano Castagnetti
 via Argini Sud, 24
 43030 Basilicanova

Project: Verifica Liquefazione MS3 Roccabianca
 Location: Roccabianca (PR)

CPT: CPTU03
 Total depth: 20.00 m



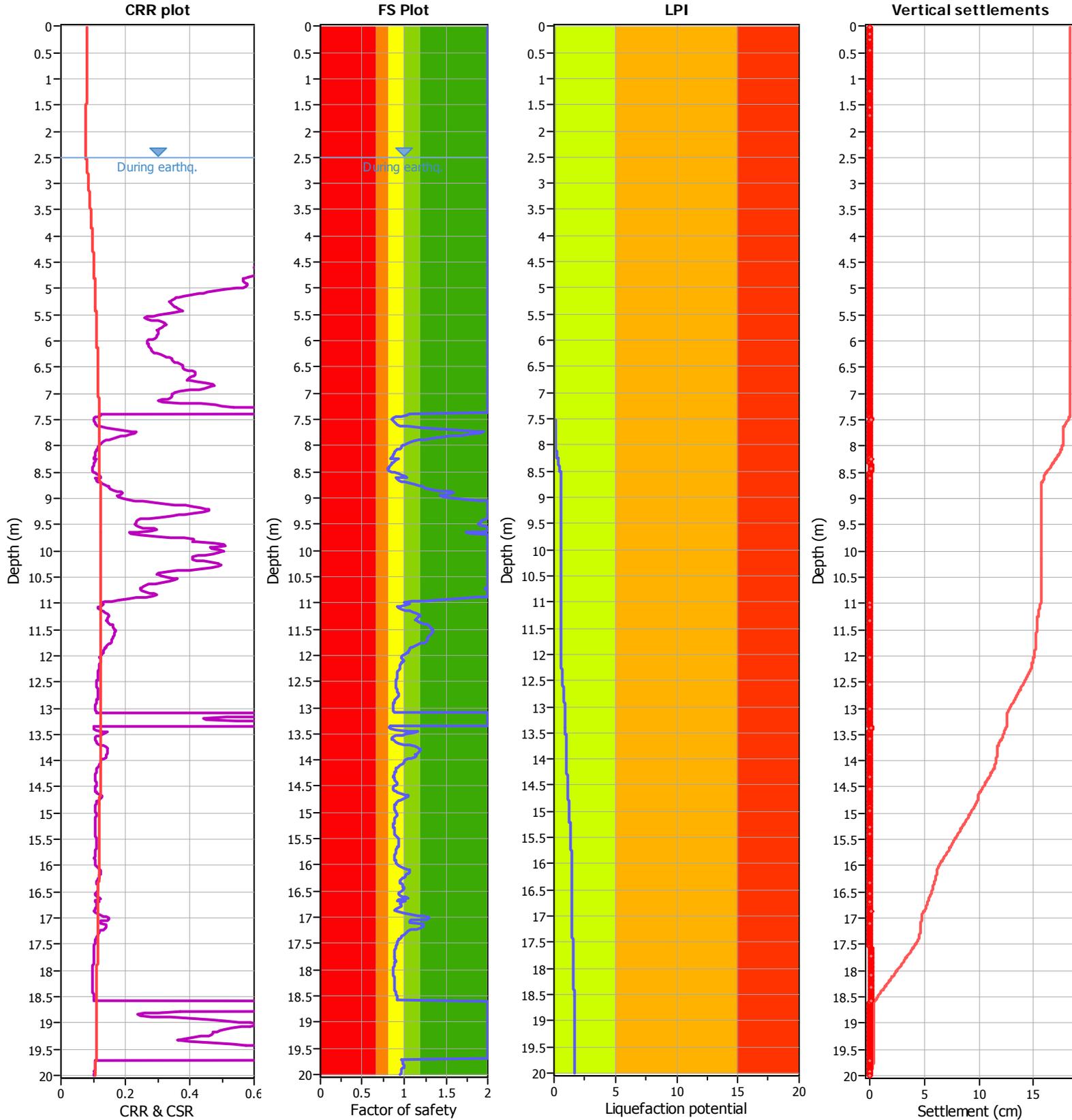
Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	6.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	2.50 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.17	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



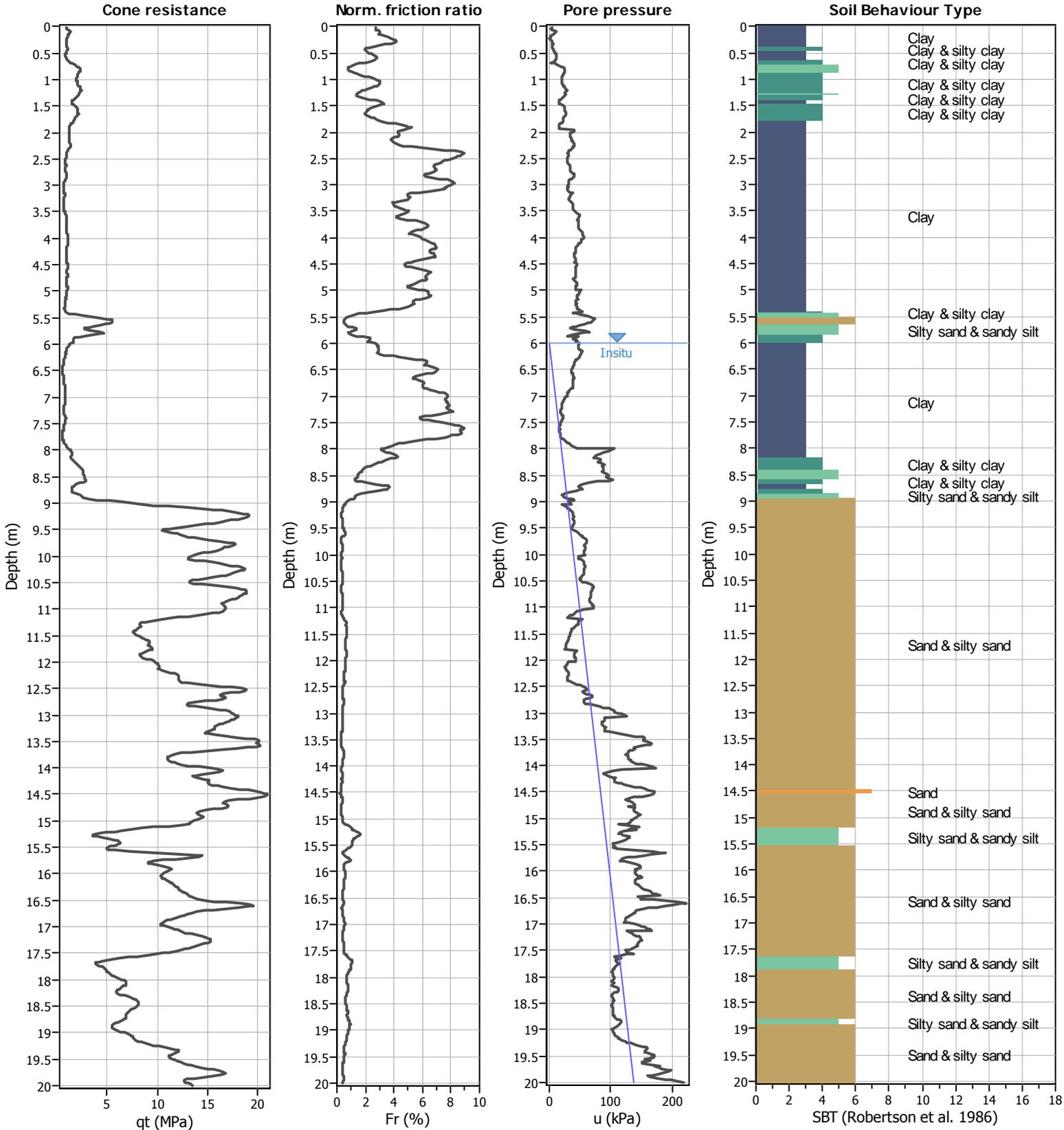
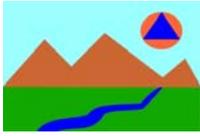
Studio Dr. Geol. Stefano Castagnetti
 via Argini Sud, 24
 43030 Basilicanova

Project: Verifica Liquefazione MS3 Roccabianca
 Location: Roccabianca (PR)

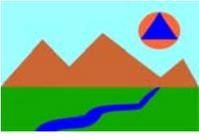
CPT: CPTU03
 Total depth: 20.00 m



Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	6.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	2.50 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.17	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



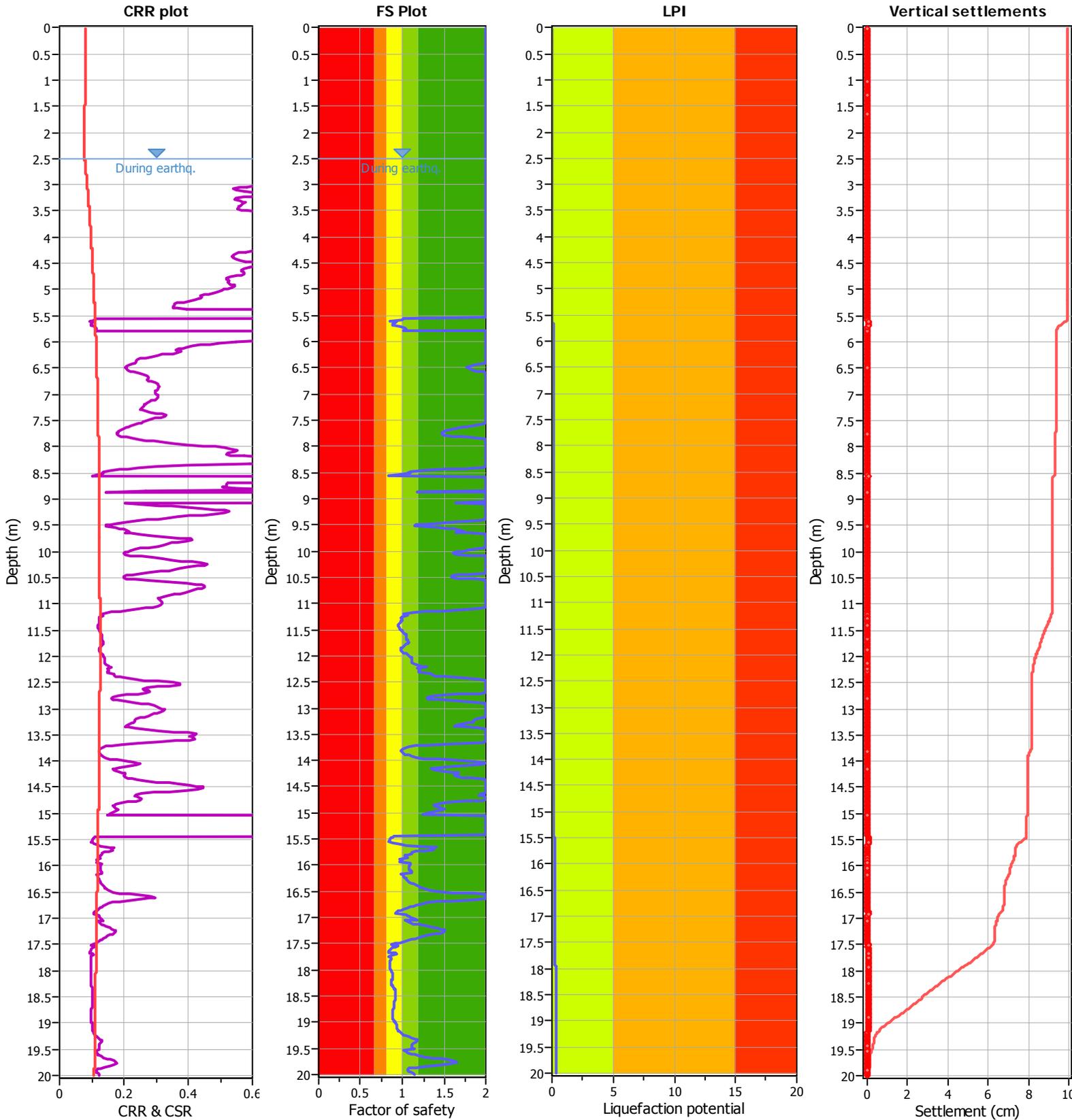
Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	6.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	2.50 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.17	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



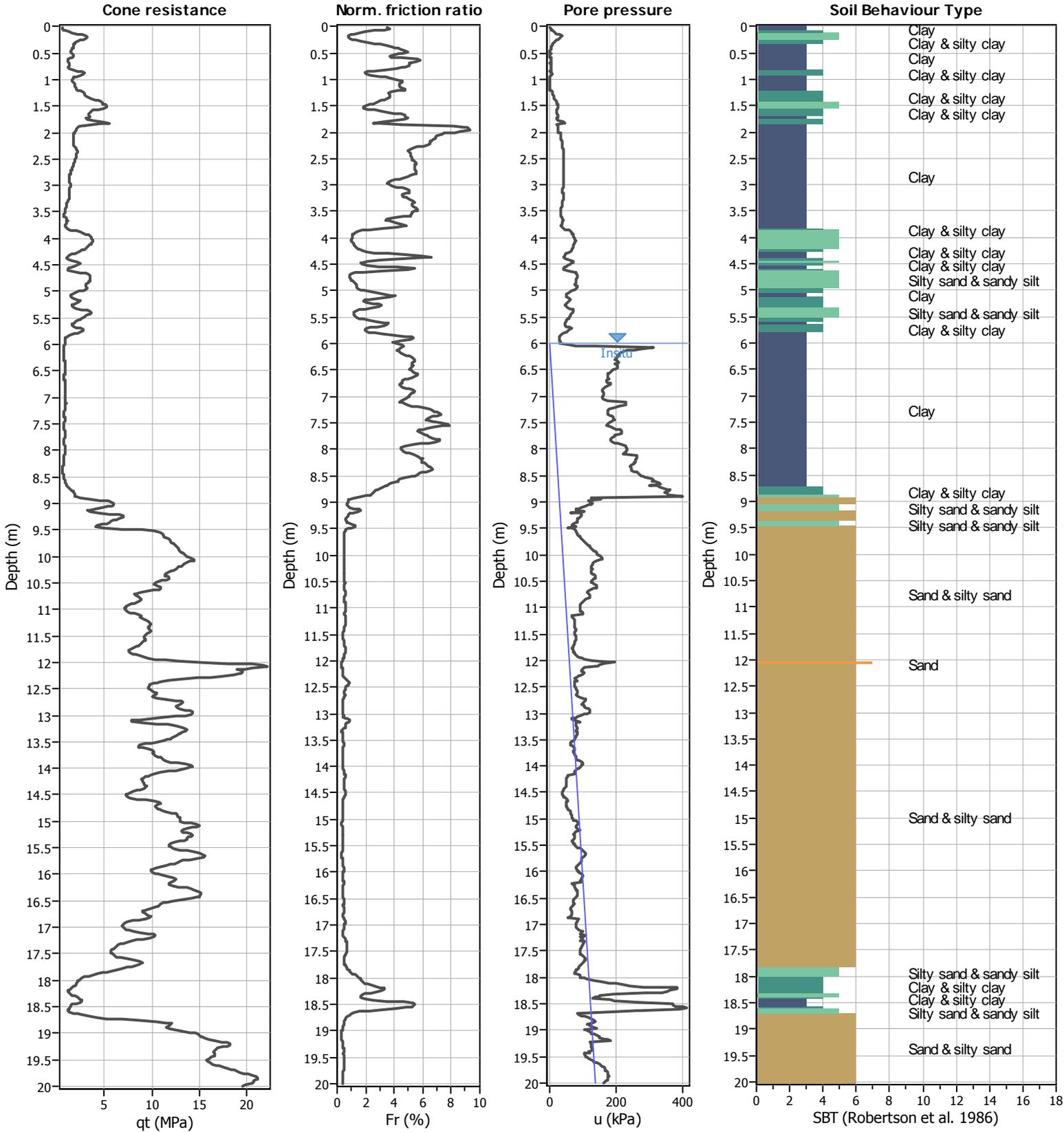
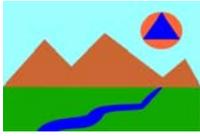
Studio Dr. Geol. Stefano Castagnetti
 via Argini Sud, 24
 43030 Basilicanova

Project: Verifica Liquefazione MS3 Roccabianca
 Location: Roccabianca (PR)

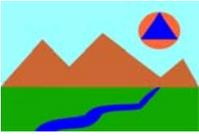
CPT: CPTU04
 Total depth: 20.00 m



Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	6.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	2.50 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.17	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



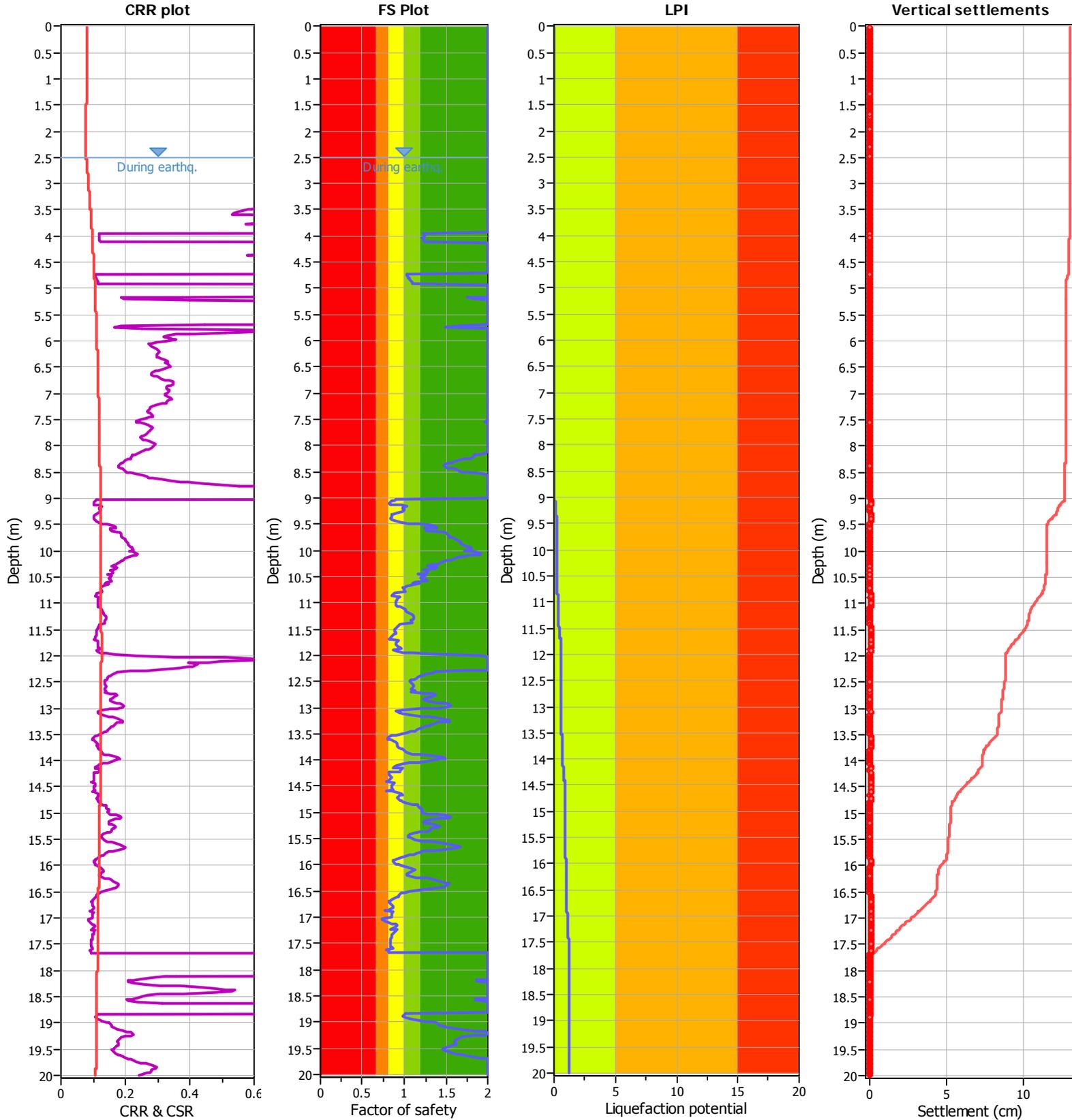
Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	6.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	2.50 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.17	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



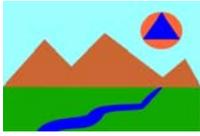
Studio Dr. Geol. Stefano Castagnetti
 via Argini Sud, 24
 43030 Basilicanova

Project: Verifica Liquefazione MS3 Roccabianca
 Location: Roccabianca (PR)

CPT: CPTU05
 Total depth: 20.00 m



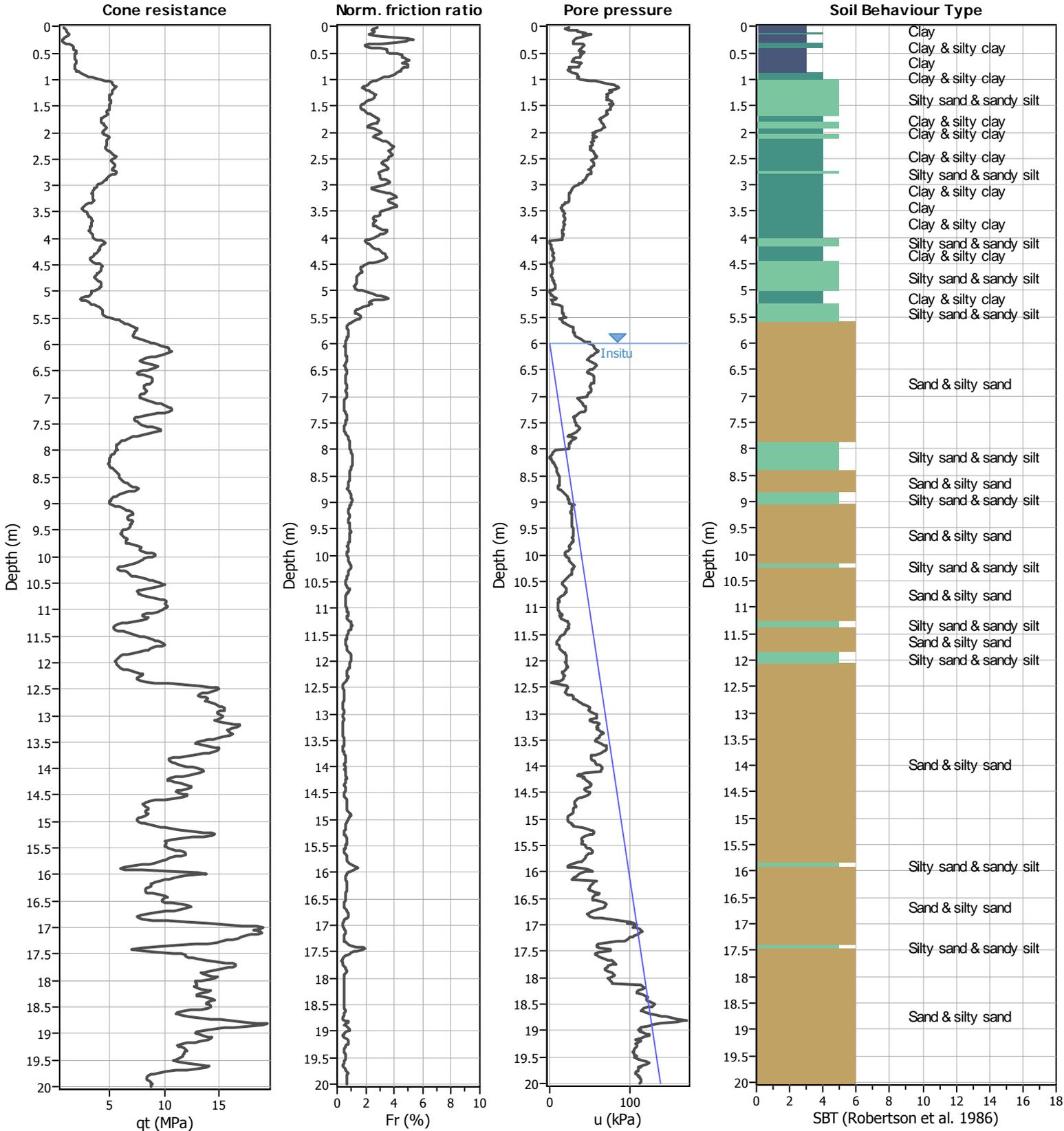
Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	6.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	2.50 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.17	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



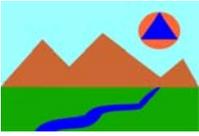
Studio Dr. Geol. Stefano Castagnetti
 via Argini Sud, 24
 43030 Basilicanova

Project: Verifica Liquefazione MS3 Roccabianca
 Location: Roccabianca (PR)

CPT: CPTU06
 Total depth: 20.00 m



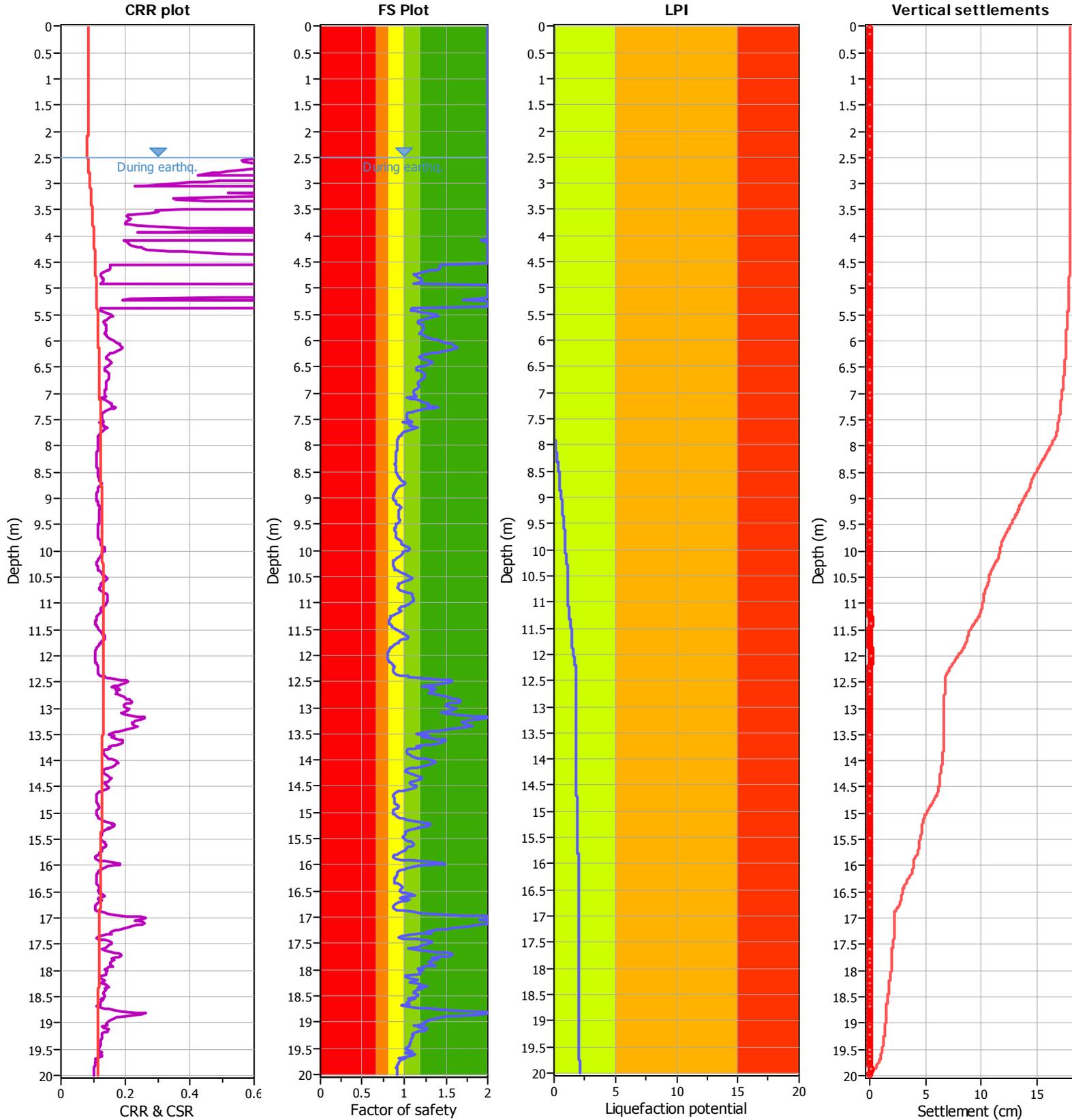
Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	6.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	2.50 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.18	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



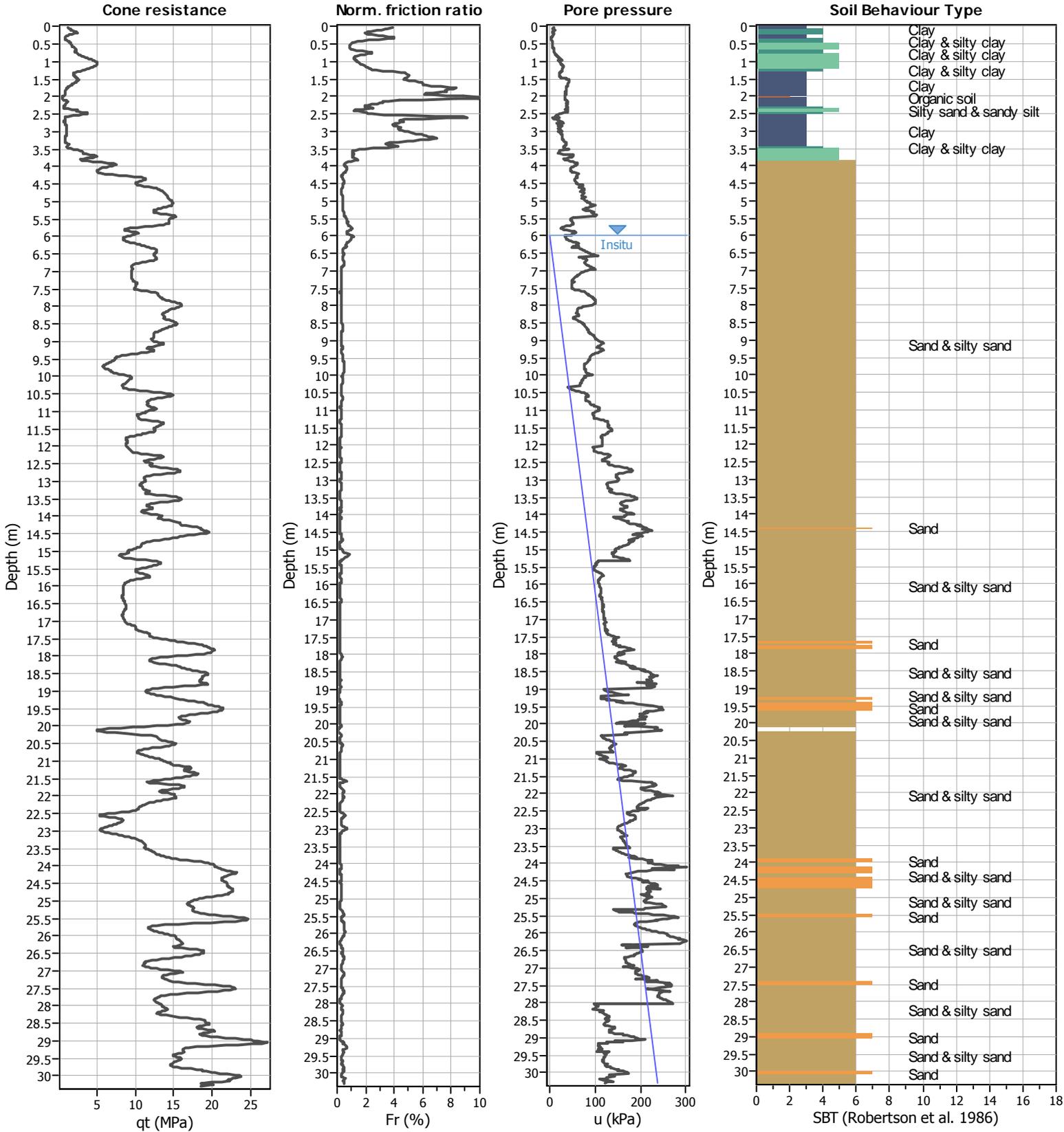
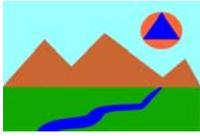
Studio Dr. Geol. Stefano Castagnetti
 via Argini Sud, 24
 43030 Basilicanova

Project: Verifica Liquefazione MS3 Roccabianca
 Location: Roccabianca (PR)

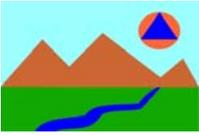
CPT: CPTU06
 Total depth: 20.00 m



Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	6.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	2.50 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.18	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



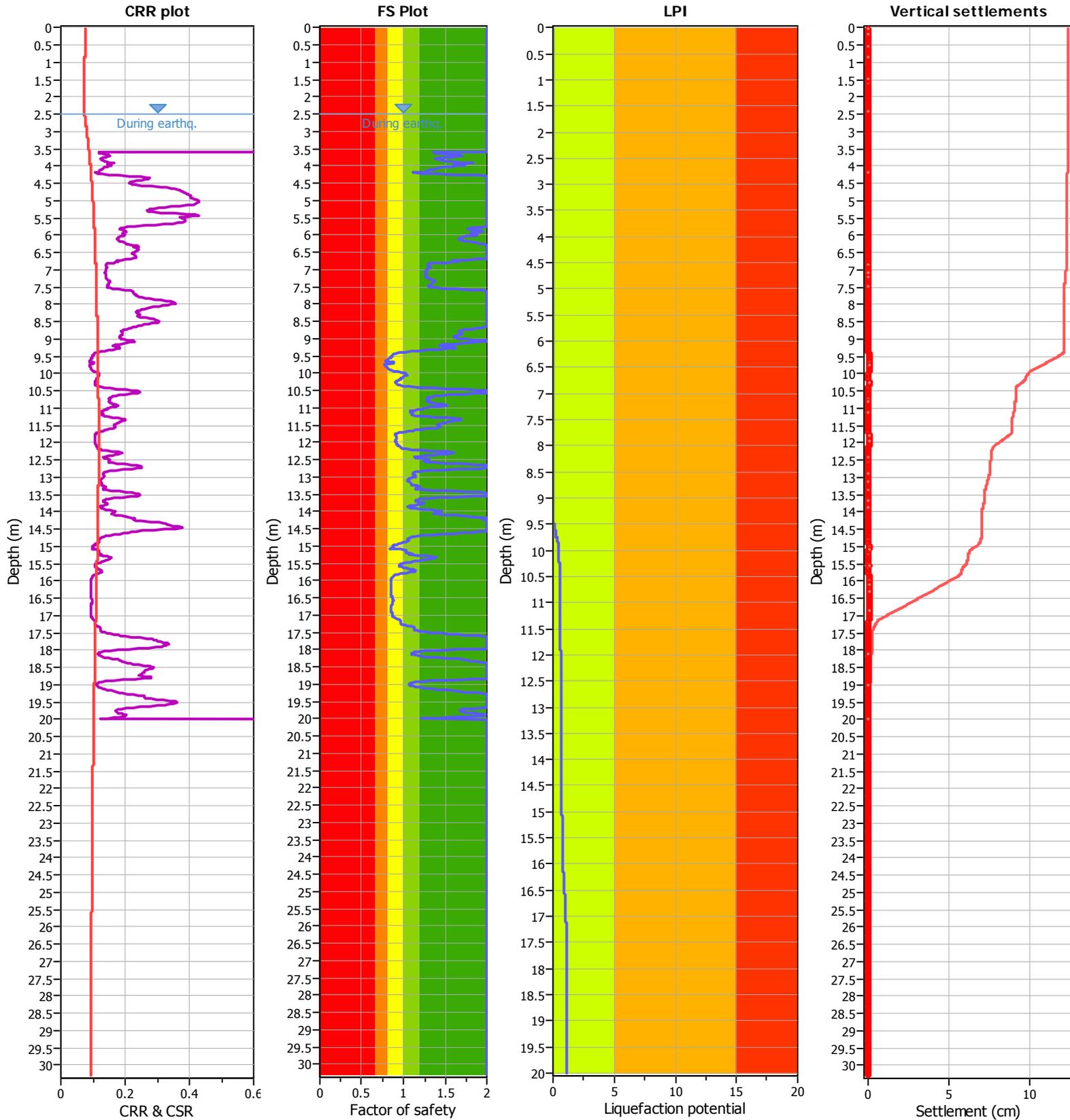
Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	6.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	2.50 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



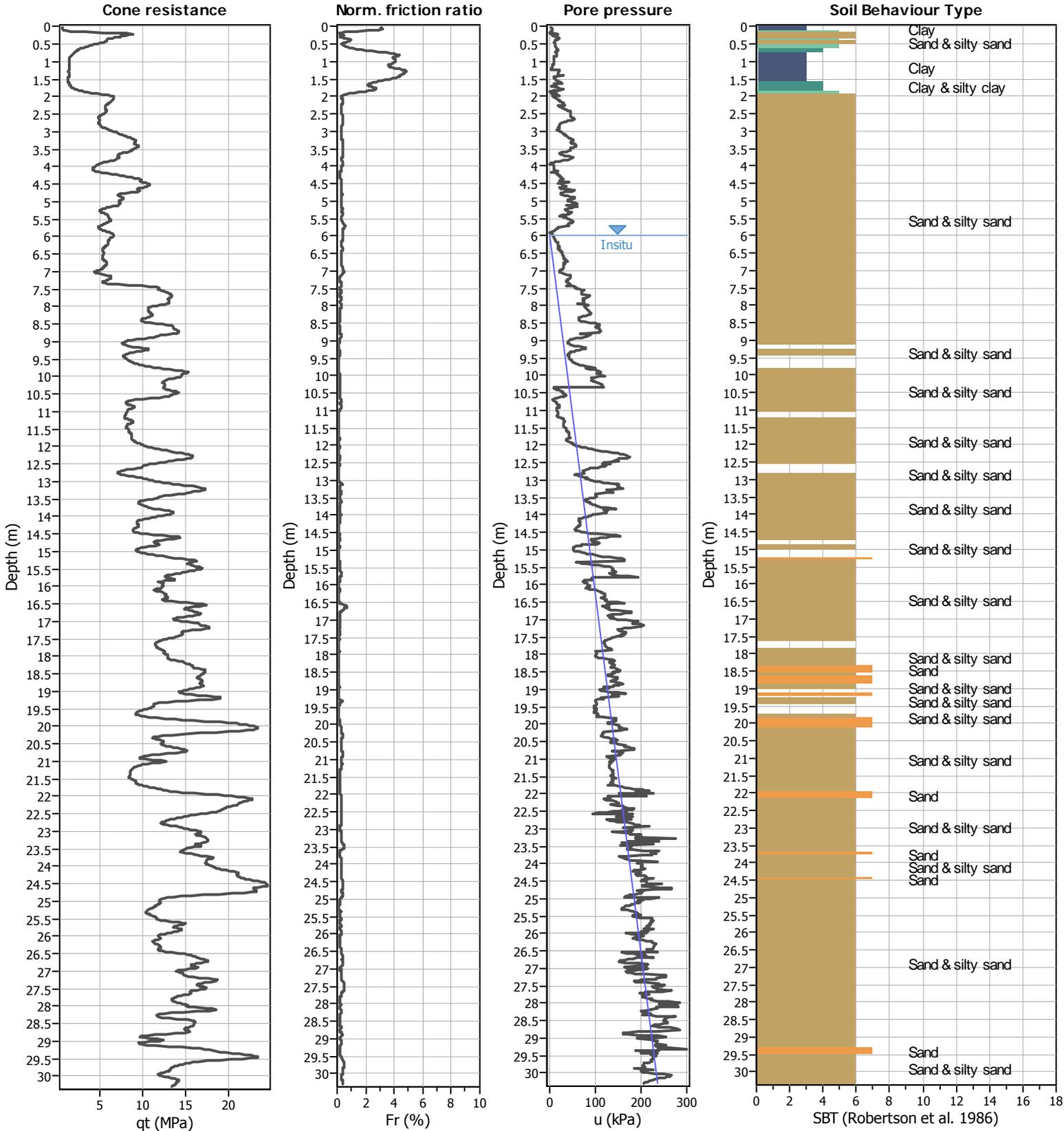
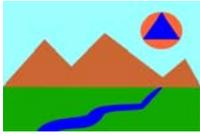
Studio Dr. Geol. Stefano Castagnetti
 via Argini Sud, 24
 43030 Basilicanova

Project: Verifica Liquefazione MS3 Roccabianca
 Location: Roccabianca (PR)

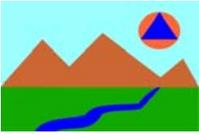
CPT: SCPTU 01
 Total depth: 30.30 m



Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	6.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	2.50 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



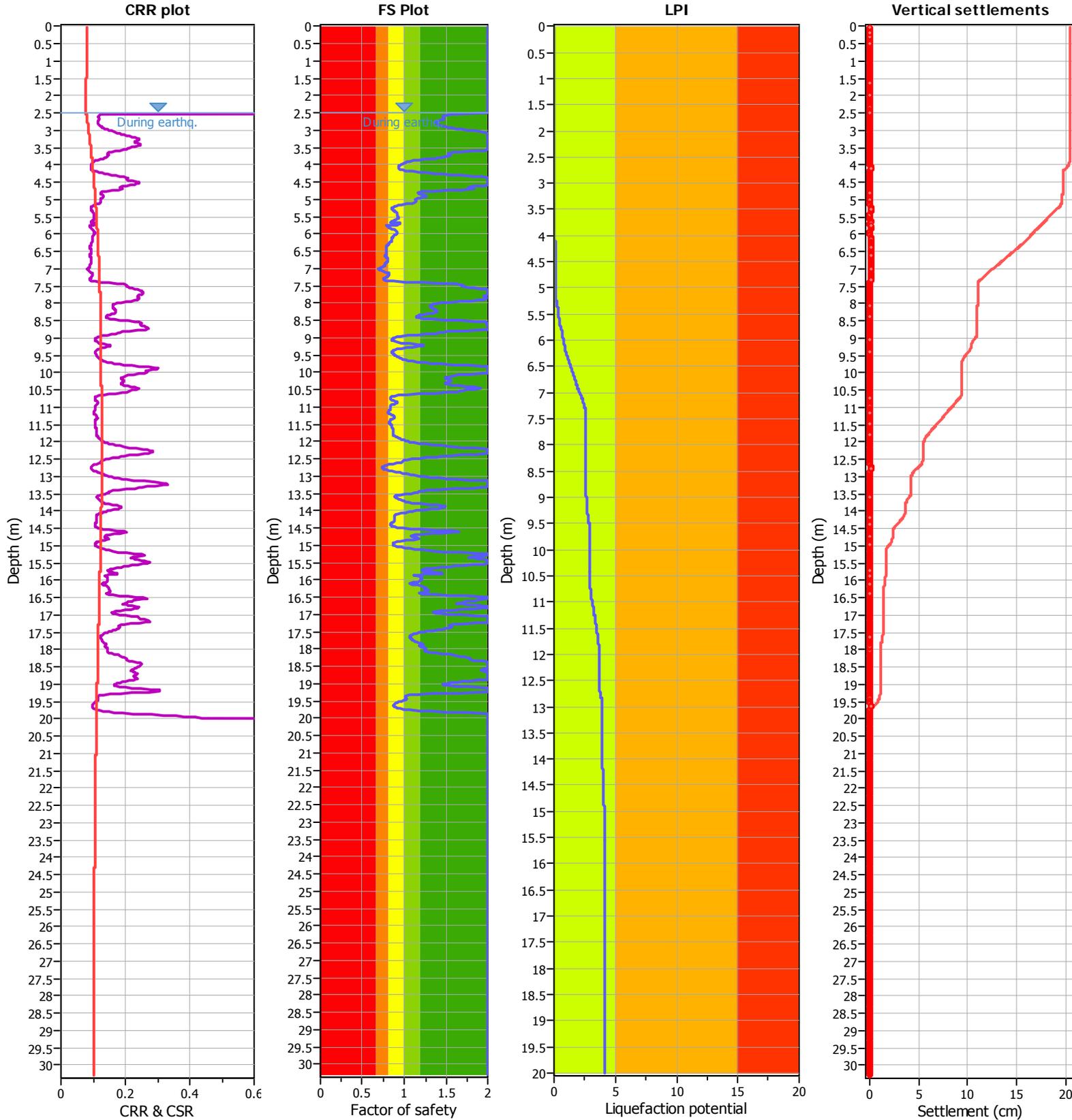
Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	6.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	2.50 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.17	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



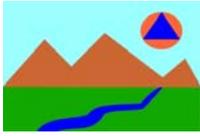
Studio Dr. Geol. Stefano Castagnetti
 via Argini Sud, 24
 43030 Basilicanova

Project: Verifica Liquefazione MS3 Roccabianca
 Location: Roccabianca (PR)

CPT: SCPTU 02
 Total depth: 30.30 m



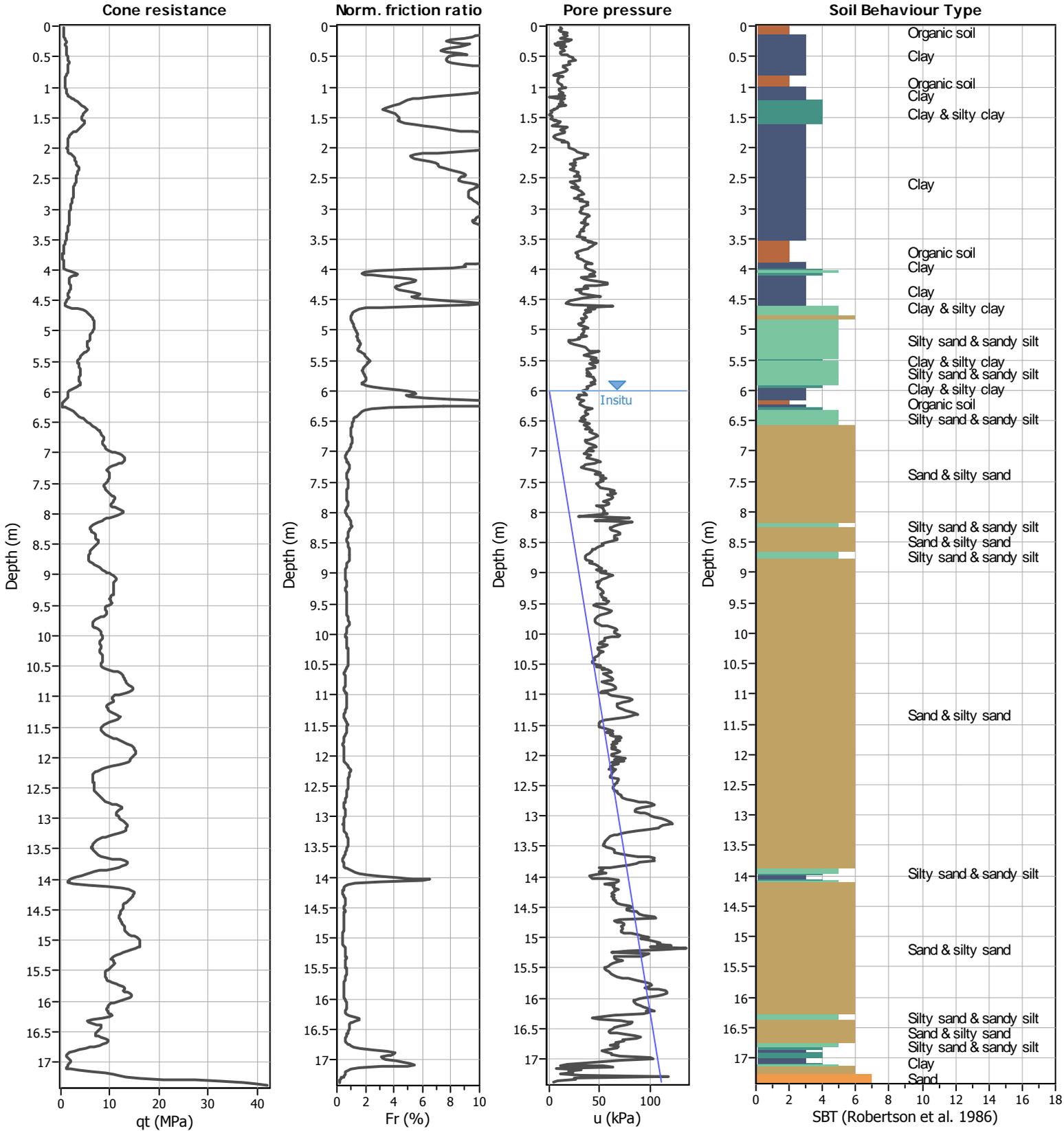
Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	6.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	2.50 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.17	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



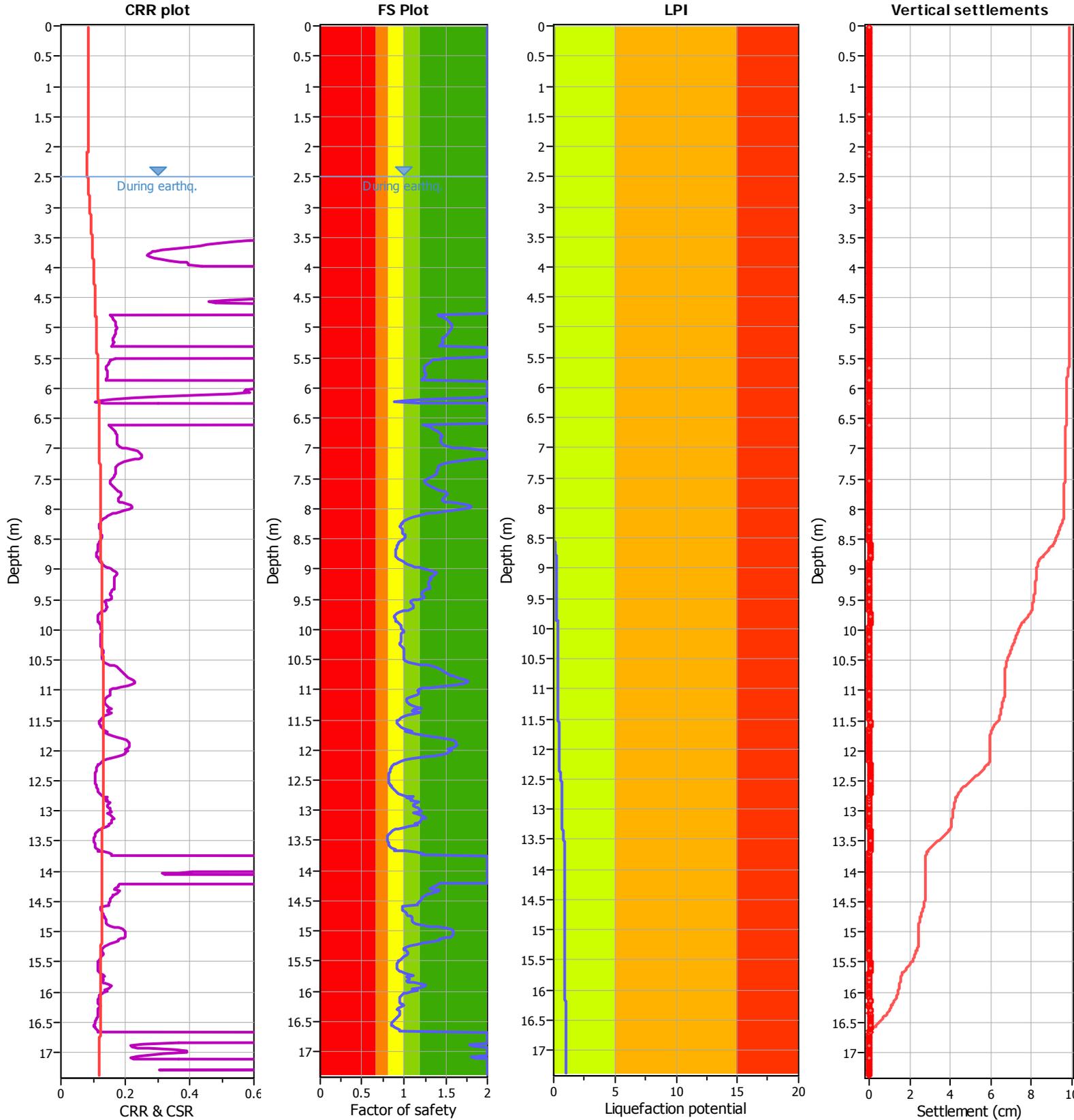
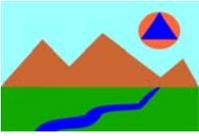
Studio Dr. Geol. Stefano Castagnetti
 via Argini Sud, 24
 43030 Basilicanova

Project: Verifica Liquefazione MS3 Roccabianca
 Location: Roccabianca (PR)

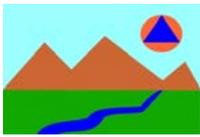
CPT: SCPTU 03
 Total depth: 17.38 m



Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	6.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	2.50 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.18	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



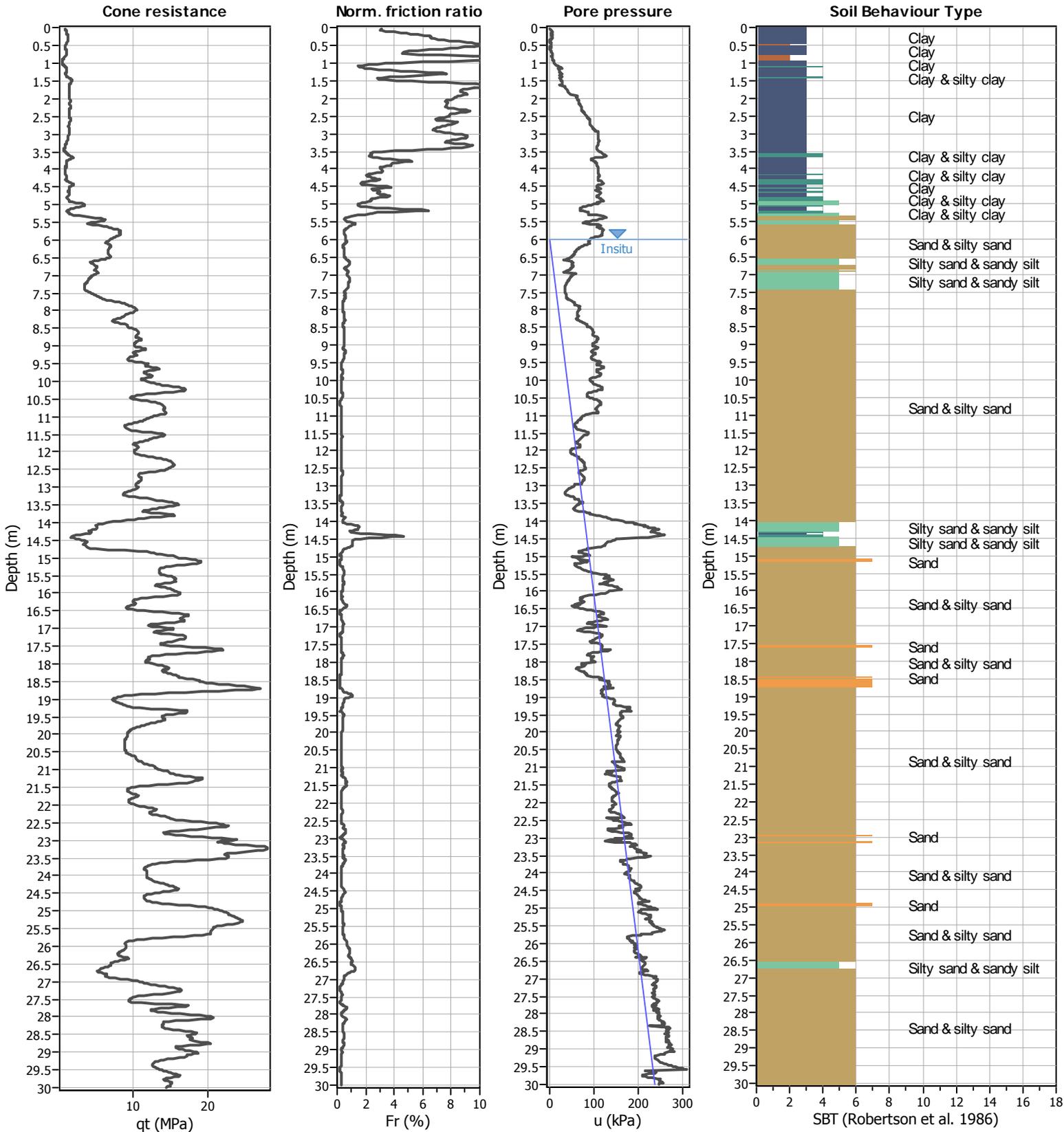
Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	6.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	2.50 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.18	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



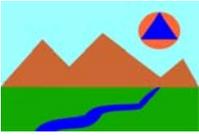
Studio Dr. Geol. Stefano Castagnetti
 via Argini Sud, 24
 43030 Basilicanova

Project: Verifica Liquefazione MS3 Roccabianca
 Location: Roccabianca (PR)

CPT: CPTU 2019
 Total depth: 30.00 m



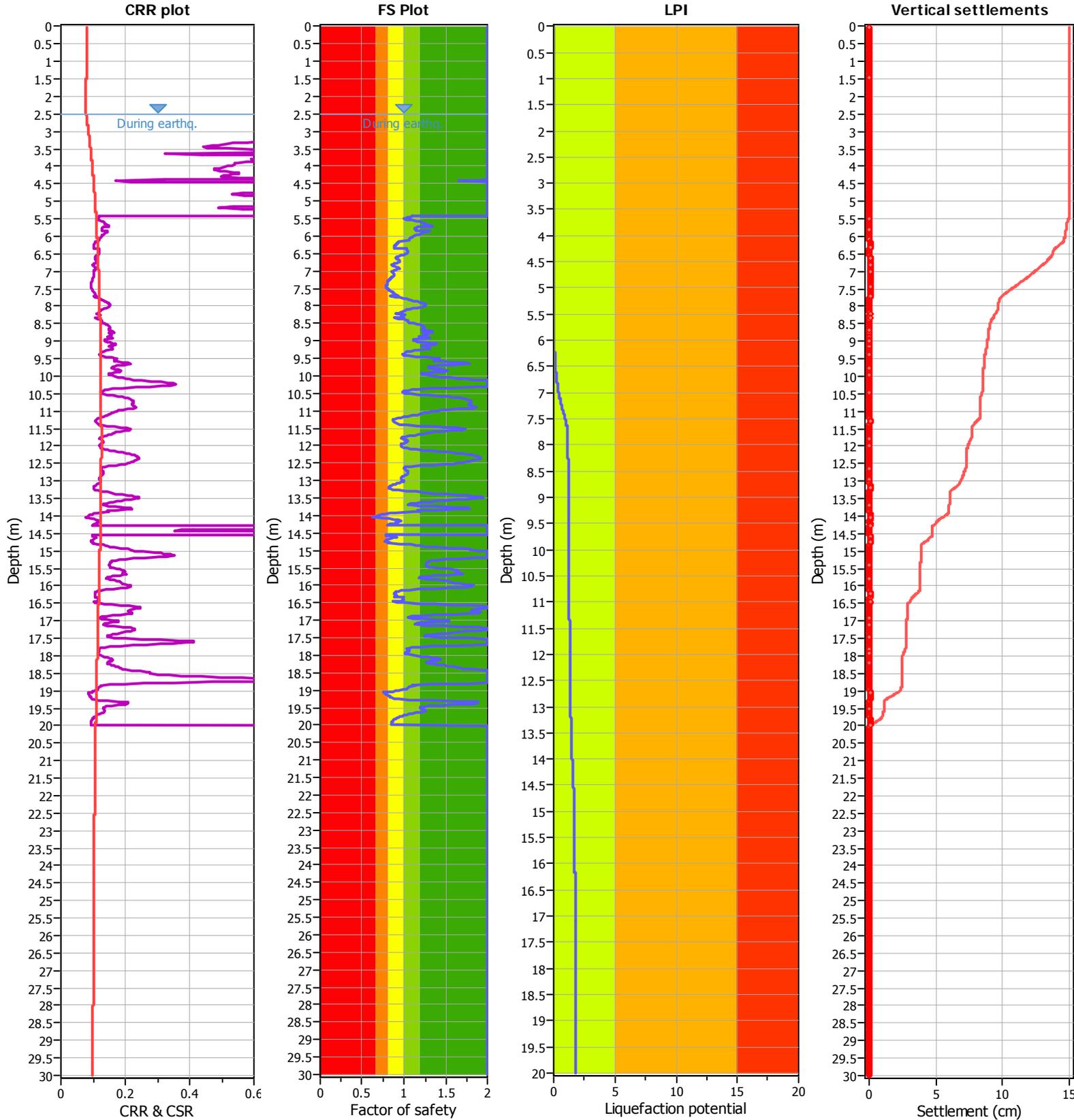
Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	6.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	2.50 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.17	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



Studio Dr. Geol. Stefano Castagnetti
 via Argini Sud, 24
 43030 Basilicanova

Project: Verifica Liquefazione MS3 Roccabianca
 Location: Roccabianca (PR)

CPT: CPTU 2019
 Total depth: 30.00 m



Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	6.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	2.50 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.17	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based