



Studio Servizi Tecnici
Settore geologia e ambiente

DOTT. GEOL. THOMAS VERONESE

Via Roma, 10

44021 CODIGORO (Ferrara)

Tel e fax. 0533 / 713798 cell. 335-5240380

E-mail: thomas.veronese@tin.it

**MODELLAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E ANALISI DI RISPOSTA
SISMICA LOCALE**

Comune Ferrara

Analisi dei terreni su cui sorge "Palazzo Ex Enel" sito in via Borgoricco a Ferrara(Fe) di corredo al PUA. Rif. Scheda POC 1ACS08-01; riferimenti catastali foglio 385 mappale 189 del comune di Ferrara (Fe).



Committente: MELIOR Valorizzazione Immobili s.r.l.

Sede in : via G. Negri n.10
20123 Milano (Mi)

S.S.T. SETTORE GEOLOGIA E AMBIENTE

Geotecnica; Studio terreni di fondazione; Stabilità dei versanti; Rilevamento geologico; Rilievi topografici; Geofisica - Contributi allo Studio di Impatto Ambientale; Assistenza alle pubbliche amministrazioni negli studi di fattibilità e di realizzazione dei P.R.G., cimiteri, discariche, piani attività estrattive, studi di acquiferi per la tutela e per l'utilizzo di risorse idriche sotterranee; subirrigazioni.

01 Ottobre 2015
Timbro
Thomas Veronese

INDICE:

1. PREMESSA	3
NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO	4
2. MODELLAZIONE GEOLOGICA.....	4
2.1. GEOLOGIA STRUTTURALE DELL'AREA	4
2.2. CARATTERI STRATIGRAFICI E LITOLOGICI.....	7
2.2.1 CAMPAGNA D'INDAGINI	7
2.2.2 MODELLO GEOLOGICO PROFONDO	16
2.3. CARATTERI GEOMORFOLOGICI.....	18
2.4. CARATTERI IDROGEOLOGICI.....	19
3. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI.....	20
3.1 DATI DI AUSILIO PER LA PROGETTAZIONE SISMICA.....	20
<i>Categoria di suolo</i>	20
<i>Azioni sismiche "Delibera Assemblea Legislativa n°112/2007 della Regione Emilia Romagna"</i>	24
<i>Magnitudo di progetto</i>	25
3.2. VERIFICA DELLA RESISTENZA ALLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE	25
3.3. CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI NEI TERRENI GRANULARI.....	29
4. MODELLAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI	30
4.1. MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO	30
4.2. LABORATORIO GEOTECNICO.....	33
4.2.1. ANALISI GRANULOMETRICA	33
4.2.2. LIMITI DI ATTERBERG.....	33
4.2.3. PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA	33
4.2.4. PROVA DI COLONNA RISONANTE.....	33
4.3. PROVE GEOFISICHE.....	36
5. ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE	38
5.1. ANALISI DELLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE SATURE	46

REPORT FOTOGRAFICO

FESE DI ESECUZIONE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON SISMOCONO



SCPTU1



SCPTU2

FESE DI ESECUZIONE SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO



1. PREMESSA

Su incarico della ditta Melior Valorizzazioni Immobili srl, con sede in via G. Negri n. 10 a Ferrara (Fe), si redige lo studio per ricostruire la modellazione geologica, geotecnica e analisi di risposta sismica locale per l'analisi dei terreni su cui sorge "Palazzo Ex Enel" sito in via Borgoricco a Ferrara (Fe) di corredo al PUA. Rif. Scheda POC 1ACS08-01; riferimenti catastali foglio 385 mappale 189 del comune di Ferrara (Fe).

In FIGURA 1.1 si riporta l'ubicazione dell'area di intervento.

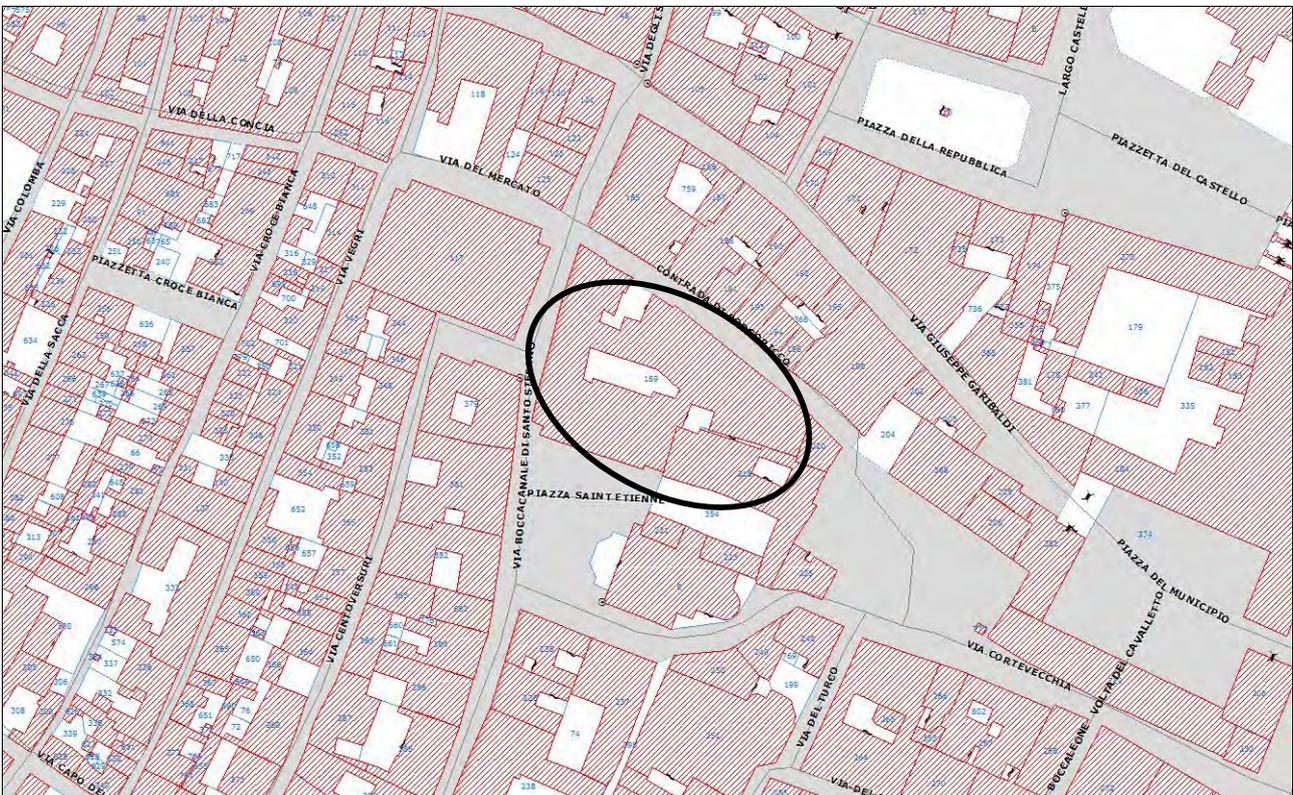


FIGURA 1.1 – Planimetria dell'area di intervento a Ferrara

Normativa e Raccomandazioni di riferimento

- Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008, suppl. ord. n. 30, che entrano in vigore il 6 marzo 2008.
- Circolare Applicativa n°617 del 02/02/2009 alle NTC/2008.
- Delibera Assemblea Legislativa n°112/2007 della Regione Emilia Romagna "Atto di Indirizzo e coordinamento tecnico" per gli studi di microzonizzazione sismica.
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)
"Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche (giugno 1977).
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)
"Raccomandazioni sui pali di fondazione (dicembre 1984)".
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)
"Aspetti geotecnici nella progettazione in zona sismica (Edizione Provvisoria, marzo 2005)".
- C.N.R. UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione.
Eurocode EC-7: Geotechnics, design – dicembre 1987.
- C.N.R. UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione.
Eurocode EC-8: Design provisions for earthquake resistance of structures – ottobre 1994.

2. MODELLAZIONE GEOLOGICA

2.1. GEOLOGIA STRUTTURALE DELL'AREA

La Pianura Padana è un'area a basso rilievo morfologico ricoperta da un ingente spessore di sedimenti terrigeni Plio-Pleistocenici.

A grande scala, nella Pianura Padana si distinguono a nord le pieghe del Subalpino e, nella parte meridionale, tre strutture principali ad arco, costituite dai thrust più avanzati della catena appenninica. Da ovest a est: l'arco del Monferrato, l'arco Emiliano (Mirandola) e l'arco di Ferrara. Quest'ultimo si può suddividere in tre gruppi minori: le pieghe ferraresi, le pieghe romagnole e più a est le pieghe adriatiche, che costituiscono il vero fronte esterno (sepolto) della catena appenninica. L'arco ferrarese è sepolto al disotto di una sequenza Plio-Pleistocenica terrigena che copre la successione carbonatica mesozoica, che costituisce la vera ossatura dell'Appennino.

Nella FIGURA 2.1 viene riportata la mappa geologico-strutturale, dove si possono notare le principali strutture tettoniche sepolte in Pianura Padana.

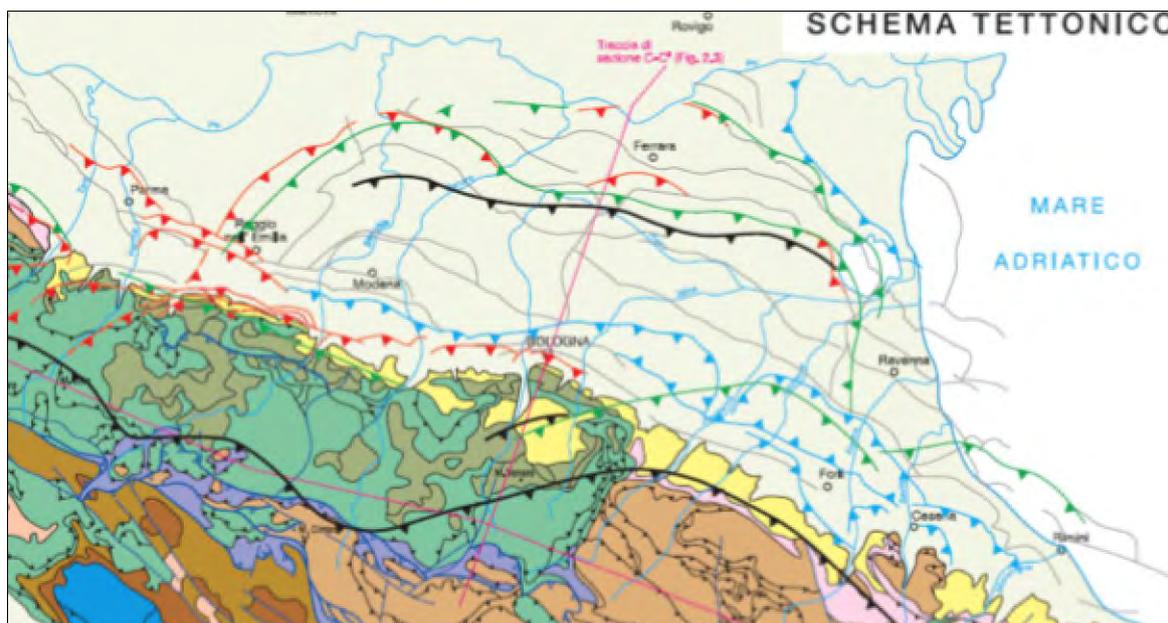


FIGURA 2.1 - Mappa geologico-strutturale della Pianura Padana

Nella FIGURA 2.2 si riporta la sezione geologica passante per Occhiobello, Fiume Po, e Poggio Renatico, in cui si possono apprezzare gli spessori dei sedimenti del Quaternario sopra i pliocenici medio superiore, che coincide con il passaggio dai sedimenti sciolti a quelli litificati o pseudolitificati.

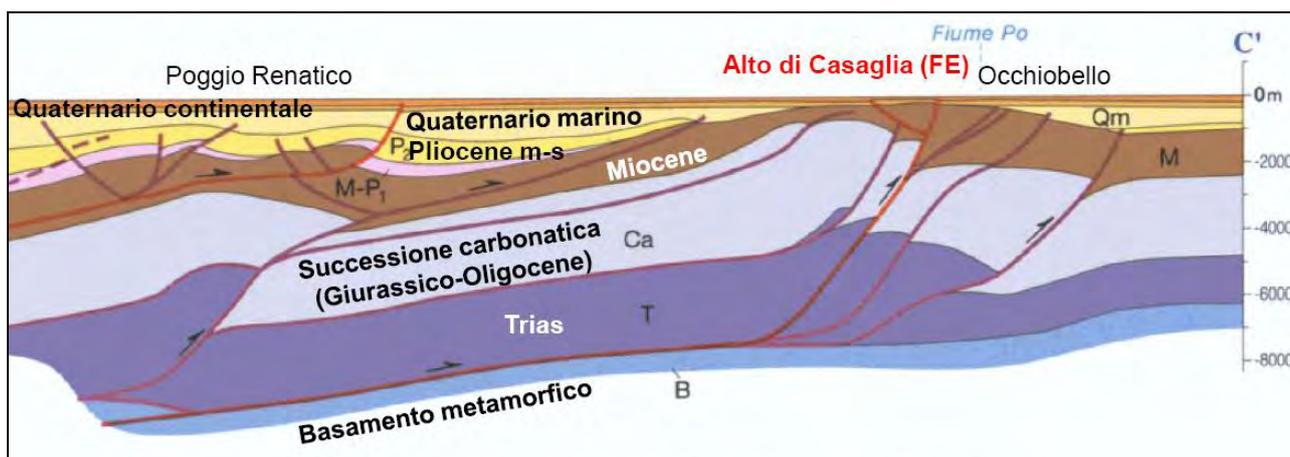


FIGURA 2.2 – Principali strutture del substrato della Padania; ben visibile in sezione la Dorsale Ferrarese.

Nella FIGURA 2.3 viene riportata la Carta Strutturale della Pianura Padana, con le Pieghe Ferraresi dell'Appennino sepolto (Pieri & Groppi, 1981, CNR, 1992) con visibili le varie strutture sepolte e le faglie e sistemi trascorrenti attivi e non attivi, che sono all'origine della nuova attribuzione alla Zona sismica 3, in cui il comune di Ferrara è stato inserito nella OPCM 3274/2003.

Come si può notare a Ferrara, nel substrato roccioso, posto a profondità di poche centinaia di metri, sono presenti sistemi di faglie dovute a sovrascorrimenti e a fronti di accavallamento, classificate come riattivate e come soggette a possibili riattivazioni.

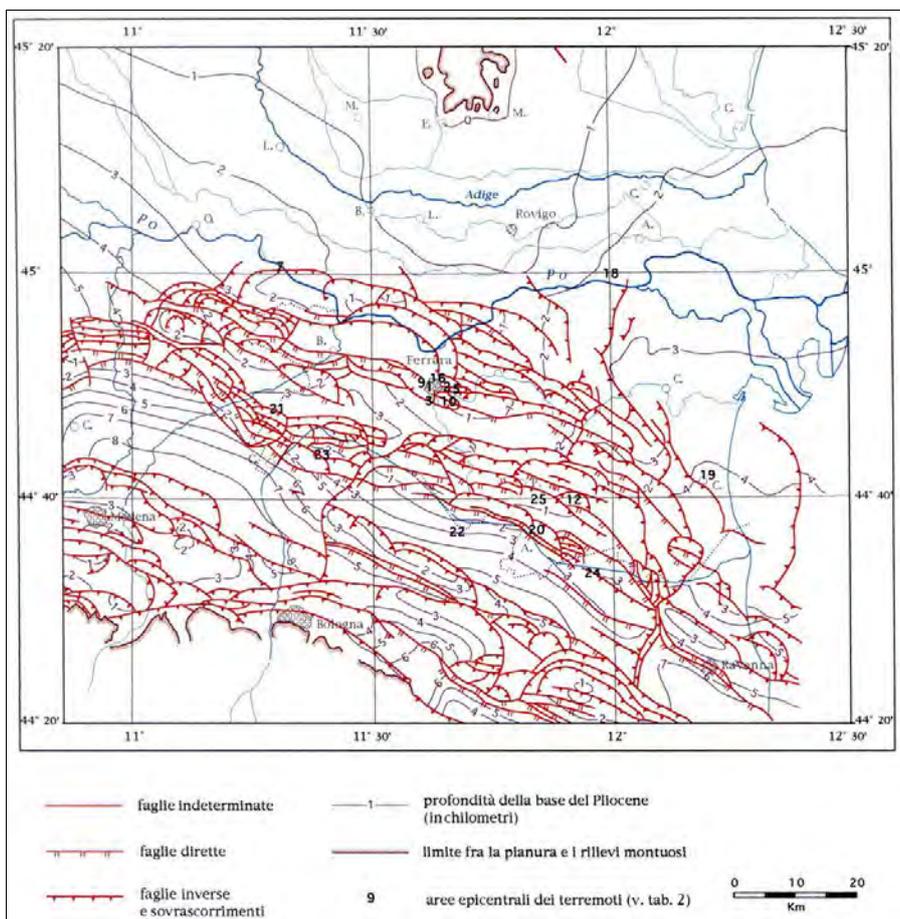


FIGURA 2.3 – Carta strutturale della Pianura Padana orientale (Pieri e Groppi, 1981, CNR,1992)

Si fa inoltre presente che tutto il territorio comunale di Ferrara ricade all'interno della zona sismogenetica 912 (FIGURA 2.4), in particolare sulla Dorsale Ferrarese, dunque è potenzialmente sede epicentrale di eventi sismici.

La zonizzazione sismica ZS9 pone come magnitudo attesa massima nella zona sismogenetica 912 il valore di $M = 6,14$.

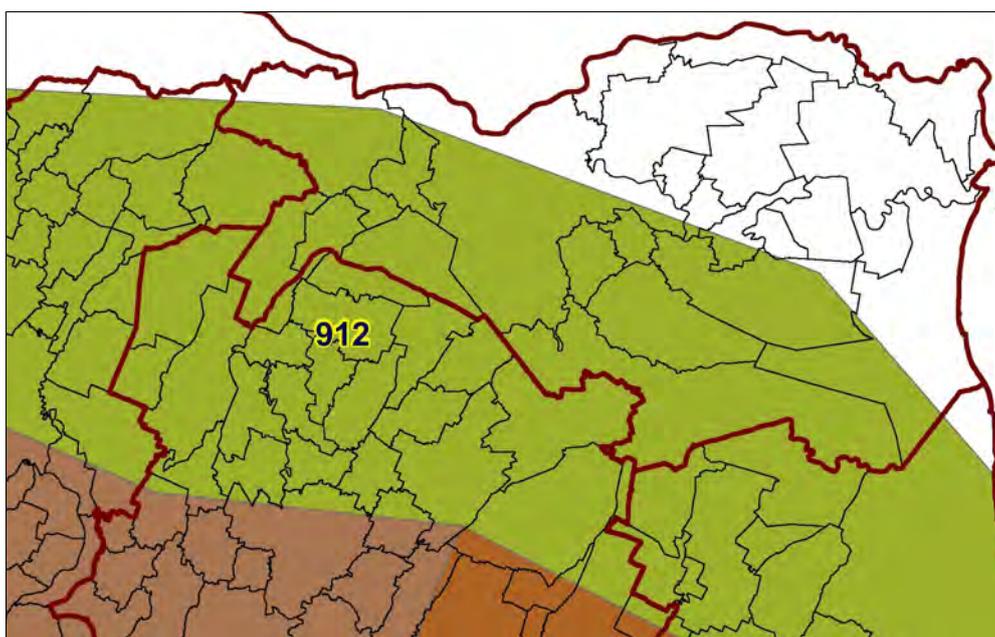


FIGURA 2.4 - Mappa delle aree sismogenetiche dell'Italia Settentrionale

2.2. CARATTERI STRATIGRAFICI E LITOLOGICI

La formazione dell'ambiente, nella sua configurazione attuale, è relativamente recente e consegue a ripetute variazioni dei rapporti di equilibrio tra livello del mare, apporti solidi dei corsi d'acqua, entità di subsidenza e, non ultimo, l'intervento umano. Nell'attuale configurazione fisica del territorio sono riconoscibili le tracce sia della sua evoluzione naturale che quella operata dall'uomo. Tra le più evidenti e più importanti nel disegnare l'assetto morfologico si possono elencare i paleoalvei, i coni di esondazione, i cordoni dunari testimoni della veloce progradazione verso est della linea di costa, ed infine si individuano quelle aree particolarmente depresse che erano sede di bacini palustri. Per ogni struttura geomorfologica corrisponde, in linea di massima, una caratteristica classe litologica; la granulometria e la storia tensionale, strettamente legata alla storia geologica, ne condizionano le caratteristiche meccaniche ed idrauliche.

Generalmente i sedimenti che si rilevano in questa zona del comune di Ferrara sono di tipo alluvionale.

I depositi possono essere di canale ed argine prossimale con sedimenti ad alta energia idrodinamica e di canale distale con sedimenti a bassa energia idrodinamica.

2.2.1 CAMPAGNA D'INDAGINI

Per la validazione del modello geologico è stata eseguita una campagna di indagine per la ricostruzione di un modello tridimensionale del terreno che permetta di definire al meglio la stratigrafia del sottosuolo dell'area in esame, consistente in 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e sismocono SCPTU1 e SCPTU2, con rif. U10-12 spinte rispettivamente fino alla profondità di -30,08 m da p.c. e -32,70 m da p.c..

Successivamente è stato realizzato un sondaggio a carotaggio continuo S1 spinto fino alla profondità di -40,00m da p.c. e un sondaggio a carotaggio continuo S2 spinto fino alla profondità di -4,00m da p.c. con particolare riguardo per i terreni superficiali di riporto per redigere l'analisi di risposta sismica locale così come prescritto nella scheda del POC.

Nei sondaggi realizzati in sito si sono prelevati campioni indisturbati e rimaneggiati da sottoporre ad analisi di laboratorio geotecnico.

In FIGURA 2.5 si riporta uno stralcio catastale della provincia di Ferrara con l'ubicazione delle indagini eseguite in sito.

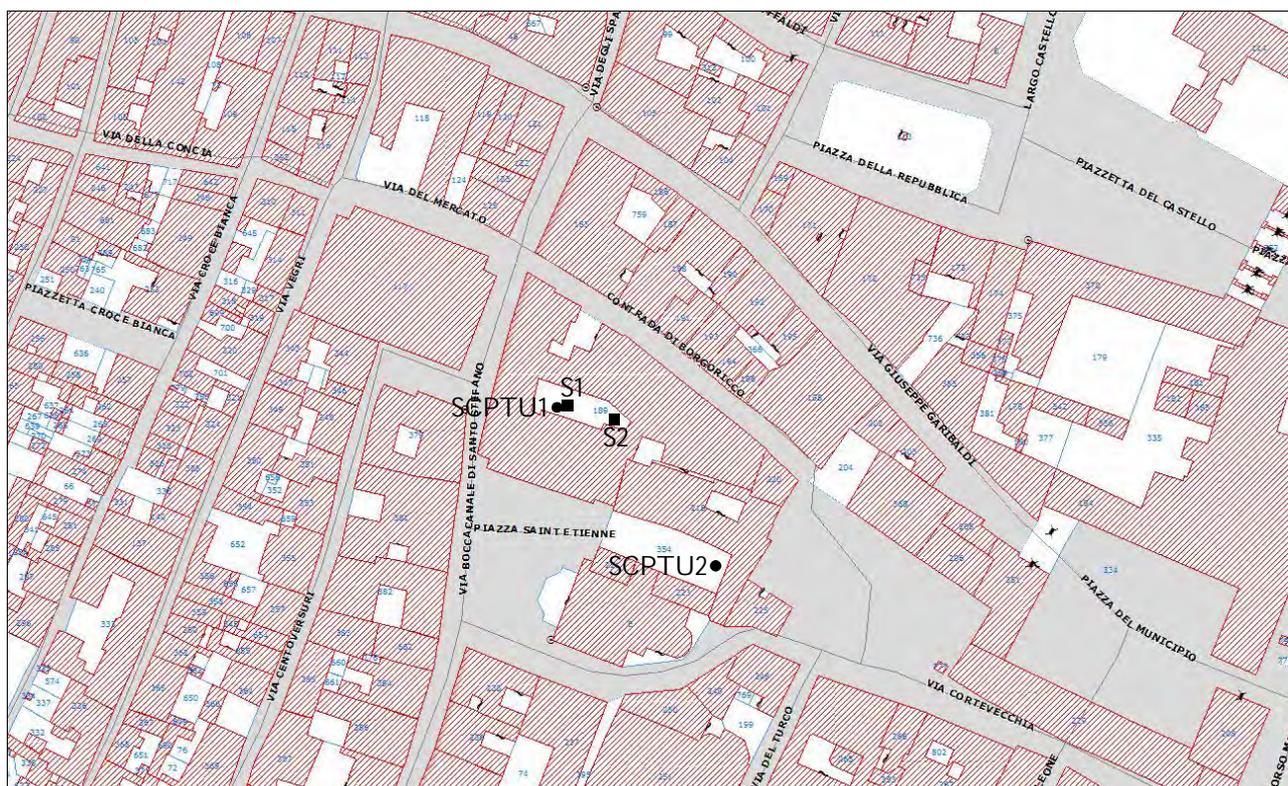


FIGURA 2.5 – Stralcio catastale con ubicazione indagini

I punti investigati con le 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e sismocono SCPTU1 e SCPTU2 rilevano:

SCPTU1

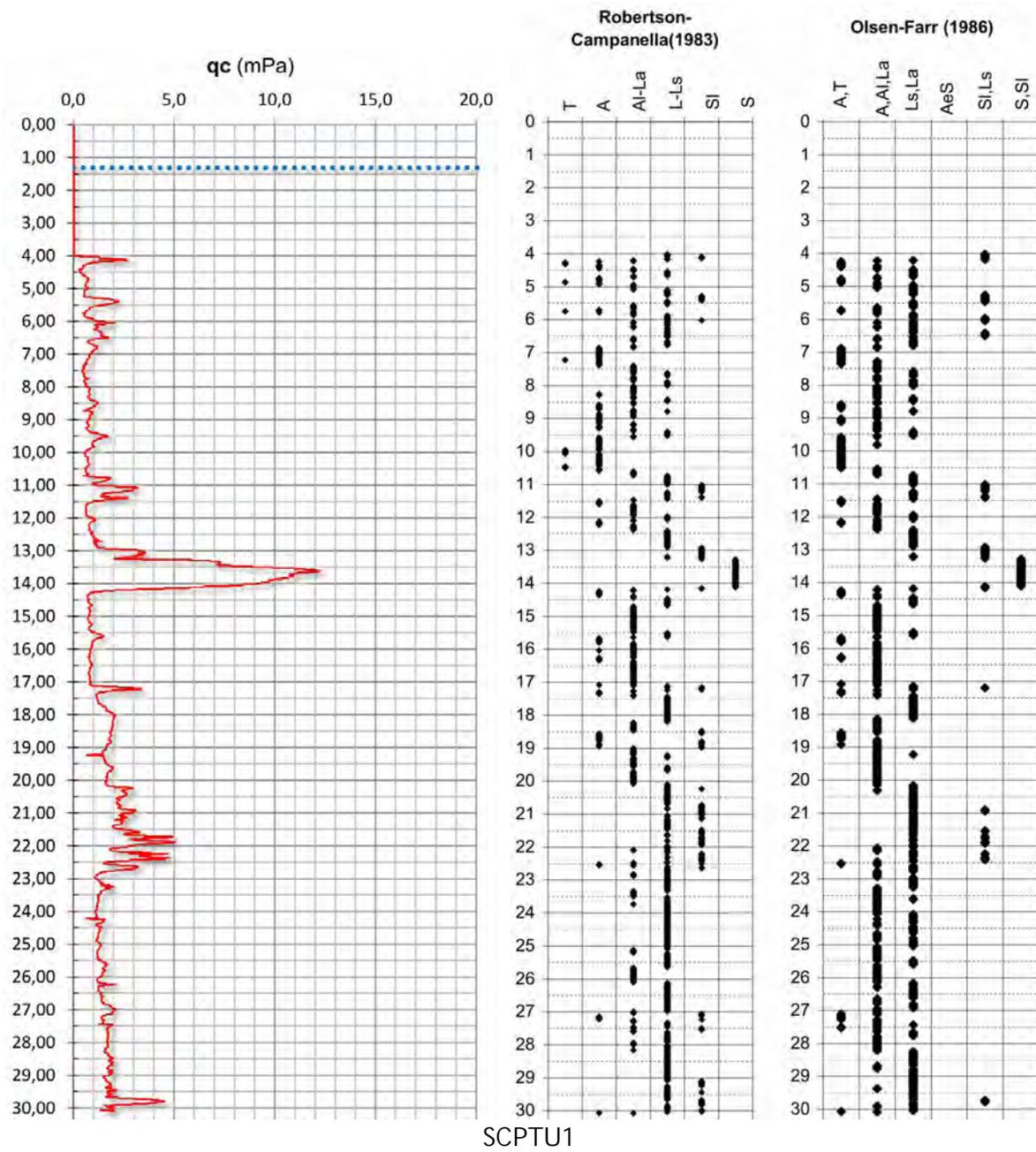
DA	A	qcm	litol.	consistenza ed addensamento
m	m	MPa	(-)	
0,0	4,0	0,00	RIP	
4,0	7,0	0,96	Al-La	moderatamente consistente
7,0	10,8	0,78	A	moderatamente consistente
10,8	11,5	1,83	SI	sciolta
11,5	12,9	0,86	Al-La	consistente
12,9	14,3	6,65	SI	moderatamente addensata
14,3	17,1	0,85	Al-La	moderatamente consistente
17,1	22,8	2,16	SI-Is	poco addensata
22,8	29,7	1,48	Al-Ia	consistente
29,7	30,0	3,03	SI	poco addensata

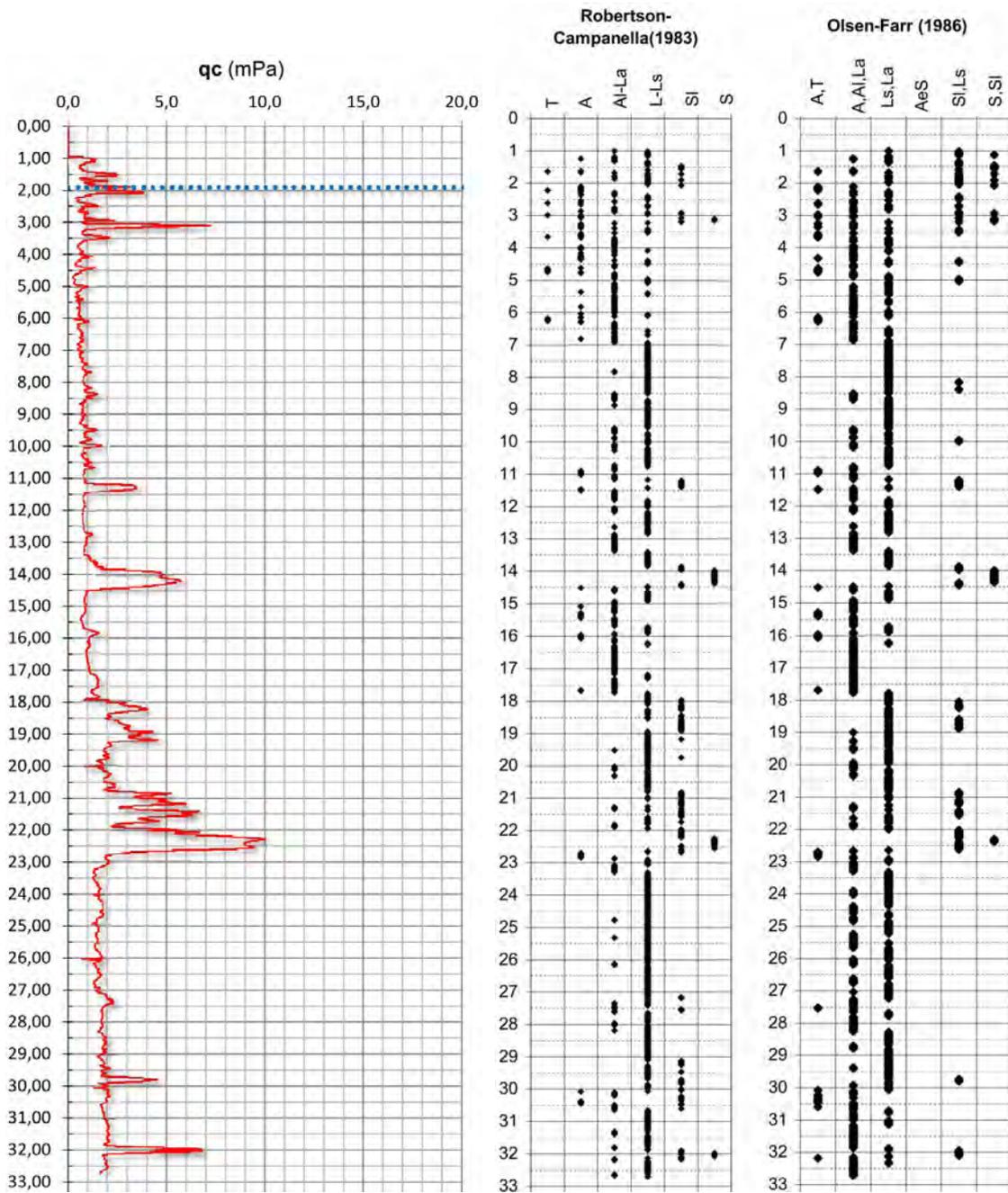
SCPTU2

DA	A	qcm	litol.	consistenza ed addensamento
m	m	MPa	(-)	
0,0	1,0	0,02	RIP	
1,0	3,6	1,35	SI-Is	poco addensato
3,6	11,1	0,72	Al-La	moderatamente consistente
11,1	11,5	2,10	SI	poco addensata
11,5	13,5	0,83	Al-La	moderatamente consistente
13,5	14,5	3,29	SI	poco addensata
14,5	18,0	1,07	Al-La	consistente
18,0	23,2	3,48	SI	poco addensata
23,2	29,7	1,60	Al-Ia	consistente
29,7	30,0	3,04	SI	poco addensata
30,0	31,8	1,92	Al-La	consistente
31,8	32,1	4,16	SI	moderatamente addensata
32,1	32,7	1,89	Al-Ia	consistente

Legenda Litologia

RIP	Riporto
T	Torba
A	Argilla
AL-La	Argilla Limosa - Limo Argilloso
L-Ls	Limo - Limo Sabbioso
SI	Sabbia Limosa
S	Sabbia





SCPTU2

Diagrammi di resistenza e valutazioni litologiche delle prove

I due sondaggi a carotaggio continuo sono schematizzati nelle schede seguenti.

Dott. Geol. Thomas Veronese Via Romea, 80 44023 Vaccolino (FE)			Inizio Esecuzione 09/09/2015	Fine Esecuzione 10/09/2015	Metodo Perfor. Carotaggio continuo	Sondaggio S1								
Committente Melior Valorizzazione Immobiliari srl					Località Ferrara									
Campioni Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimaneggiati [R] Denison [D] Osterberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]			Foto		Livello Acqua		Prof. Foro	Prof. Riv.	Assistente T. Veronese					
Data 09-09-15					Mt. p.c. 5.15		40		Operatore Elletipi					
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P. kg/cm2	T.V. kg/cm2	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro
			tipo	num	PROF					R.Q.D.	N1	N2		
1	.15					Soletta in CLS								
	.35					Stabilizzato granulometrico composto da ghiaia sabbia e limo								
2						Limo argilla e sabbia e abbondanti clasti di laterizio e calcinacci marrone scuro								
	2.40					Sabbia limosa con clasti di laterizio sciolta nocciola chiaro								
3	3.00					Perso carota								
	4.00					Limo argilloso sabbioso sciolto di colore nocciola								
4	4.80					Limo sciolto grigio verde								
	5.20					Argilla limosa moderatamente consistente grigio verde	0.80	0.44				5.15		
5	5.40					Limo sabbioso fine sciolto grigio								
	5.90					Limo argilloso sciolto grigio								
6	6.05					Argilla debolmente limosa con abbondanti screziature rossastre e puntinature con noduli a calcinelle consistente	1.40	0.64						
	6.80					Limo argilloso sabbioso sciolto grigio verde	1.50	0.84						
7	7.50					Limo argilloso sabbioso sciolto grigio verde	1.40	0.60						
	8.10					SH1	0.60	0.30						
8						Argilla debolmente limosa moderatamente consistente grigio verde	0.60	0.28						
	10.20						1.40	0.76						
9							1.50	0.68						
							1.40	0.80						
							1.30	0.60						

Dott. Geol. Thomas Veronese Via Romea, 80 44023 Vaccolino (FE)			Inizio Esecuzione 09/09/2015	Fine Esecuzione 10/09/2015	Metodo Perfor. Carotaggio continuo	Sondaggio S1								
			Quota p.c.		Attrezzo									
Committente Melior Valorizzazione Immobiliari srl					Località Ferrara									
Campioni Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimaneggiati [RI] Denison [D] Osterberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]			Foto		Livello Acqua	Prof. Foro	Prof. Riv.	Assistente T. Veronese						
					Data 09-09-15	Mt. p.c. 5.15	40	Operatore Elletipi						
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro
			tipo	num	PROF					R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm2		
11	10.20					Argilla debolmente limosa moderatamente consistente grigio verde	1.40	0.68						
	10.40						0.90	0.46						
	10.50					Torba marrone								
12	11.20					Argilla debolmente limosa moderatamente consistente grigio	0.60	0.34						
	11.70					Limo argilloso sciolto grigio verde	0.60	0.38						
	12.10					Argilla debolmente limosa moderatamente consistente grigio verde	0.60	0.40						
13	12.20						0.80	0.45						
	13.00					Argilla torbosa moderatamente consistente grigio marrone	1.00	0.38						
						Argilla debolmente limosa moderatamente consistente grigio verde								
14	14.00					Limo argilloso debolmente sabbioso sciolto	0.80	0.42						
						Sabbia media moderatamente addensata grigia micacea	1.00	0.64						
						Argilla limosa con rari livelli centimetrici di torba moderatamente consistente grigio chiara	0.70	0.36						
15	15.00													
	15.70					SH2								
16	16.50					Perso carota								
17						Argilla organica con frustoli vegetali e resti di gusci calcarei consistente grigio nerastra	1.20	0.57						
	17.50						1.10	0.60						
18							0.90	0.50						
							1.90	1.00						
							2.00	1.18						
						Argilla debolmente limosa con noduli a calcinelle molto consistente grigio verde	2.30	1.20						
							2.00	1.28						
19							1.80	0.88						
	19.50													
	20.20													

Dott. Geol. Thomas Veronese Via Romea, 80 44023 Vaccolino (FE)			Inizio Esecuzione 09/09/2015	Fine Esecuzione 10/09/2015	Metodo Perfor. Carotaggio continuo	Sondaggio S1								
Committente Melior Valorizzazione Immobiliari srl					Località Ferrara									
Campioni Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimaneggiati [R] Denison [D] Osterberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]			Foto		Livello Acqua		Prof. Foro	Prof. Riv.	Assistente T. Veronese					
Quota p.c.					Attrezzo									
Data 09-09-15					Mt. p.c. 5.15		40		Operatore Elletipi					
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro
			tipo	num	PROF					R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm2		
21	20.20					SH3								
	21.00					Limo poco addensato grigio verde	2.50 2.20	0.48 0.56						
22	21.70					Perso carota								
	22.30					Argilla limosa consistente grigia	1.50	0.64						
23	22.50					Argilla torbosa marrone								
	23.30					Limo argilloso poco addensato grigio scuro								
24	24.40					Argilla limosa consistente grigio chiara	1.20 1.00	0.56 0.49						
	25.30					Argilla limosa consistente grigio scura	1.00	0.36						
25	25.70					Argilla debolmente limosa consistente grigio verde	0.90	0.45						
	26.10					Argilla e limo consistente grigio verde	1.20 1.50	0.66 0.82						
26	26.80					Argilla debolmente limosa consistente grigio verde	1.40	0.74						
	27.00					Argilla torbosa consistente grigio nerastra	1.00	0.36						
27	27.50					Argilla debolmente limosa consistente grigio verde	1.00	0.50						
	28.40					Argilla debolmente limosa con abbondanti noduli a calcinelle consistente	1.90	1.40						
28	28.50					Argilla torbosa consistente grigio nerastra	1.30	0.82						
	29.20					Argilla debolmente limosa con abbondanti noduli a calcinelle consistente	1.90	1.20						
29	29.50					Argilla debolmente limosa consistente nocciola	2.00	0.90						
						Argilla limosa consistente nocciola	1.50	0.48						
						SH4	1.40	0.74						
							2.10	1.08						
							3.00	1.60						
							3.00	1.40						
							1.40	0.96						
							1.70	0.94						

Dott. Geol. Thomas Veronese Via Romea, 80 44023 Vaccolino (FE)			Inizio Esecuzione 09/09/2015	Fine Esecuzione 10/09/2015	Metodo Perfor. Carotaggio continuo	Sondaggio S1								
Committente Melior Valorizzazione Immobiliari srl					Località Ferrara									
Campioni Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimanezziali [RI] Derison [D] Osterberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]			Foto		Livello Acqua		Prof. Foro	Prof. Riv.	Assistente T. Veronese					
					Data 09-09-15	ML p.c. 5.15	40	Operatore Elletipi						
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P. kg/cm ²	T.V. kg/cm ²	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro
			tipo	num	PROF					N1	N2	N3		
31						Argilla debolmente limosa da consistente a molto consistente grigio verdastra	1.80	1.00						
							2.10	1.28						
							2.00	1.16						
							2.10	0.90						
32							2.80	1.80						
							2.80	1.80						
							3.20	1.52						
33							1.80	0.62						
							2.30	1.08						
	33.40													
34						Fitta alternanza di limi argillosi sciolti e argille limose consistenti grigio verdastre	1.60	0.72						
							1.50	0.78						
	34.70													
35	35.00 35.10 35.20					Sabbia fine moderatamente addensata grigia								
						Sabbia fine limosa debolmente argillosa grigia								
						Limo argilloso sabbioso grigio								
36														
37														
38						Sabbia fine limosa e sabbia media grigia								
39														
	40.00													

SONDAGGIO S1

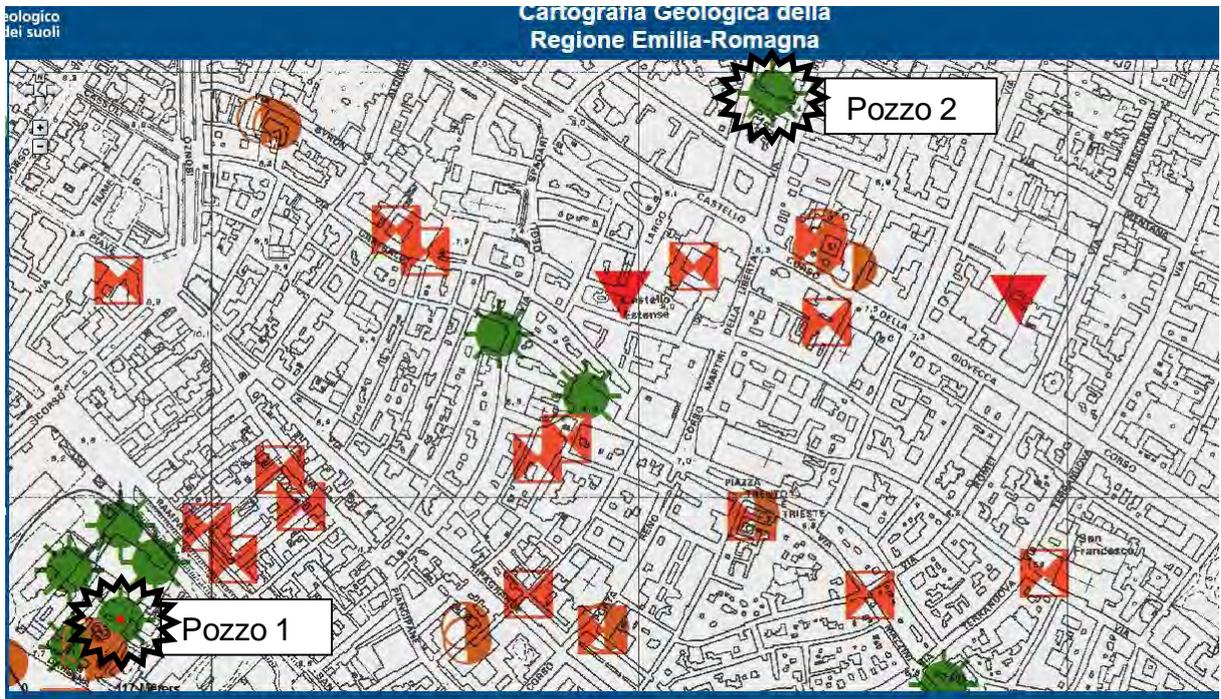
Dott. Geol. Thomas Veronese Via Romea, 80 44023 Vaccolino (FE)			Inizio Esecuzione 11/09/2015	Fine Esecuzione //	Metodo Perfor. Carotaggio continuo	Sondaggio S2								
			Quota		Attrezzo									
Committente Melior Valorizzazione Immobiliari srl					Località Ferrara									
Campioni Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimaneggiati [R] Denison [D] Osterberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]			Foto		Livello Acqua	Prof. Foro	Prof. Riv.	Assistente L. Lunghi						
					Data 11-09-15	Mt. p.c.	5.15	Operatore Elletipi						
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro
			tipo	num	PROF					R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm2		
1	.15					Soletta in CLS e pavimentazione								
	1.00					Sabbia limosa con abbondanti clasti di laterizio sciolta grigio marrone -alla base blocco di CLS di 10 cm								
2	2.00					Fango limoso sabbioso con clasti di laterizio e resti lignei sciolto grigio scuro nero								
	2.20					Limo argilloso sabbioso								
3	2.60					Fango limoso argilloso sabbioso con clasti di laterizio sciolto grigio scuro nero con resti lignei								
	3.00					Limo argilloso sabbioso con abbondanti resti lignei e ossa organico sciolto								
	3.60					Carota persa								
4	4.10					SH5								

SONDAGGIO S2

Da queste indagini e dalla fotointerpretazione aerea di immagini fotografiche in B/N del sito, si possono ricostruire i caratteri geomorfologici del sito.

2.2.2 MODELLO GEOLOGICO PROFONDO

Per la ricostruzione del modello geologico profondo si è fatto ricorso alla banca dati regionale, e si è reperita la stratigrafia attendibile di due pozzi per acqua perforati nel centro storico di Ferrara. In FIGURA 2.6. è riportata l'ubicazione dei due pozzi, la cui stratigrafia è ritenuta valida dallo scrivente.



Profondità		Colonna Stratigr.	Descrizione litologica	Interpretazioni	Quota tetto
Da m	A m				
0.00	20.00		ARGILLA		
20.00	39.00		SABBIA		
39.00	62.00		ARGILLA SABBIOSA		
62.00	85.00		SABBIA		
85.00	94.00		ARGILLA		
94.00	120.00		SABBIA		
120.00	130.00		ARGILLA		

pozzo 1

Profondità		Colonna Stratigr.	Descrizione litologica	Interpretazioni	Quota tetto
Da m	A m				
0.00	46.00		SABBIA		
46.00	66.00		ARGILLA		
66.00	88.00	I	SABBIA		
88.00	100.00		ARGILLA		
100.00	125.00	II	SABBIA		

pozzo 2

FIGURA 2.6. - Ubicazione pozzi e loro stratigrafia

Queste stratigrafie sono coerenti con quanto riportato nella sezione 093, ricostruita all'interno del progetto CARG dal servizio geologico della Regione Emilia Romagna.

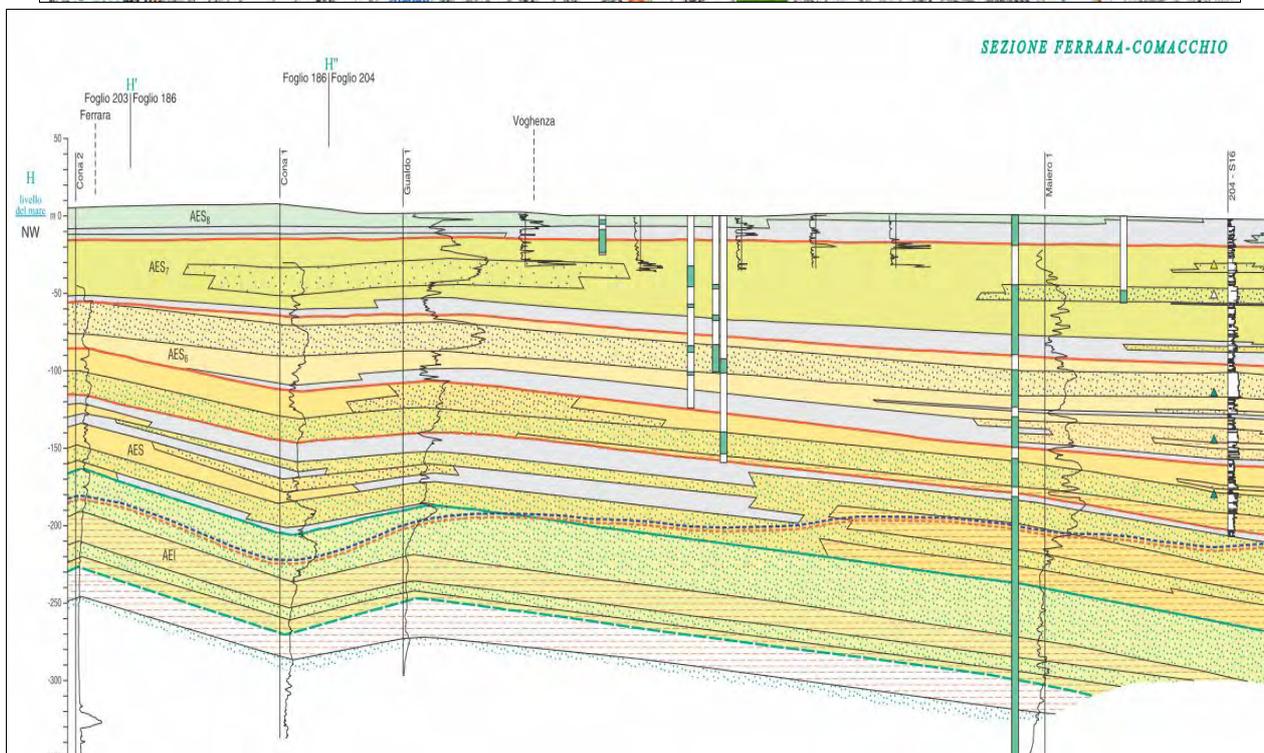
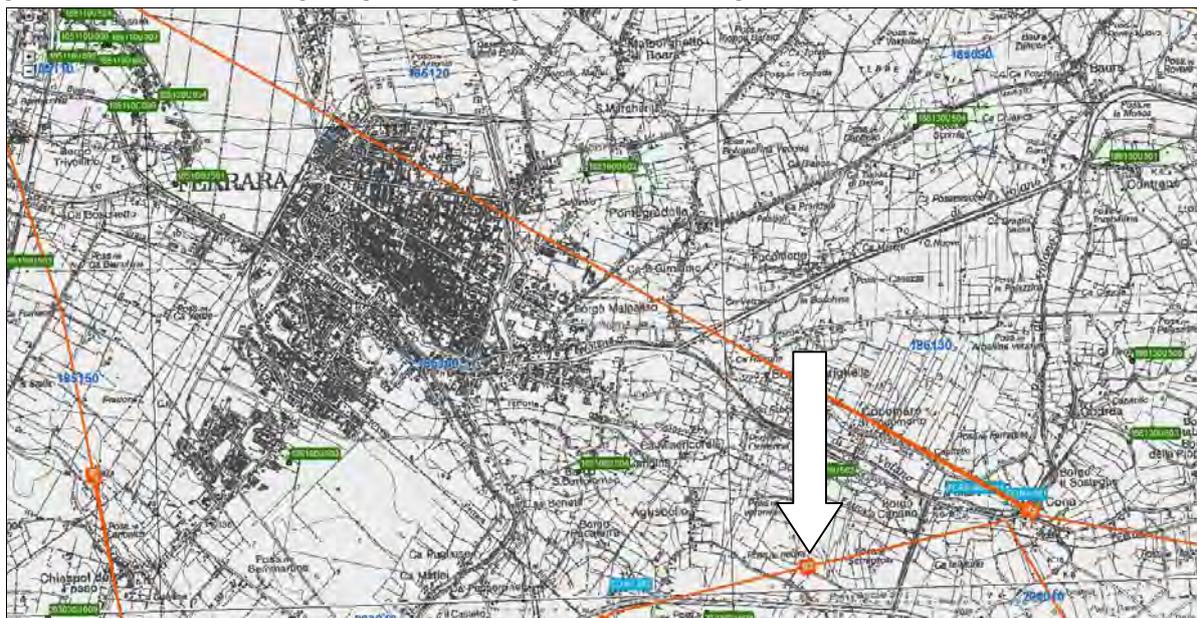


FIGURA 2.7. - sezione geologica 093 - Progetto CARG.

2.3. CARATTERI GEOMORFOLOGICI

Generalmente la formazione dei terreni della zona di Ferrara è legata alla presenza di ambienti deposizionali fluviali dovuti al dosso storico del Fiume Po di Ferrara.

A ridosso e sopra i paleoalvei, prevalgono sedimenti di alta energia idrodinamica, caratterizzati da sabbie e limi. Nelle aree più distanti, prevalgono invece sedimenti di bassa energia idrodinamica, quali argille e argille limose.

Si propone nella FIGURA 2.8 uno stralcio della *Carta geomorfologica di Ferrara*, dove si possono notare le forme geomorfologiche sopra citate; dalla carta emerge come l'area sia posta al di fuori del tracciato del paleoalveo del Po di Ferrara come testimoniato appunto dalle prove penetrometriche svolte in sito che mostrano sedimenti prevalentemente coesivi fino in profondità.

Le litologie presenti non possono essere definite senza un'indagine puntuale, poiché sedimenti generalmente fini di esondazione fluviale, e sedimenti generalmente più grossolani di alveo, sono stati sovrapposti, rendendo possibile la presenza di sabbie, o limi, o argille, o torbe, o miscele binarie e ternarie degli stessi, senza il rispetto di regole fisse sulla loro presenza e sulla loro distribuzione geometrica.

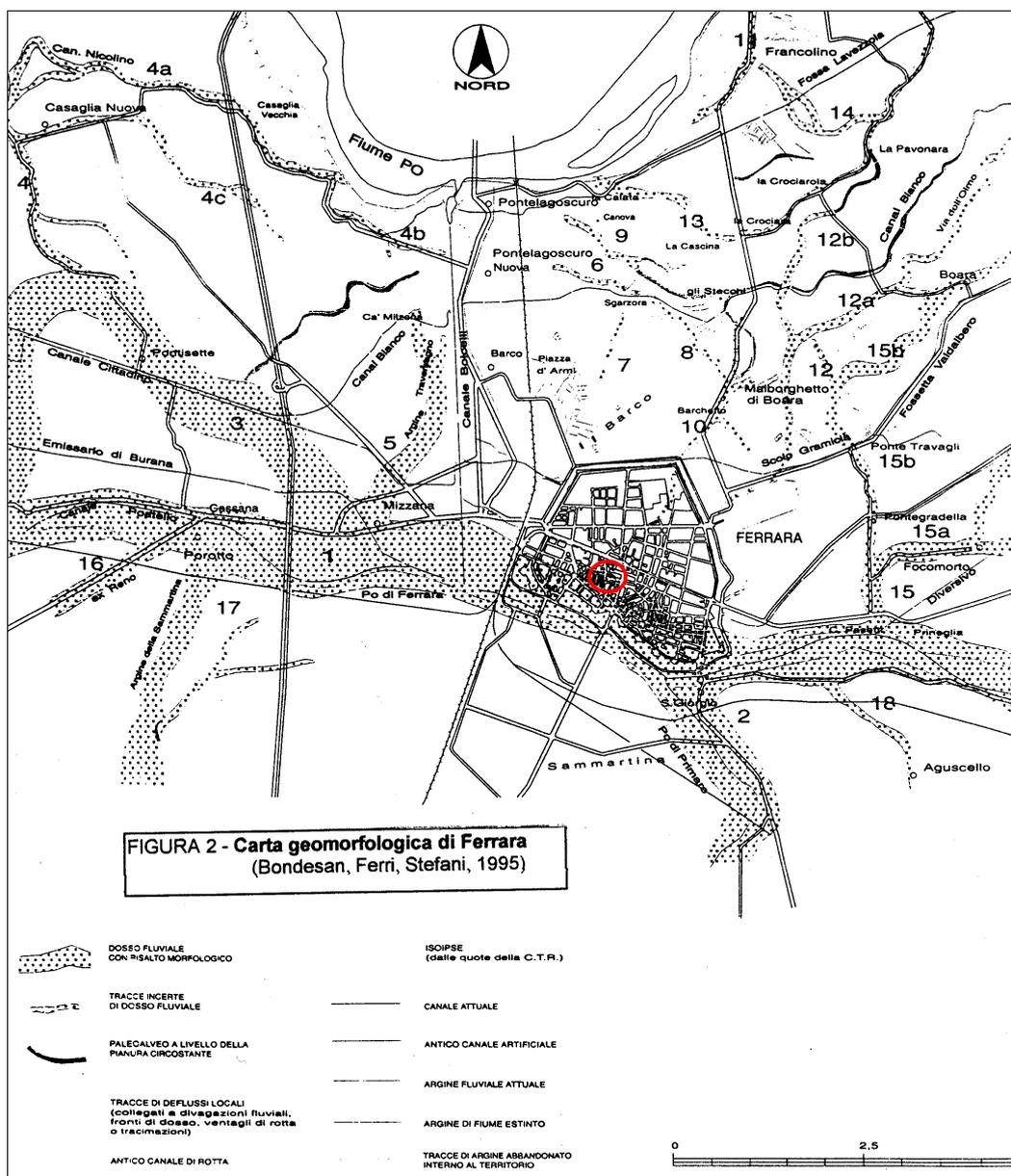


FIGURA 2.8 – Carta Geomorfologica del territorio comunale di Ferrara

In FIGURA 2.9 si riporta una zoomata della carta geomorfologica della provincia di Ferrara con l'ubicazione del sito in esame.

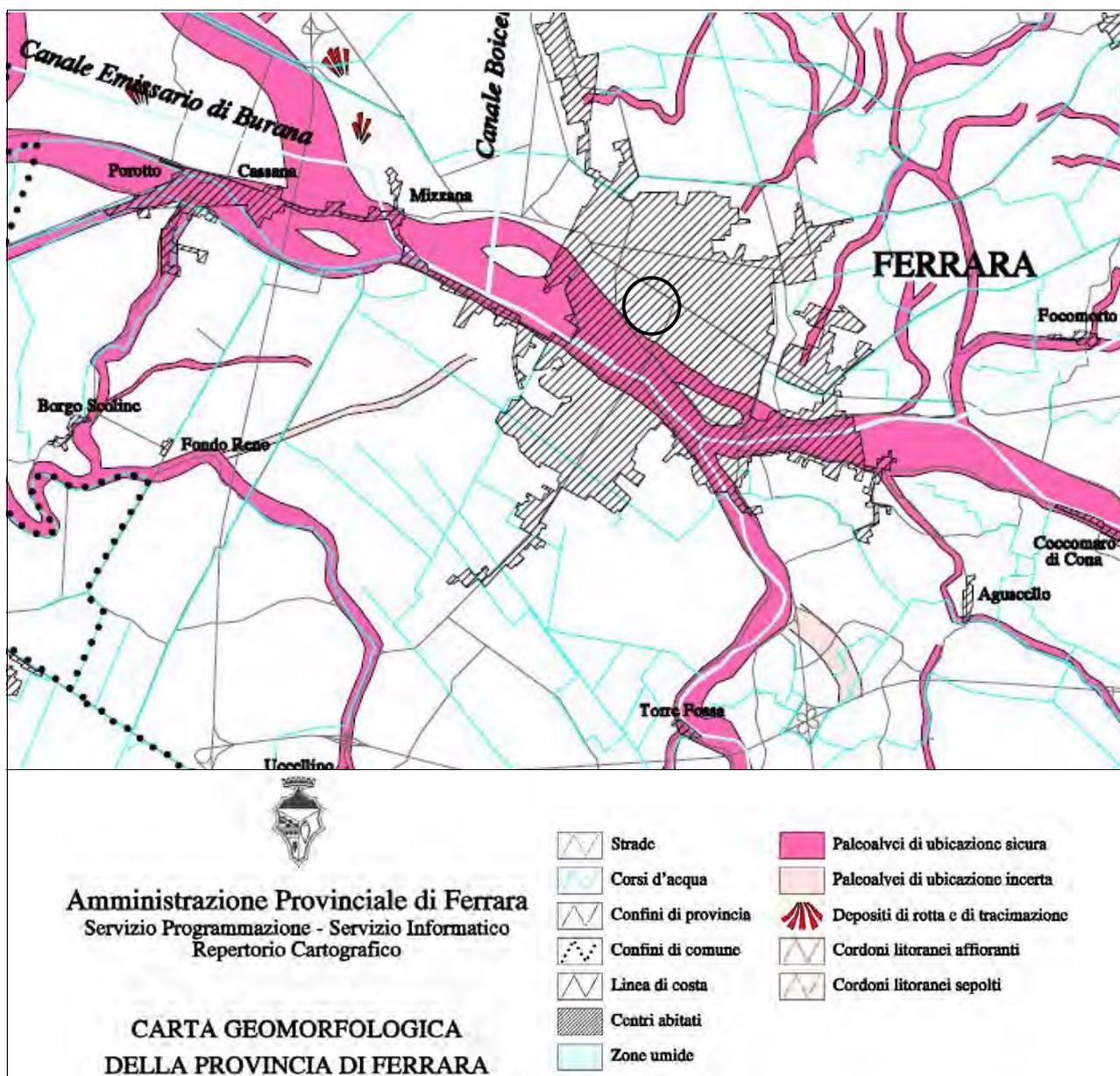


FIGURA 2.9 – Stralcio della Carta Geomorfologica del territorio comunale di Ferrara

2.4. CARATTERI IDROGEOLOGICI

Nell'area è stata rilevata la quota della superficie di falda all'interno del foro di esecuzione delle prove penetrometriche statiche con punta elettrica piezocono e sismocono SCPTU, con rif. U10-12. Tale quota è stata rilevata in data 20/09/2012 alla profondità di -1,30 m dal p.c. per la SCPTU1 e in data 05/10/2012 alla profondità di -1,90 m dal p.c. per la SCPTU2.

All'interno del foro di sondaggio S1 è stato allestito un piezometro per il monitoraggio delle oscillazioni dei livelli di falda, spinto fino alla profondità di -12,00 m da p.c. con tratto fessurato che inizia a -3,00 m da p.c.

Il livello freatico potrebbe oscillare rispetto ai valori riscontrati in tal giorno, solo un monitoraggio di un anno idrogeologico permetterebbe di valutare le oscillazioni stagionali di queste quote.

Le acque meteoriche che precipitano all'interno dell'area che delimita il sito in esame sono impossibilitate a defluire superficialmente in una rete di scolo a gravità. Le opere di urbanizzazioni si prendono in carico lo scolo dell'area, attornata su tutti i lati da un tessuto urbano intensamente edificato.

3. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI

3.1 DATI DI AUSILIO PER LA PROGETTAZIONE SISMICA

“La Regione Emilia Romagna non è esente da attività sismo-tettonica. La sua sismicità può però essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, poiché i terremoti storici hanno avuto magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IX-X grado della scala MCS. I maggiori terremoti (Magnitudo > 5,5) si sono verificati nel settore sud-orientale, in particolare nell’Appennino Romagnolo e lungo la costa riminese. Altri settori interessati da sismicità frequente ma generalmente di minore energia (Magnitudo < 5,5) sono il margine appenninico-padano tra la Val d’Arda e Bologna, l’arco della dorsale ferrarese e il crinale appenninico” (Note illustrative, Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna, 2004).

Gli eventi del maggio 2012 hanno avuto magnitudo M_L massima 5,9.

Categoria di suolo

La categoria di suolo dipende dal valore di V_{s30} . Il parametro V_{s30} rappresenta la media ponderata dei valori delle velocità dell’onda di taglio “S” nei primi 30 m di sottosuolo indagato, matematicamente espressa da (eq. 1):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}}$$

dove,

V_{s30} : velocità media ponderata delle onde di taglio “S”,

h_i : spessore dello strato i -esimo,

v_i : velocità delle onde di taglio “S” nello strato i -esimo.

Il valore di V_{s30} viene di seguito calcolato attraverso le 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e sismocono SCPTU1 e SCPTU2 con *rif. U10-12*, spinte rispettivamente fino alla profondità di -30,00 m da p.c. e -32,70 m da p.c..

Si ricorda che la V_{s30} va calcolata dal piano di posa della fondazione.

In FIGURA 3.1 è riportato uno stralcio catastale con l’ubicazione delle prove penetrometriche statiche con punta elettrica e sismocono SCPTU1 e SCPTU2 con *rif. U10-12*.

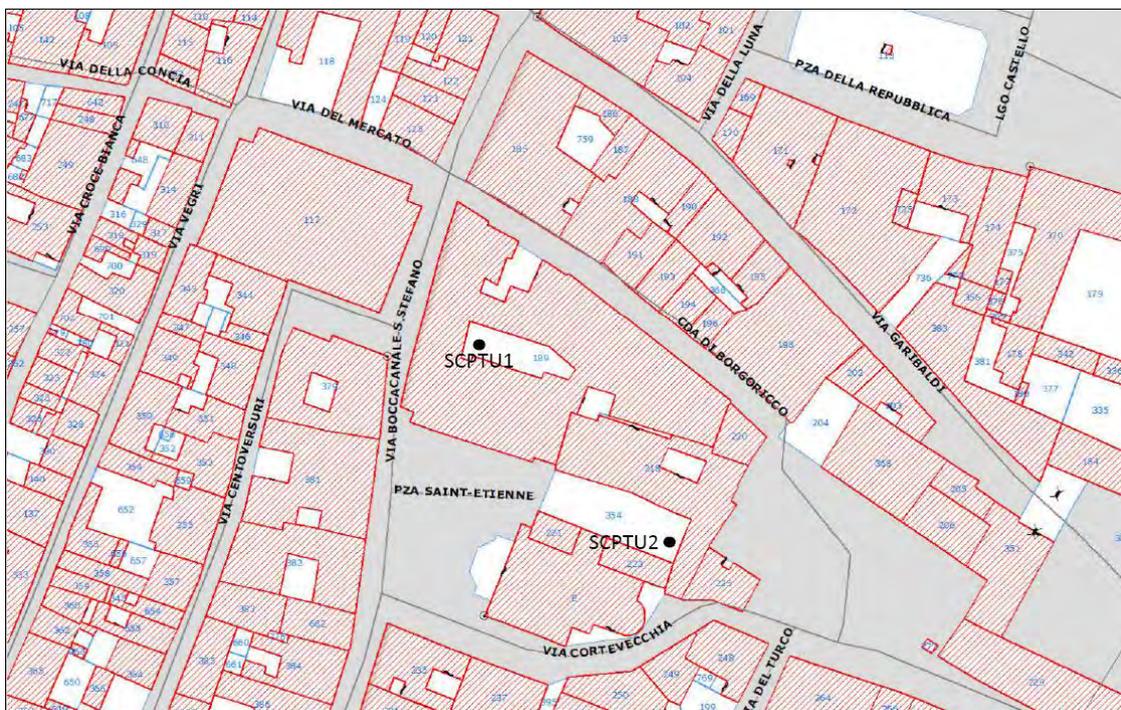


FIGURA 3.1 – Stralcio catastale della provincia di Ferrara con ubicazione prove

La prova consiste nell'inserire sulla punta elettrica della prova penetrometrica statica dei ricevitori (geofoni) che con opportuna strumentazione e una sorgente di onde in superficie possono essere misurati, a profondità diverse, in questo caso ogni metro fino alla profondità di -30,00 m da p.c., i tempi di arrivo delle onde sismiche fra la superficie (sorgente) ed i ricevitori (in profondità), analogamente a quanto avviene con il metodo geofisico cosiddetto "downhole".

La punta utilizzata prende il nome di Piezocono G1-CPL2IN (FIGURA 3.2).

In base ai tempi di arrivo conoscendo la distanza tra la sorgente ed il ricevitore si può calcolare la velocità delle onde sismiche ed in particolare delle onde di taglio (V_s).

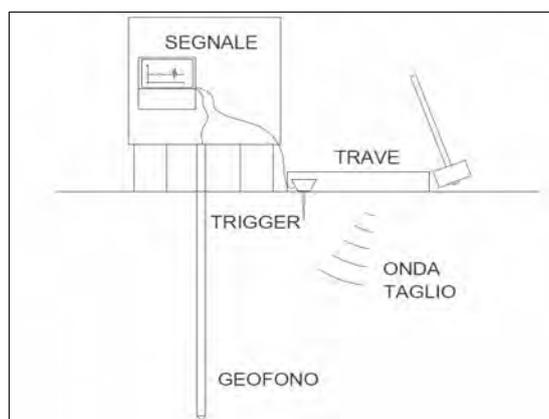


FIGURA 3.2 – Rappresentazione grafica della prova penetrometrica con piezocono sismico

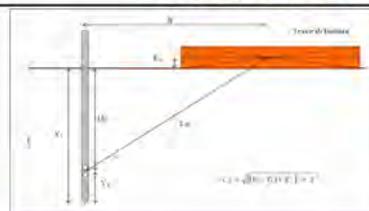
Durante la realizzazione delle prove penetrometriche statiche con punta elettrica e sismocono SCPTU con rif. U10-12 sono state realizzate letture dirette dei tempi di arrivo delle onde di taglio S ad intervalli regolari fino alla profondità di -30,00 m da p.c..

Attraverso questo strumento è possibile determinare la velocità di propagazione delle onde S alla profondità di 30 metri (V_{s30}).

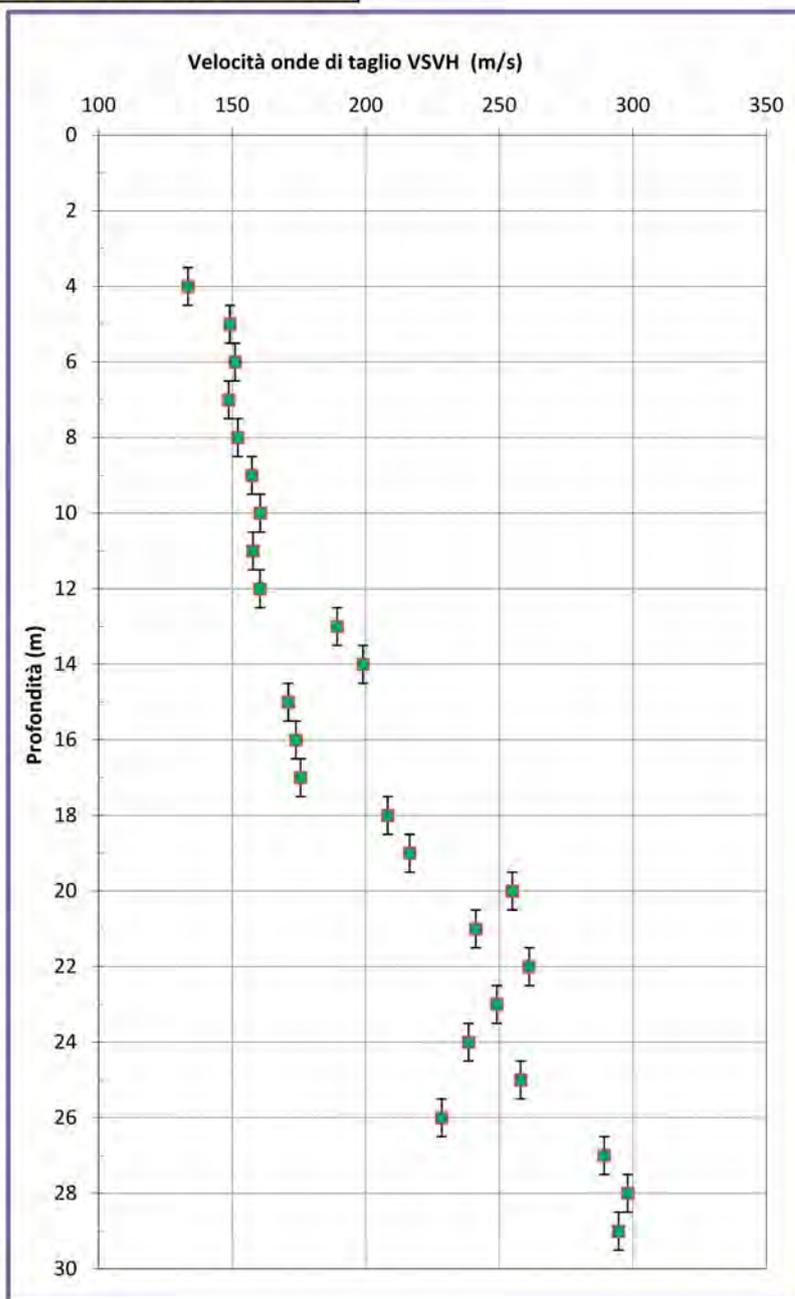
Di seguito viene riportata l'elaborazione delle prove svolte in sito con la rappresentazione del profilo verticale della velocità delle onde di taglio S ad ogni metro e la categoria di suolo di fondazione (ricavata attraverso il profilo fino alla profondità di -30 m da p.c.).

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA PROVA DOWN HOLE SCPTU	RIF. PROVA:	CPTU n°
	rif.U 10-12	SCPTU1
COMMITTENTE: Melior valorizzazione immobili s.r.l	PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): SCPTU1	
CANTIERE: Area EX uffici ENEL Ferrara	PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,30	
DATA: 20/09/2012	PREFORO (m da p.c.): 4,00	

Peso mazza battente:	5Kg
Ricevitore Down Hole:	G1-cpl2IN
Equipaggiamento di registrazione:	D1-SISMI USB
Distanza centro sorgente-verticale X:	1,25 m
Distanza punta-accelerometro Y ₂ :	0,20 m
Vs₃₀ = 185 m/sec Categoria suolo di fondazione = C	

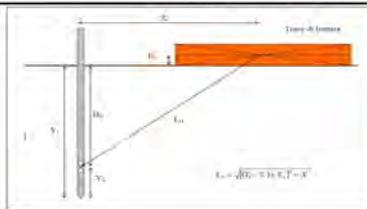


Profondità punta elettrica Y ₁ (m)	Tempo di arrivo onda S (millisecondi)	Velocità onde S dello strato (m/sec)
0		
0,5		
1		
1,5		
2		
2,5		
3		
3,5		
4	27,847	133
4,5		
5	35,043	149
5,5		
6	41,569	151
6,5		
7	48,064	149
7,5		
8	54,694	152
8,5		
9	61,196	157
9,5		
10	67,496	160
10,5		
11	73,682	158
11,5		
12	79,982	160
12,5		
13	86,186	169
13,5		
14	91,448	199
14,5		
15	96,456	171
15,5		
16	102,286	174
16,5		
17	108,023	176
17,5		
18	113,703	208
18,5		
19	118,496	216
19,5		
20	123,108	255
20,5		
21	127,025	241
21,5		
22	131,165	261
22,5		
23	134,988	249
23,5		
24	138,998	238
24,5		
25	143,186	258
25,5		
26	147,058	228
26,5		
27	151,432	289
27,5		
28	154,886	298
28,5		
29	158,238	295
29,5		
30	161,629	



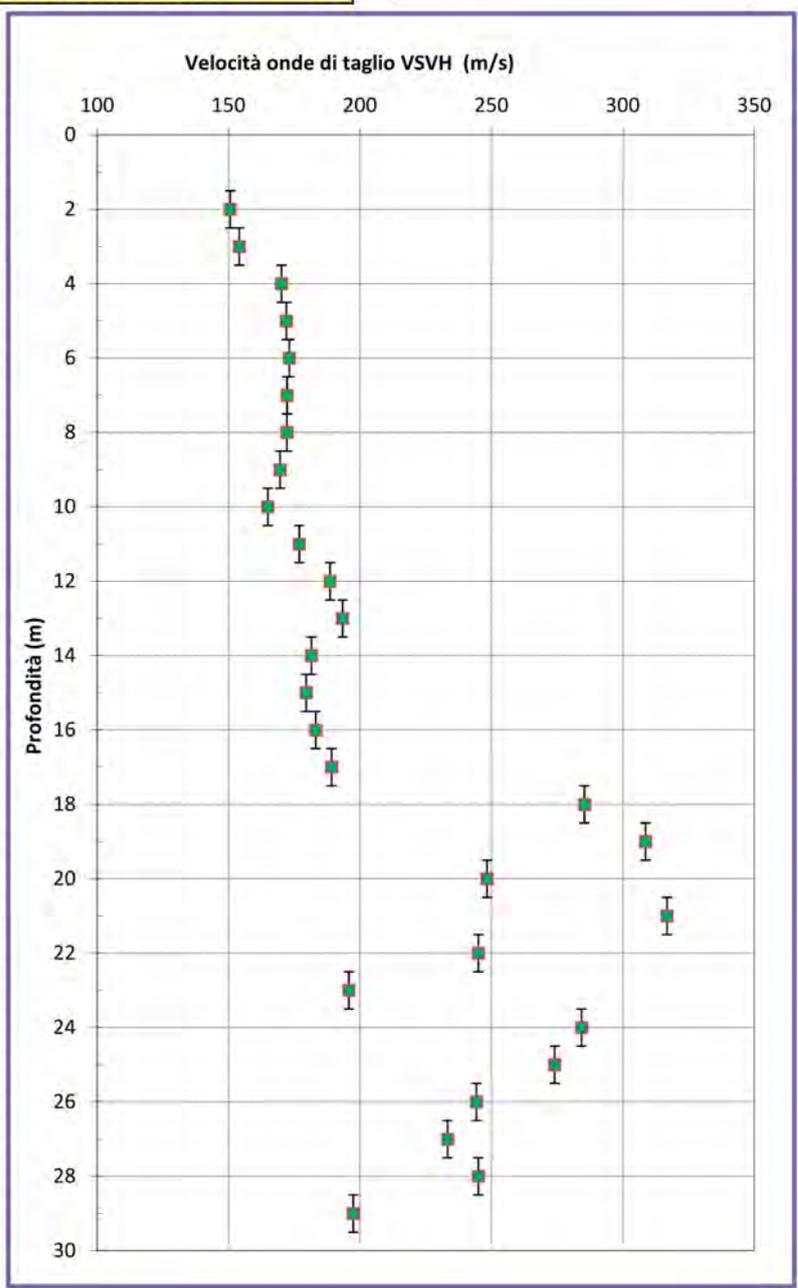
PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA PROVA DOWN HOLE SCPTU	RIF. PROVA:	CPTU n°:
	ref.U 10-12	SCPTU2
COMMITTENTE: Melior valorizzazione immobili s.r.l	PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): SCPTU2	
CANTIERE: Area EX uffici ENEL Ferrara	PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,90	
DATA: 10/05/2012	PREFORO (m da p.c.): 0,98	

Peso mazza battente:	5Kg
Ricevitore Down Hole:	G1-cpl2IN
Equipaggiamento di registrazione:	D1-SISMI USB
Distanza centro sorgente-verticale X:	1,50 m
Distanza punta-accelerometro Y ₂ :	0,20 m



Vs₃₀ = 199 m/sec Categoria suolo di fondazione = C

Profondità punta elettrica Y ₁ (m)	Tempo di arrivo onda S (millisecondi)	Velocità onde S dello strato (m/sec)
0		
0,5		
1		
1,5		
2	13,102	151
2,5		
3	18,636	154
3,5		
4	24,537	170
4,5		
5	30,085	172
5,5		
6	35,679	173
6,5		
7	41,298	172
7,5		
8	46,986	172
8,5		
9	52,702	170
9,5		
10	58,523	165
10,5		
11	64,523	177
11,5		
12	70,128	189
12,5		
13	75,392	193
13,5		
14	80,532	181
14,5		
15	86,012	179
15,5		
16	91,557	183
16,5		
17	96,996	189
17,5		
18	102,263	285
18,5		
19	105,756	309
19,5		
20	106,987	248
20,5		
21	113,003	317
21,5		
22	116,152	245
22,5		
23	120,225	196
23,5		
24	125,324	284
24,5		
25	128,836	274
25,5		
26	132,479	244
26,5		
27	136,566	233
27,5		
28	140,847	245
28,5		
29	144,923	197
29,5		
30	149,983	199



Il valore di Vs₃₀ calcolato risulta:

Vs₃₀ = 185 m/s SCPTU1 - Categoria di suolo C
Vs₃₀ = 199 m/s SCPTU2 - Categoria di suolo C

Azioni sismiche "Delibera Assemblea Legislativa n°112/2007 della Regione Emilia Romagna"

L'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica" fornisce i valori di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}) per ogni comune della regione Emilia Romagna.

Per il comune di Ferrara vengono previste accelerazioni massime di 0.132g.

Nel medesimo atto viene specificato che in ambito di pianura caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti (PIANURA 2), come nel caso in esame, per suoli caratterizzati da valori di V_{s30} fino a 300 m/s si dovrà adottare un fattore di amplificazione sismica F.A.=1,50 per cui l'accelerazione diventerà $A_{max}=0,198$.

$$V_{s30} = 185 \div 199 \text{ m/s} \quad \text{F.A.} = 1,5$$

Accelerazione di progetto = 0,198 g

In ambito di pianura caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo (≥ 100 m da p.c.) (PIANURA 2) si devono usare le seguenti tabelle.

F.A. P.G.A.

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0

In FIGURA 3.3 è riportato lo spettro di risposta secondo l'atto di indirizzo 112/2007.

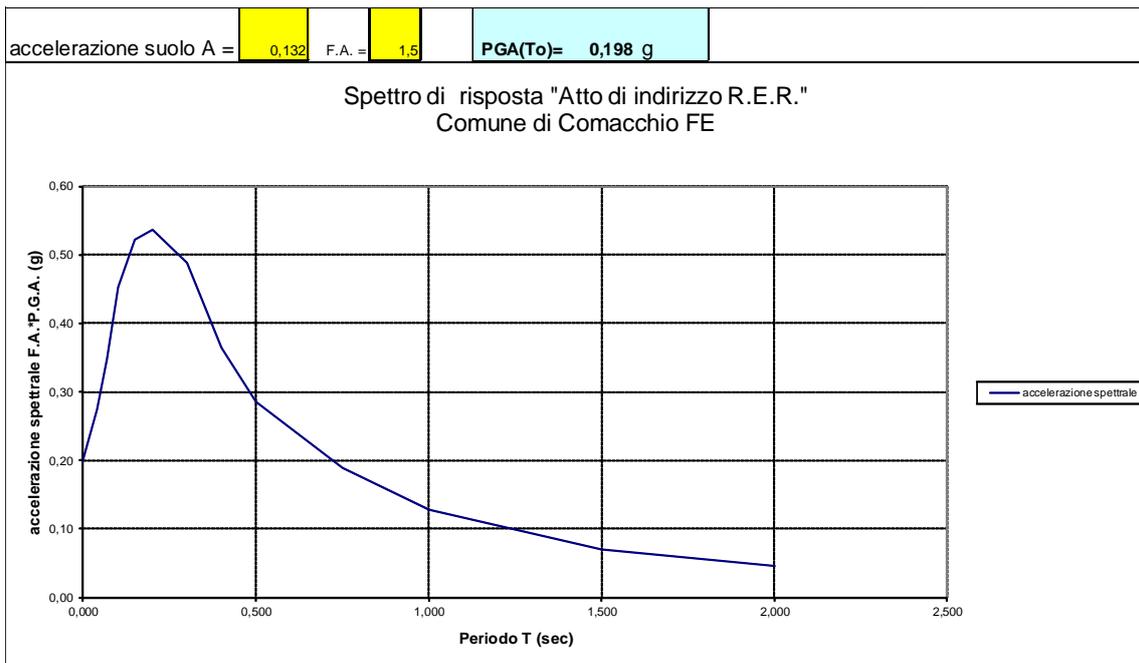


FIGURA 3.3 – Spettro di risposta secondo atto di indirizzo con $T_R=475$ anni, smorzamento = 5%.

Magnitudo di progetto

La zonizzazione sismica ZS9 pone come magnitudo attesa massima nella zona sismogenetica 912 il valore di $M = 6,14$. Nei tempi storici erano stati stimati eventi con magnitudo di 5,6. Durante gli eventi del maggio 2012 si sono liberate energie sismiche sulla dorsale ferrarese con magnitudo di 5,9 (che è stato stimato da Picotti, 2013, come evento con T_R di 1000 anni). Conservativamente lo scrivente adotterà per le analisi della liquefazione delle sabbie la magnitudo di 6,14.

Magnitudo di progetto $M = 6,14$ Mw
--

3.2. VERIFICA DELLA RESISTENZA ALLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE

L'obiettivo della riduzione del rischio sismico passa anche per l'analisi delle componenti territoriali che possono innescare fenomeni negativamente impattanti con le strutture antropiche e la loro sicurezza. Vale comunque la pena evidenziare che laddove sono presenti i caratteri predisponenti, non è detto che si possano realizzare le condizioni di cause scatenanti; ovvero un terreno sabbioso può avere tutti i requisiti granulometrici e di addensamento per liquefarsi, ma nell'area non si verificherà un sisma con energia sufficiente ad indurre liquefazione.

In particolare vengono ritenuti motivi di esclusione dalla verifica a liquefazione, la verifica di almeno una di queste circostanze:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo di momento Mw inferiore a 6 e durata inferiore a 15 sec. ("La Liquefazione del terreno in condizioni sismiche" – Crespellani, Nardi, Simoncini – Zanichelli 1988).
2. Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni *free-field* minori di 0,1g;
3. Accelerazioni massime al piano campagna in condizioni *free-field* minori di 0,15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
 - -frazione di fine, FC, superiore al 20%, con indice di plasticità $PI > 10$;
 - $FC \geq 35\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 20$;
 - $FC \leq 5\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 25$

Dove $(N_1)_{60}$ è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT.

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella FIGURA 3.4 da distinguere i materiali in funzione del coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ o $U_c > 3,5$.
5. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15m dal piano campagna.
6. Copertura di strati superficiali non liquefacibili con spessore maggiore di 3m, oppure con spessore maggiore di 5m per magnitudo maggiori di $M > 7$.
7. Un ulteriore motivo di esclusione dalla verifica di liquefazione è dato dal valore della densità relativa D_r del deposito. Gibbs ha eseguito diversi studi su risultati di vari autori stabilendo che una densità relativa pari a 70% è valore limite tra terreni liquefacibili e non liquefacibili (*Manuale di geotecnica per l'ingegneria civile* di Nunziante Marino, Maggioli Editore, 2006), di conseguenza tutti i terreni con $D_r > 70\%$ vengono automaticamente esclusi dalla verifica alla liquefazione.

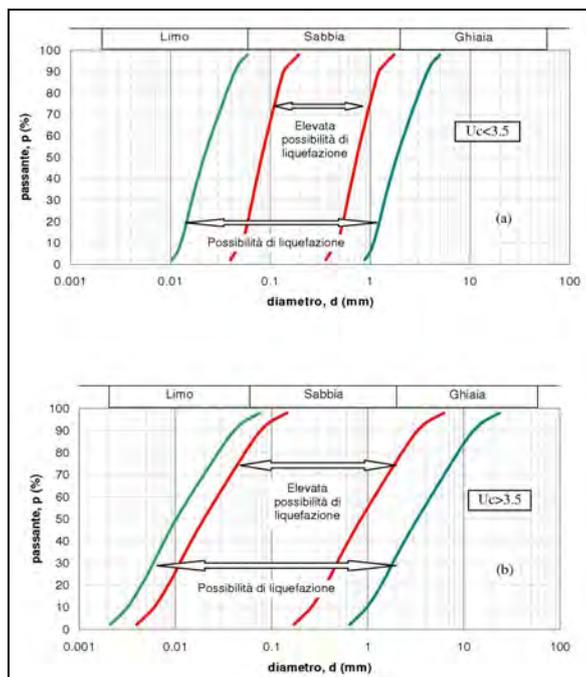


FIGURA 3.4 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno

Il D.M. 14/01/2008 ha riassunto in questi 5 punti i casi in cui non è prevista liquefazione:

7.11.3.4.2

Esclusione della verifica a liquefazione

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Per la verifica della liquefazione delle sabbie si è fatto riferimento alla prova penetrometrica statica con punta elettrica e sismocono SCPTU1 e SCPTU2 con rif. U10-12, spinte rispettivamente fino alla profondità di 30,00 m da p.c. e -32,70 m da p.c..

I dati di input che caratterizzano le energie sismiche adottate sono:

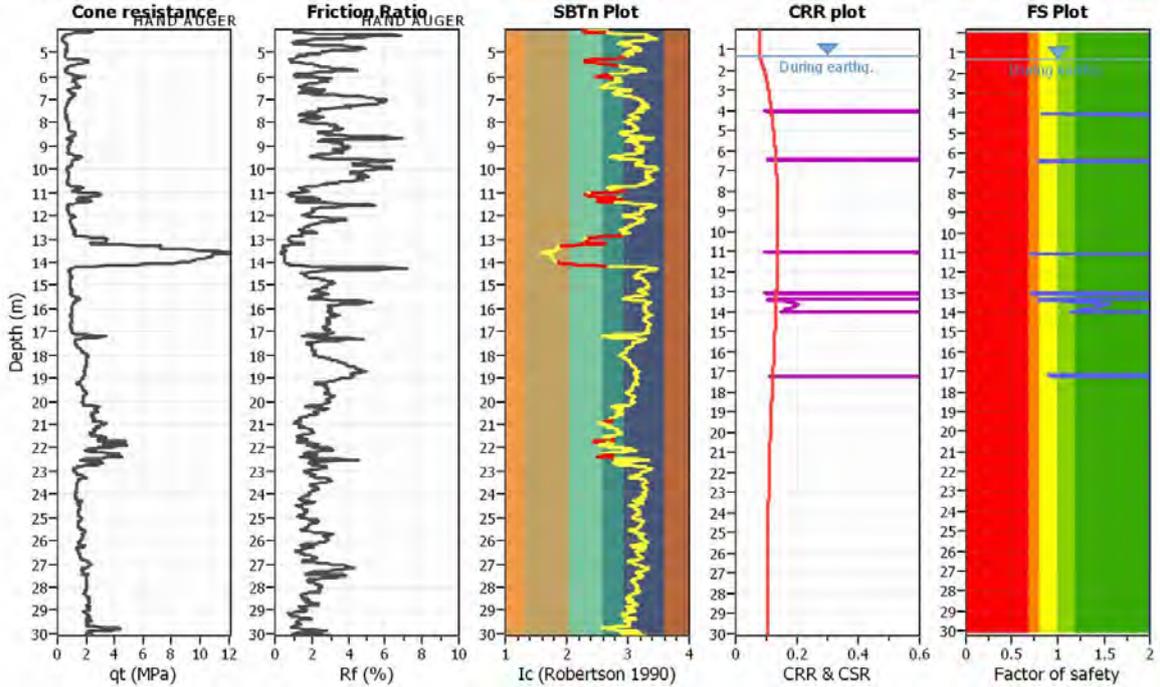
- P.G.A. = $0,132 g \times 1,50 = 0,198 g \approx 0,20g$
- $M_w = 6,14$

Utilizzando i dati di input (secondo il D.M. 14 gennaio 2008) visualizzati in FIGURA 3.5, se ne deduce che nell'area di studio, il fenomeno della liquefazione non è un effetto di sito atteso.

CPT file : SCPTU1 Ferrara Melior

Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	1.30 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	1.30 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.20	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_σ applied:	Yes	MSF method:	Method based



CPT file : SCPTU2 Ferrara Melior

Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	1.90 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	1.90 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.20	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_σ applied:	Yes	MSF method:	Method based

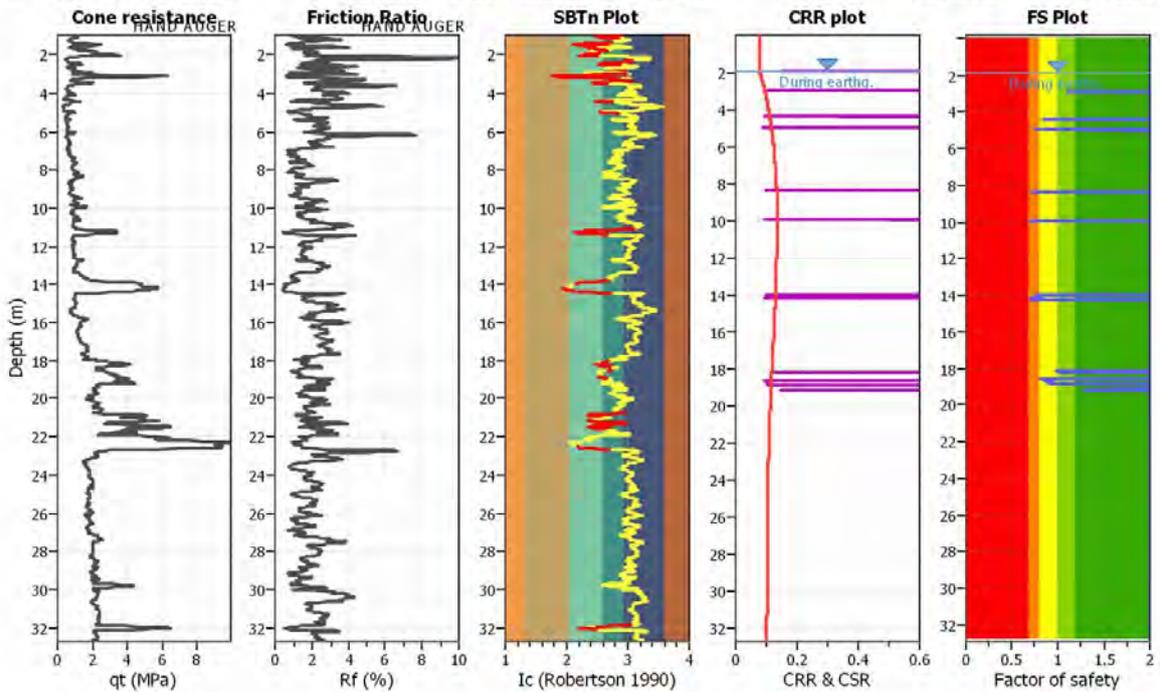


FIGURA 3.5 – Dati input e metodi di calcolo adottati – CPTU

In FIGURA 3.6, si riporta il diagramma del CRR e del CSR, dove si evidenziano strati in cui il fattore di resistenza alla liquefazione è inferiore a 1,00.

Nella stessa figura è riportato il valore dell'indice del potenziale di liquefazione IPL calcolato per la prova penetrometrica analizzata.

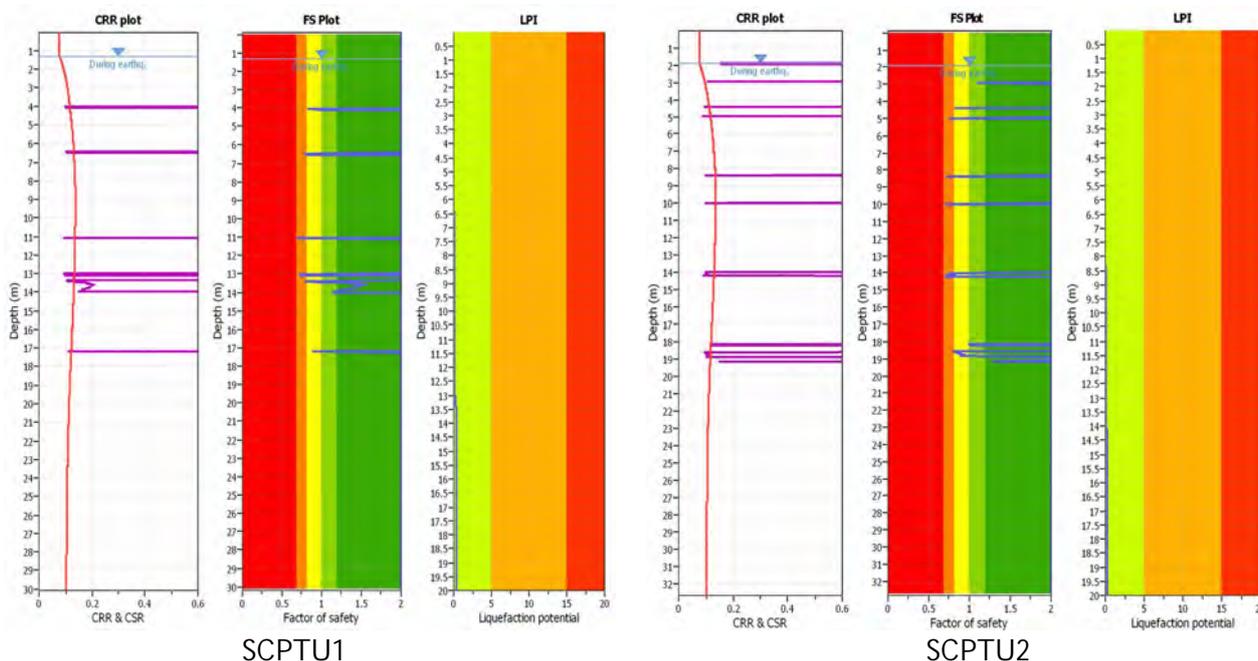


FIGURA 3.6 – Particolare dell'analisi condotta con $PGA=0,20g$ e $Mw=6,14$

Dei calcoli effettuati si riporta solo la sintesi dei risultati finali.

Inoltre è stato verificato l'indice del potenziale di liquefazione, I_L , definito dalla seguente relazione:

$$I_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz,$$

in cui z è la profondità dal piano di campagna in metri e $w(z)=10-0.5z$

Ad una quota z il fattore $F(z)=F$ vale:

$$F = 1 - F_L \text{ se } F_L \leq 1.0$$

$$F = 0 \text{ se } F_L > 1.0$$

dove F_L è il fattore di sicurezza alla liquefazione alla quota considerata.

Con il software si calcola nei primi 20,00 m da p.c. per le 2 CPTU il valore del potenziale di liquefazione per tutti gli strati incoerenti (Metodo Iwasaki).

In base alle Tabelle 3.1 e 3.2 l'indice del potenziale di liquefazione risulta BASSO per entrambe le prove.

Potenziale Liquefazione I_{PL}	Classificazione
$I_{PL} = 0$	<i>Non liquefacibile</i>
$0 < I_{PL} \leq 5$	<i>Basso</i>
$5 < I_{PL} \leq 15$	<i>Alto</i>
$I_{PL} \geq 15$	<i>Molto Alto</i>

Tabella 3.1 – Classificazione indice potenziale liquefazione

CPTU	Potenziale Liquefazione I_{PL}
CPTU1	0,33
CPTU2	0,29

Tabella 3.2 – Indice potenziale liquefazione calcolato per le CPTU

Questi dati sono coerenti con la stratigrafia del carotaggio

3.3. CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI NEI TERRENI GRANULARI

Dell'elaborazione completa dei cedimenti post sismici si riporta solo il risultato finale. Sono stati stimati i cedimenti postsismici nei banchi sabbiosi rilevati con le 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e sismocono SCPTU1 e SCPTU2 spinte rispettivamente fino alla profondità di 30,00 m da p.c. e -32,70 m da p.c., con rif. U10-12.

Dalle elaborazioni informatiche, si ricava che con una Magnitudo di 6.14 e accelerazione P.G.A. di 0,20g, solo alcuni dei livelli hanno il fattore di resistenza alla liquefazione inferiore a 1,25 (EC-8), determinando cedimenti post sismici pari a 1,32 cm per la prova SCPTU1 e 2,06 cm per la prova SCPTU2 (Tabelle 3.3).

CPTU	Cedimenti (cm) PGA = 0,20
CPTU1	1,32
CPTU2	2,06

Tabella 3.3 – Cedimenti post-sismici

Note tecniche: è stata operata con il software C-Liq la funzione di "taglio delle zone di transizione". Le motivazioni sono di seguito riportate: *Robertson e Campanella (1983) hanno dimostrato che la resistenza alla punta conica è influenzata dal suolo, sia quello posto anteriormente che posteriormente ad essa. Nei suoli rigidi la zona di influenza è larga (più di 15 volte il diametro della punta conica), mentre nei suoli molli la zona d'influenza è minore (minore del diametro della punta). Ahmadi e Robertson hanno dimostrato che la dimensione della zona d'influenza diminuisce con l'aumentare dello sforzo (es. le sabbie dense si comportano più similmente alle sabbie sciolte ad alti valori di sforzo).*

La zona d'influenza anteriore e posteriore al cono durante la penetrazione influenzerà la resistenza al cono a ogni interfaccia (confine) tra due tipi di suoli con significative differenze di rigidità. Per questo motivo è spesso importante identificare la transizione tra due tipi di suoli per evitare possibili errate interpretazioni. Questo problema è incominciato a divenire sempre più importante con i software che forniscono le interpretazioni di ogni dato puntiforme dalle CPT. Quando i dati delle CPT sono raccolti a intervalli separati (solitamente ogni 20-50mm), parecchi dati puntuali sono "in transizione" quando la punta passa attraverso l'interfaccia tra due differenti tipi di suolo (per esempio dalla sabbia all'argilla e viceversa). È possibile individuare la transizione da un tipo di suolo a un altro usando il tasso di cambio dell' I_c . quando la CPT è in transizione dalla sabbia all'argilla l' $SBT I_c$ si muoverà da valori più bassi della sabbia verso valori più alti dell'argilla. Robertson e Wride (1998) hanno suggerito che il limite approssimativo tra un suolo con comportamento simile alla sabbia e uno con comportamento simile all'argilla è intorno a $I_c=2.60$. Da qui, quando il tasso di cambio dell' I_c è rapido e attraversa il valore definito di 2.60, la punta è verosimilmente in transizione tra un suolo con comportamento sabbioso e uno con comportamento argilloso o viceversa. I profili dell' I_c possono fornire un semplice strumento per identificare e rimuovere queste zone di transizione. Alcuni Software, quali CLiq (<http://www.geologismiki.gr/Products/CLiq.html>) includono strumenti per identificare e rimuovere le zone di transizione.

Senza applicare questa opzione si ricaverebbe:

Elaborazione senza taglio zone di transizione	IPL	Cedimento postsismico
SCPTU1	1,32	4,65 cm
SCPTU2	0,92	5,06 cm

Tabella 3.4 – Stima del IPL e dei cedimenti postsismici senza operare il taglio delle zone di transizione

4. MODELLAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI

Sono state considerate le 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono SCPTU1 e SCPTU2 con rif. U10-12 spinte rispettivamente fino alla profondità di -30,08 m da p.c. e -32,80 m da p.c..

Successivamente è stato realizzato un sondaggio a carotaggio continuo S1 spinto fino alla profondità di -40,00m da p.c. e un sondaggio a carotaggio continuo S2 spinto fino alla profondità di -3,00m da p.c. con particolare riguardo per i terreni superficiali di riporto per redigere l'analisi di risposta sismica locale così come prescritto nella scheda del POC. Nei sondaggi realizzati in sito si sono prelevati campioni indisturbati e rimaneggiati da sottoporre ad analisi di laboratorio geotecnico.

In FIGURA 4.1 viene riportato uno stralcio catastale con l'ubicazione delle prove penetrometriche statiche con punta elettrica SCPTU eseguite in sito.

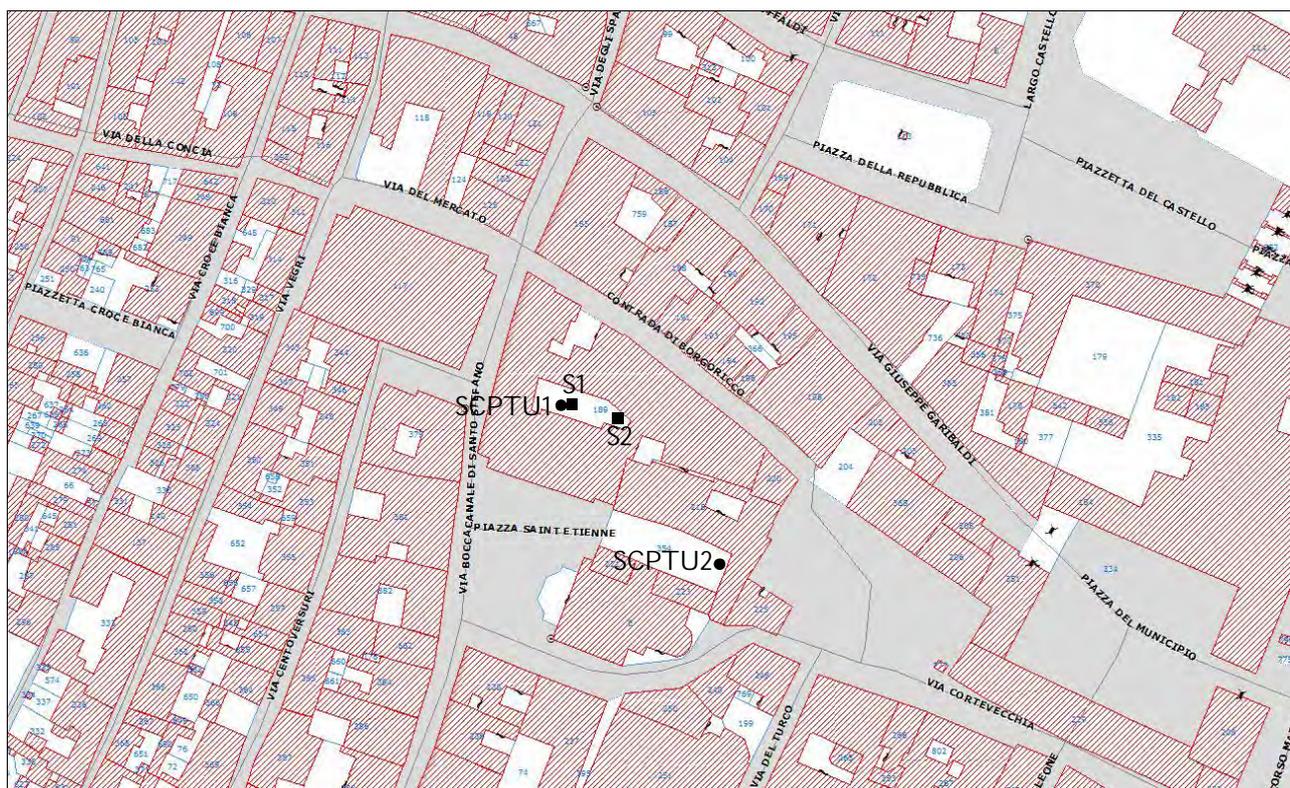


FIGURA 4.1 – Stralcio catastale con ubicazione indagini

Negli Allegati sono inserite, per le CPTU eseguite, le seguenti schede: a) diagrammi di resistenza, b) valutazioni litologiche, c) tabelle parametri geotecnici.

4.1. MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

L'esecuzione della prova penetrometrica è avvenuta con un Penetrometro Statico con punta elettrica con piezocono.

Si allegano i diagrammi delle resistenze dal cui confronto si possono evincere le differenze di comportamento dei terreni nei vari strati incontrati; le interpretazioni litologiche, in base alle valutazioni stratigrafiche fornite da Douglas-Olsen (1981), Robertson-Campanella (1983) e Olsen-Farr (1986).

Le caratteristiche geotecniche dei terreni ricavate dai risultati della penetrometria statica sono riportate in tabella parametri geotecnici.

Nelle tabelle viene fatta distinzione fra i terreni di natura coesiva e quelli di natura granulare.

Per i terreni di natura coesiva vengono riportati, i valori di resistenza all'infissione della punta del penetrometro q_c (Mpa), la resistenza laterale F_s (MPa), il peso di volume γ' (kN/m³), la coesione non drenata C_u (kPa), il grado di sovraconsolidazione OCR, dei moduli di deformazione non drenati E_{u50} (MPa)

corrispondenti rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50 e 25 %, del modulo di deformazione edometrico M_0 (MPa). Per i terreni di natura granulare vengono riportati, i valori di resistenza all'infissione della punta del penetrometro q_c (MPa), la resistenza laterale F_s (MPa), la densità relativa D_r (%), dell'angolo di attrito interno efficace ϕ' (°), i moduli di deformazione drenati E'_{25} (MPa) e del modulo di deformazione edometrico M_0 (MPa).

Nella Tabella 4.1 si riportano i parametri geotecnici medi per strati pseudomogenei rilevati con le prove penetrometriche statiche SCPTU con *rif. U10-12*:

Identificativo		PROVA PENETROMETRICA STATICA																			
Emissione		PARAMETRI GEOTECNICI																			
Pagina		-Committente Melior valorizzazione immobili s.r.l											-Prova n° SCPTU1								
		-Cantiere Area EX uffici ENEL Ferrara											-Data prova 20/09/2012								
		-Quota p.c. 8,90 m s.l.m.											-Prof. preforo 4,00 m								
		-Livello di falda 1,30 m da p.c.											-Prof. finale 30,08 m								
		MATERIALI COESIVI											MATERIALI GRANULARI								
DA	A	qcm	fsm	deltaU	litol.	Peso Vol.	Cu (qc)	OCR (qc)	OCR (U)	M_0	Eu50	CR	Dr	ϕ'_{DM}	ϕ'_{Bottom}	$\phi'_{Schm.}$			E'25	M_0	
m	m	MPa	MPa	MPa	(-)	kN/m ³	KPa	(-)	(-)	MPa	MPa	(-)	(%)	(°)	(°)	(°)			MPa	MPa	
0,0	4,0	0,00	0,00	-0,01	RIP	20,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4,0	7,0	0,96	0,02	0,01	AI-La	18,00	45	4	9	3,42	16,07	0,19	-	-	-	-	-	-	-	-	
7,0	10,8	0,78	0,03	0,12	A	17,50	38	3	6	3,25	18,11	0,28	-	-	-	-	-	-	-	-	
10,8	11,5	1,83	0,03	0,05	SI	19,00	-	-	-	-	-	-	<20	27	25	27	31	34	38	4,84	7,74
11,5	12,9	0,86	0,02	0,21	AI-La	18,00	40	2	5	3,59	21,24	0,31	-	-	-	-	-	-	-	-	
12,9	14,3	6,65	0,04	-0,01	SI	19,00	-	-	-	-	-	-	44	33	30	34	36	39	41	17,90	28,04
14,3	17,1	0,85	0,03	0,33	AI-La	18,00	39	2	3	3,59	22,18	0,35	-	-	-	-	-	-	-	-	
17,1	22,8	2,16	0,06	0,27	SI-Is	20,00	-	-	-	-	-	-	<20	25	23	27	31	34	37	6,17	9,87
22,8	29,7	1,48	0,04	0,55	AI-la	18,00	65	2	3	4,91	37,09	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	
29,7	30,0	3,03	0,05	0,29	SI	19,00	-	-	-	-	-	-	<20	25	23	27	31	34	37	7,73	12,37

Identificativo	F.U 10-12
Emissione	ott-12
Pagina	0 di 0

PROVA PENETROMETRICA STATICA

PARAMETRI GEOTECNICI

-Committente	Melior valorizzazione immobili s.r.l	-Prova n°	SCPTU2
-Cantiere	Area EX uffici ENEL Ferrara	-Data prova	10/05/2012
-Quota p.c.	8,90 m s.l.m.	-Prof. preforo	0,98 m
-Livello di falda	1,90 m da p.c.	-Prof. finale	32,72 m

DA m	A m	MATERIALI COESIVI						MATERIALI GRANULARI													
		qcm MPa	fsm MPa	deltaU MPa	litol. (-)	Peso Vol. kN/m3	Cu (qc) KPa	OCR (qc) (-)	OCR (U) (-)	M _e MPa	Eu50 MPa	CR (-)	Dr (%)	Fl' _{DM} (°)	Fl' _{Bottom} (°)	Fl'Schm. (°)	E'25 MPa	M ₀ MPa			
0,0	1,0	0,02	0,00	0,00	RIP	18,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
1,0	3,6	1,35	0,03	0,07	SI-Is	20,00	-	-	-	-	-	-	25	32	29	31	34	36	40	5,01	8,02
3,6	11,1	0,72	0,02	0,14	Al-La	18,00	35	3	5	3,11	16,46	0,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,1	11,5	2,10	0,03	0,15	SI	19,00	-	-	-	-	-	-	<20	29	26	30	33	36	39	7,09	11,35
11,5	13,5	0,83	0,02	0,41	Al-La	18,00	38	2	2	3,55	20,82	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13,5	14,5	3,29	0,02	0,17	SI	19,00	-	-	-	-	-	-	28	29	26	29	32	35	39	8,31	13,29
14,5	18,0	1,07	0,03	0,45	Al-La	18,00	49	2	3	4,06	26,01	0,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18,0	23,2	3,48	0,07	0,38	SI	19,00	-	-	-	-	-	-	21	27	24	29	32	35	39	9,47	15,15
23,2	29,7	1,60	0,03	0,75	Al-La	18,00	71	2	3	5,15	39,55	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29,7	30,0	3,04	0,05	0,31	SI	19,00	-	-	-	-	-	-	<20	25	23	27	31	34	37	7,74	12,39
30,0	31,8	1,92	0,06	0,76	Al-La	18,00	83	2	3	5,82	46,25	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31,8	32,1	4,16	0,05	0,24	SI	19,00	-	-	-	-	-	-	<20	27	24	29	32	35	39	11,57	18,51
32,1	32,7	1,89	0,05	0,61	Al-La	18,00	90	2	3	5,78	51,12	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 4.1 – Stratigrafia geotecnica semplificata

Nell'area è stata rilevata la quota della superficie di falda all'interno del foro di esecuzione delle prove penetrometriche statiche con punta elettrica piezocono e sismocono SCPTU, con rif. U10-12. Tale quota è stata rilevata in data 20/09/2012 alla profondità di -1,30 m dal p.c. per la SCPTU1 e in data 05/10/2012 alla profondità di -1,90 m dal p.c. per la SCPTU2.

All'interno del foro di sondaggio S1 è stato montato un piezometro per il monitoraggio delle oscillazioni dei livelli di falda, spinto fino alla profondità di -12,00 m da p.c. con tratto fessurato che inizia a -3,00 m da p.c.

Il livello freatico potrebbe oscillare rispetto ai valori riscontrati in tal giorno, solo un monitoraggio di un anno idrogeologico permetterebbe di valutare le oscillazioni stagionali di queste quote.

4.2. LABORATORIO GEOTECNICO

Sui campioni prelevati sono state eseguite le seguenti indagini di laboratorio:

CAMPIONE	PROFONDITA' DI PRELIEVO (m da p.c.)	TIPO DI PROVA ESEGUITA
C1 - S1	4,50 - 4,70	analisi granulometrica
SH1 - S1	7,50 - 8,10	prova di colonna risonante, prova edometrica, prova triassiale CU e Limiti di Atterberg
SH2 - S1	15,00 - 15,70	prova di colonna risonante, prova edometrica, prova triassiale CU e Limiti di Atterberg
SH3 - S1	19,50 - 20,20	prova di colonna risonante, prova edometrica, prova triassiale CU, Limiti di Atterberg e analisi granulometrica
SH4 - S1	28,50 - 29,20	prova di colonna risonante, prova triassiale CU e Limiti di Atterberg,
SH5 - S2	3,50 - 3,70	prova di colonna risonante, analisi granulometrica e prova di taglio diretto

4.2.1. ANALISI GRANULOMETRICA

Si è ancora in attesa dei certificati ufficiali di analisi da parte del laboratorio geotecnico.

4.2.2. LIMITI DI ATTERBERG

Si è ancora in attesa dei certificati ufficiali di analisi da parte del laboratorio geotecnico.

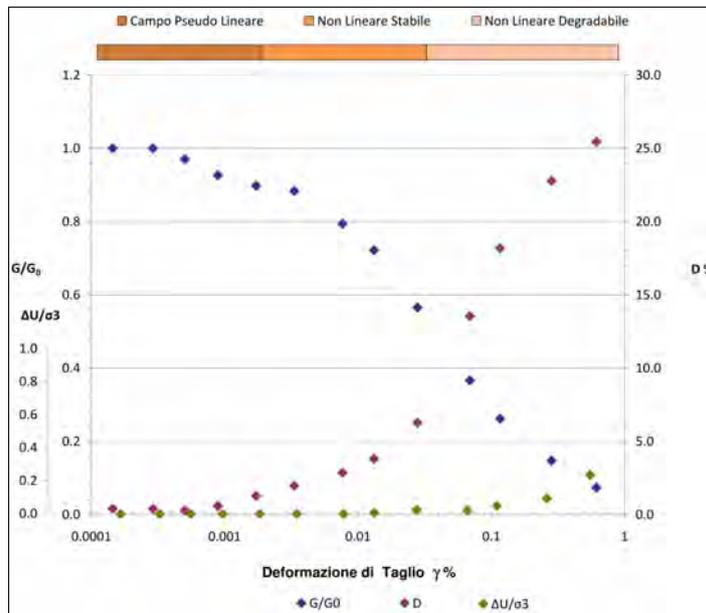
4.2.3. PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Si è ancora in attesa dei certificati ufficiali di analisi da parte del laboratorio geotecnico.

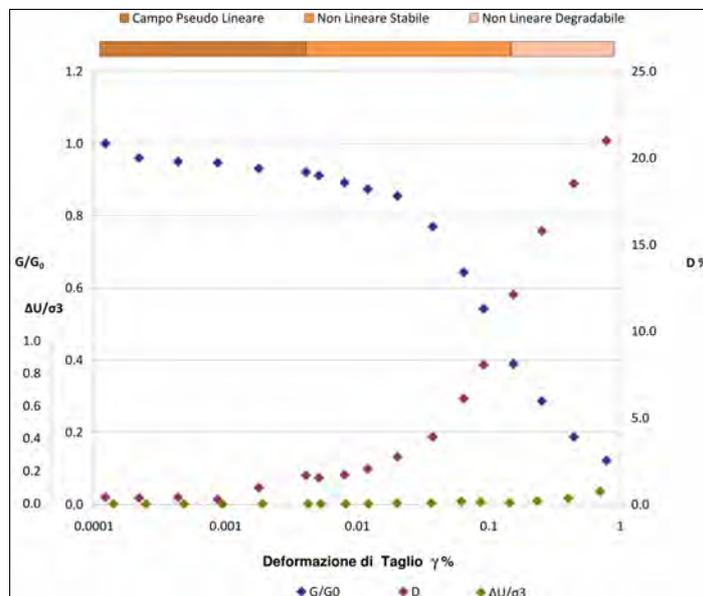
4.2.4. PROVA DI COLONNA RISONANTE

Le prove di colonna risonante consentono di determinare il modulo di taglio G e lo smorzamento dei terreni al variare delle deformazione di taglio imposta, da valori molto piccoli (intorno a $10^{-5}\%$) fino a circa $10^{-2}\%$. Vengono largamente impiegate in tutti i casi in cui i terreni sono sottoposti a sollecitazioni dinamiche, per lo studio dei problemi di deformazione dei terreni e di propagazione delle onde.

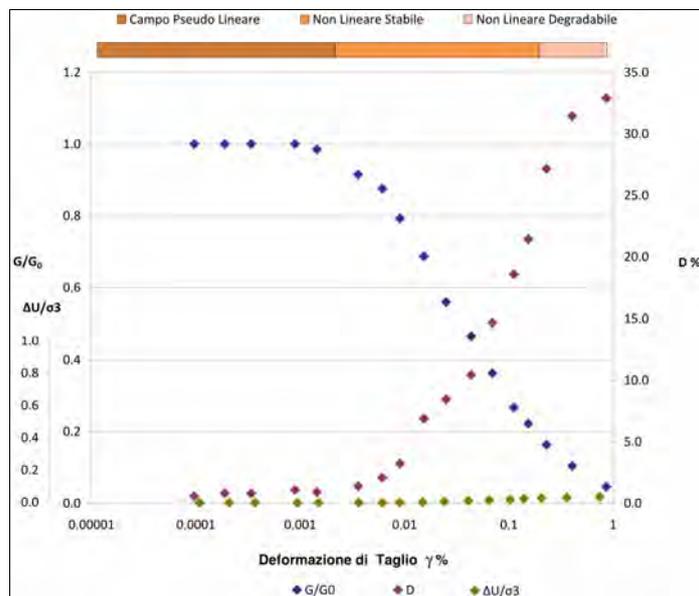
Nei grafici che seguono sono riportati sia le curve di decadimento del modulo G_0 espresse come rapporto G/G_0 sia le curve di smorzamento, entrambi in funzione dei diversi sforzi di taglio.



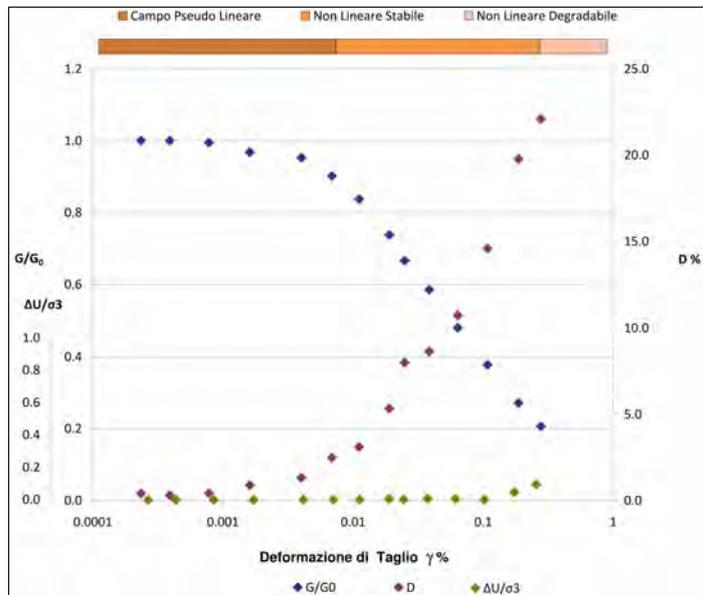
SH1 - S1



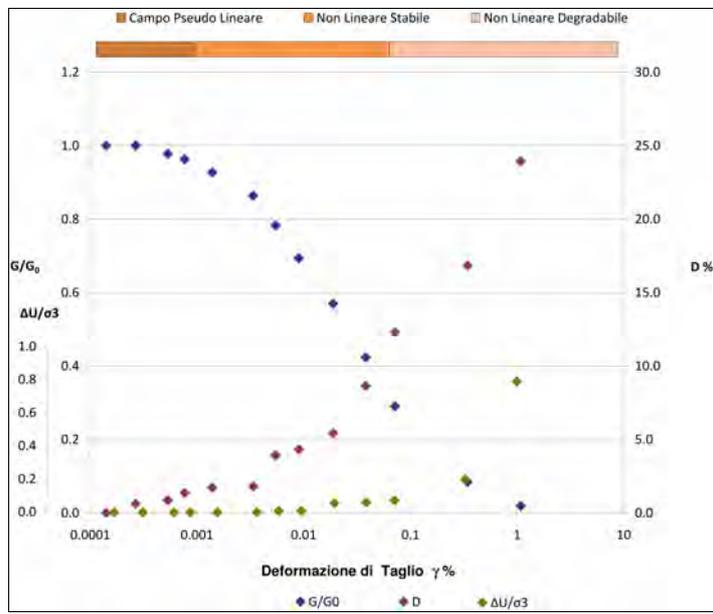
SH2 - S1



SH3 - S1



SH4 - S1



SH5 - S2

4.3. PROVE GEOFISICHE

E' stata commissionata al dott. Nasser Abu Zeid del Team Geofisica srl di Ferrara, una indagine sismica con la tecnica della sismica passiva ESAC e H/V per la determinazione del profilo profondo di Vs e della frequenza di risonanza.



FIGURA 4.2.- Ubicazione dello stendimento prova ESAC e ubicazione della prova H/V

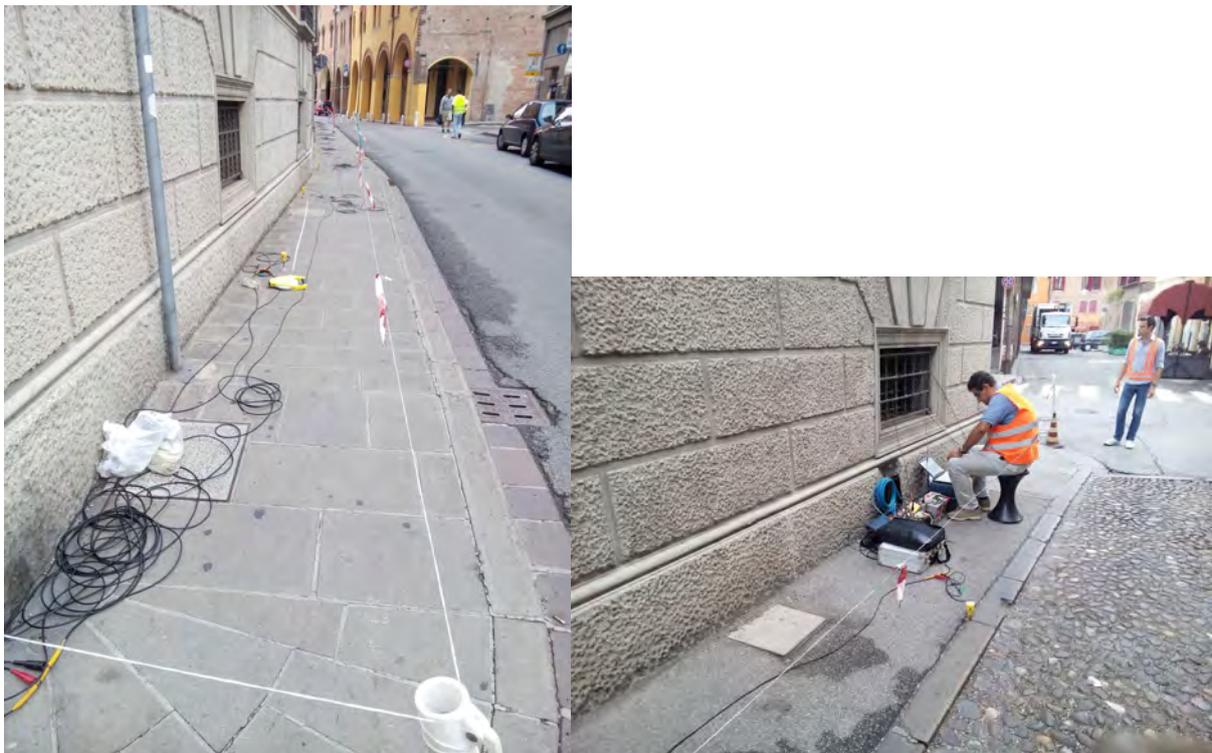


FIGURA 4.3.- Fasi di esecuzione delle prove geofisiche da parte di Team Geofisica srl di Ferrara

Di seguito si riportano i risultati delle indagini geofisiche, con il profilo profondo delle velocità di propagazione delle onde di taglio, e la misura delle frequenze di oscillazione del terreno su cui sorge il complesso del palazzo EX ENEL.

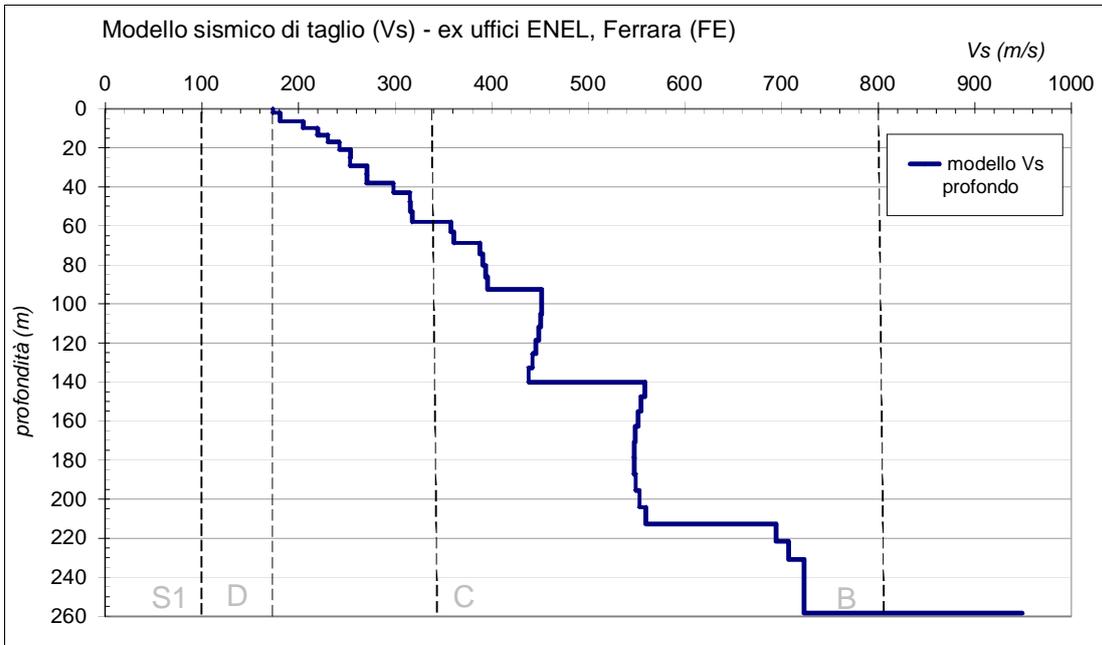


FIGURA 4.4 – profilo di V_s profondo misurato tra via Contrada di Borgoricco e via Boccacanalè di Santo Stefano

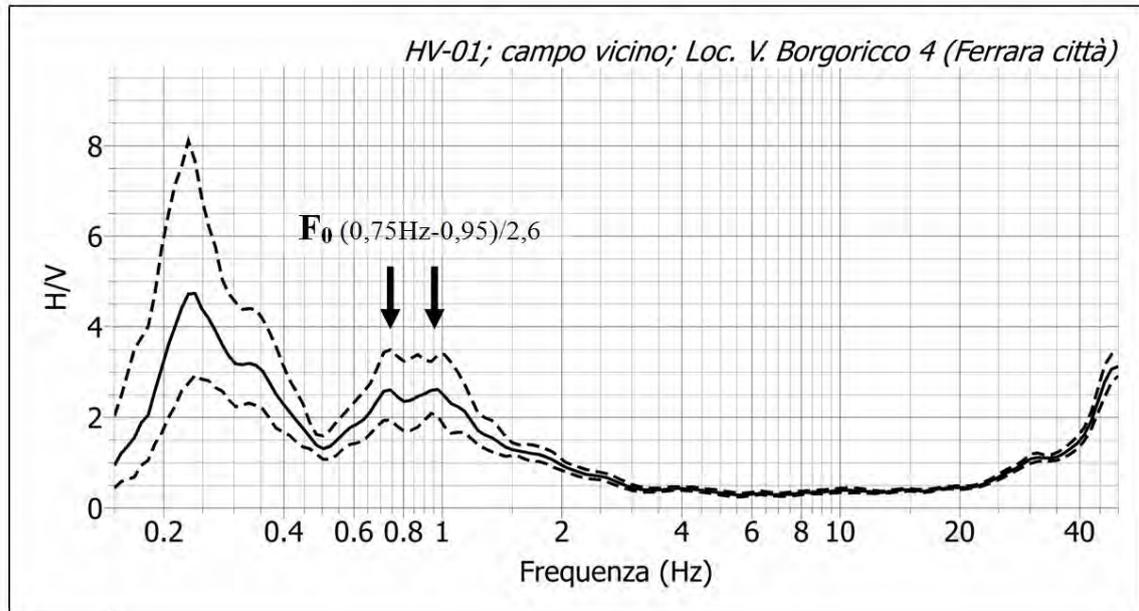
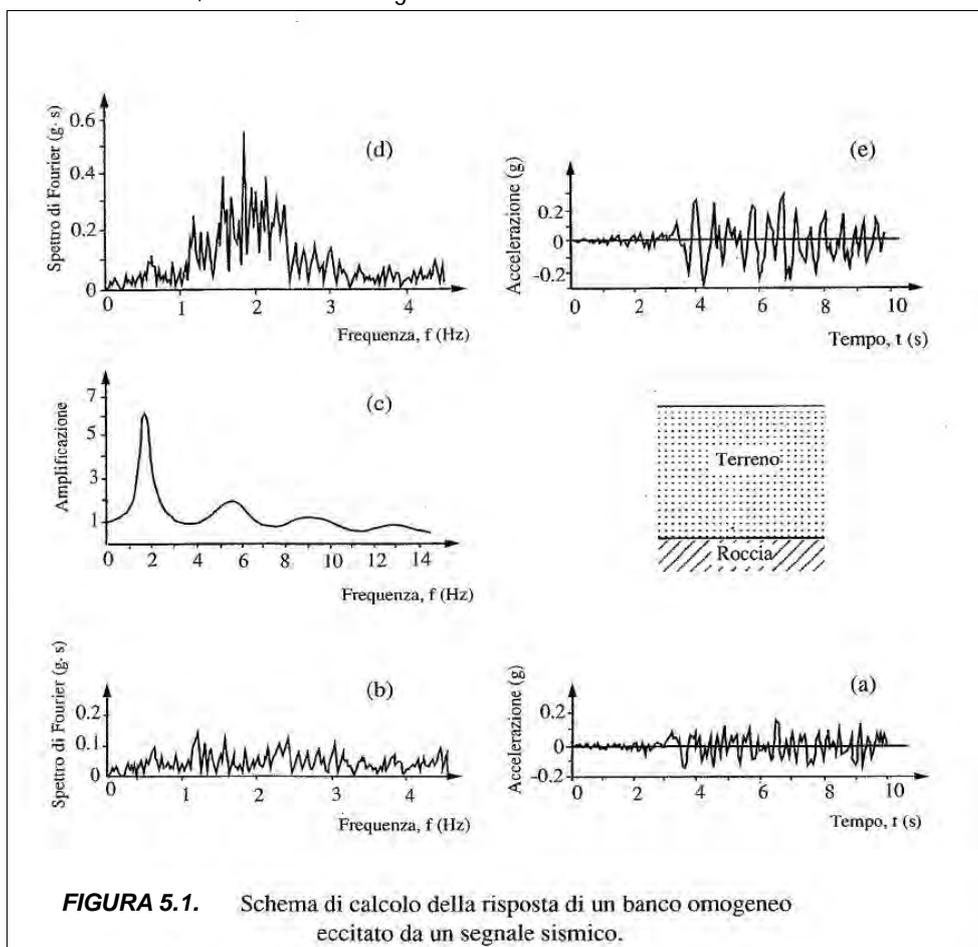


FIGURA 4.5. - Spettri prove dei rapporti spettrali (H/V) effettuate in campo vicino e quasi vicino.
Le frecce indicano le frequenze di risonanza tipiche dei terreni investigati. F_0 : frequenza di risonanza dei terreni

5. ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

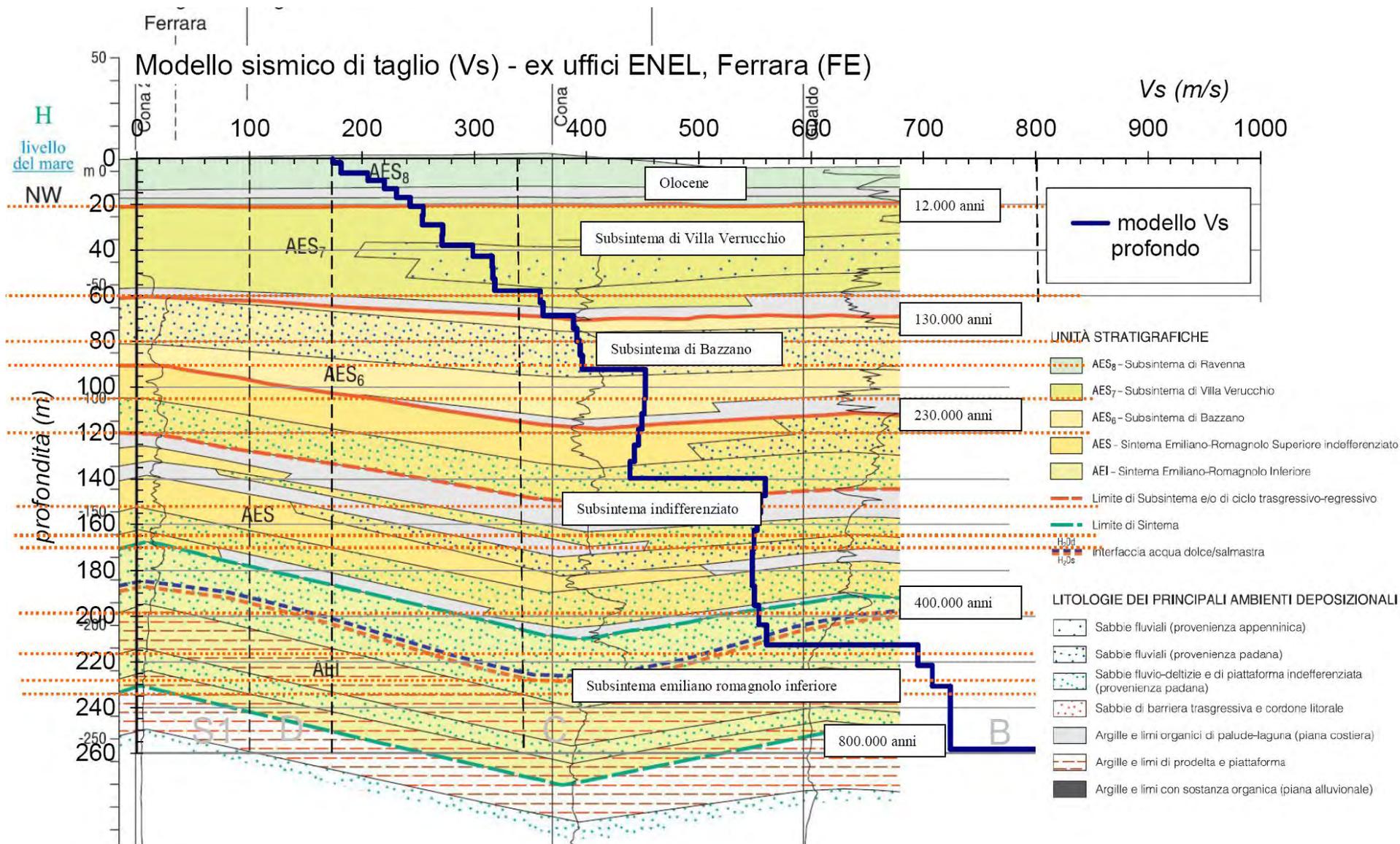
La funzione di amplificazione di un sito fornisce una chiara ed efficace rappresentazione dell'effetto "filtrante" di un deposito di terreno sulle onde sismiche. Essa mette in evidenza in quale campo di frequenze la presenza del terreno può indurre effetti significativi di amplificazione del moto sismico incidente o, viceversa, se tali effetti possano addirittura tradursi in un'attenuazione delle ampiezze in superficie.

La conoscenza della sola funzione di amplificazione non è comunque sufficiente per determinare le caratteristiche del moto sismico alla superficie di un deposito. In termini applicativi, scopo finale di un'analisi di risposta sismica locale è infatti quello di disporre di uno spettro di risposta dell'accelerazione (associato ad un terremoto presunto ed ad un dato fattore di smorzamento strutturale), che includa realisticamente l'effetto di amplificazione del sottosuolo. Ciò premesso la funzione di amplificazione (o meglio la funzione di trasferimento) rappresenta comunque un indispensabile elemento per determinare il moto in superficie. Si riporta di seguito lo schema del processo che porta alla determinazione del moto sismico alla superficie di un deposito di terreno su basamento roccioso, a cui è applicata l'eccitazione sismica rappresentata, anziché da un'onda armonica stazionaria, da un moto irregolare come nel caso di un sisma reale.

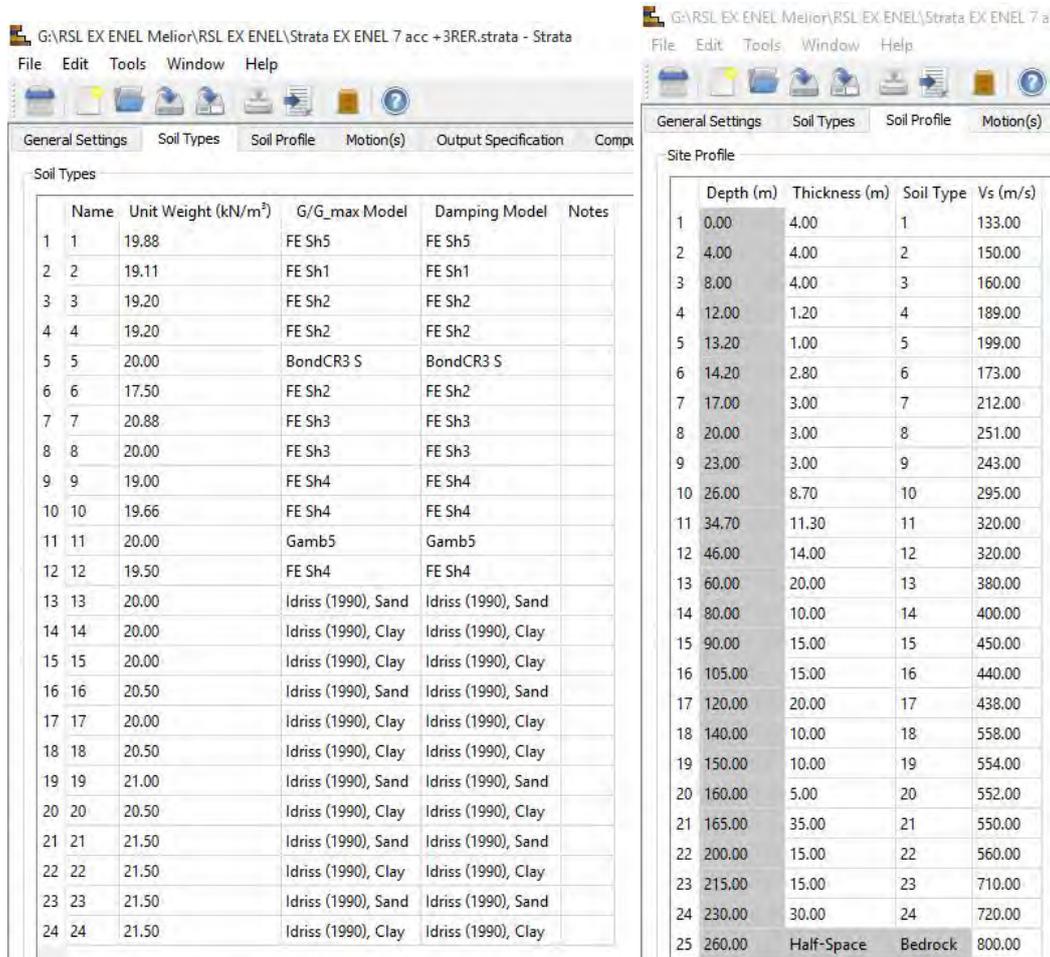


Nel caso allo studio è stata ricostruita la sequenza stratigrafica fino al bed-rock sismico, attribuendo ad ogni strato i valori di peso di volume, di V_s e attribuendo delle curve di decadimento del modulo G_0 espresse come rapporto G/G_0 in funzione dello sforzo di taglio e delle curve di smorzamento D sempre in funzione del diverso stato di sforzo di taglio.

Il modello stratigrafico e geofisico profondo, sulla base dei dati riportati in questa relazione, è il seguente:



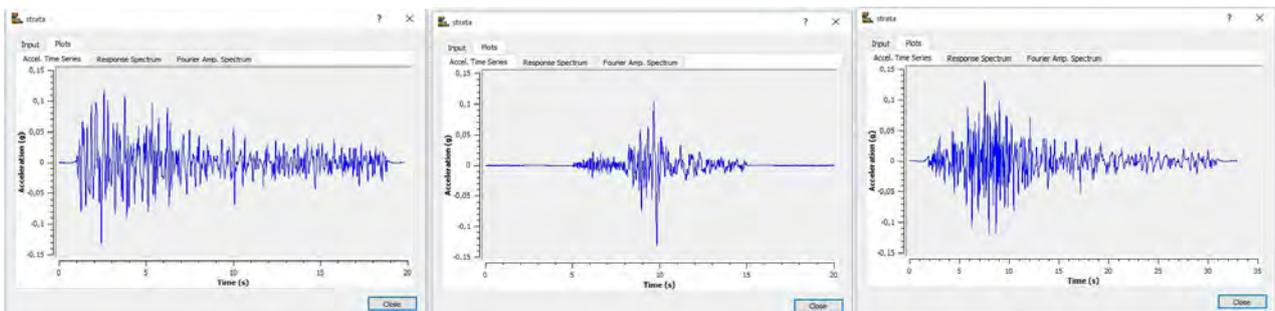
Ora invece si riportano le schermate con evidenziati i dati di Input per l'analisi di RSL, eseguita con il software STRATA.



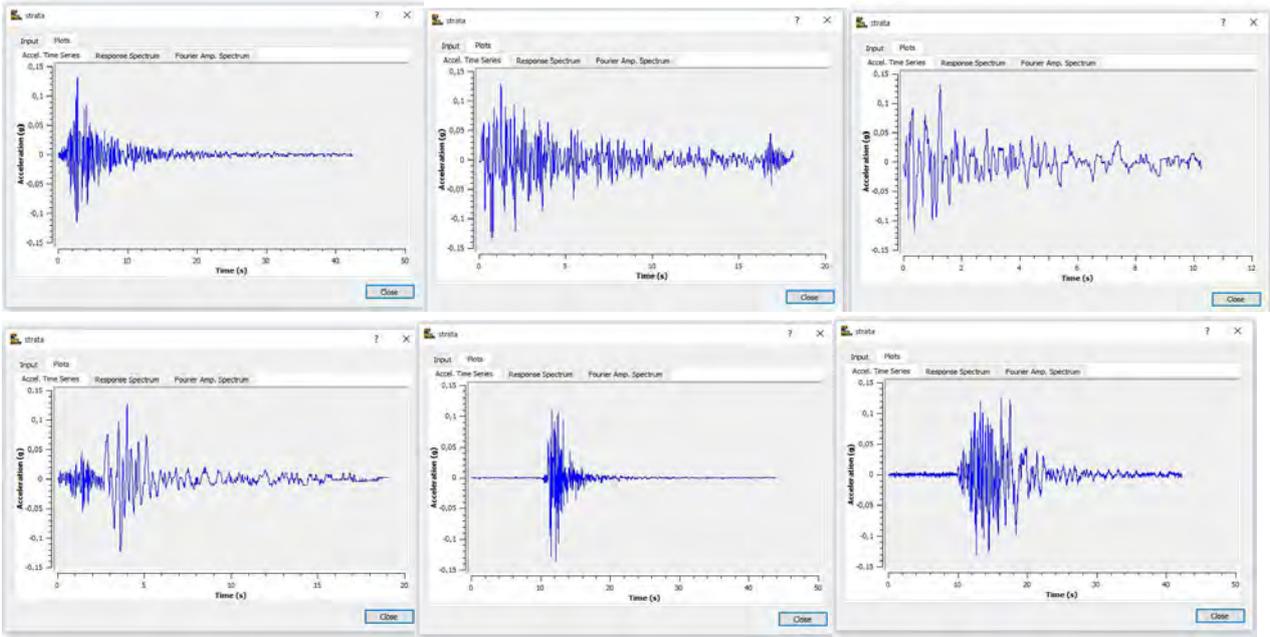
Per la definizione del moto sismico al bedrock sismico si ricorre alla terna di accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia Romagna scalati per il comune di Ferrara. Poi si implementa l'analisi con altri sette accelerogrammi spettrocompatibili estratti con Rexel e scalati al valore di 0,132g. Si rammenta che le analisi nella pianificazione territoriale si operano con tempo di ritorno di $T_R=475$ anni. L'analisi che si conduce è di tipo lineare equivalente (EOL).

La falda freatica viene assunta a -1,2m dal p.c. (massima quota a cui è stata misurata).

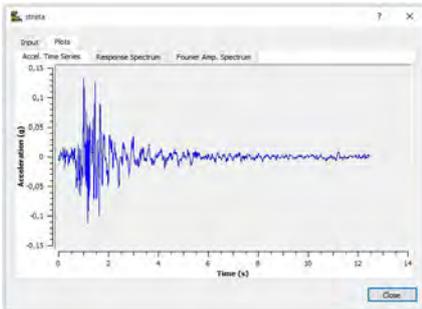
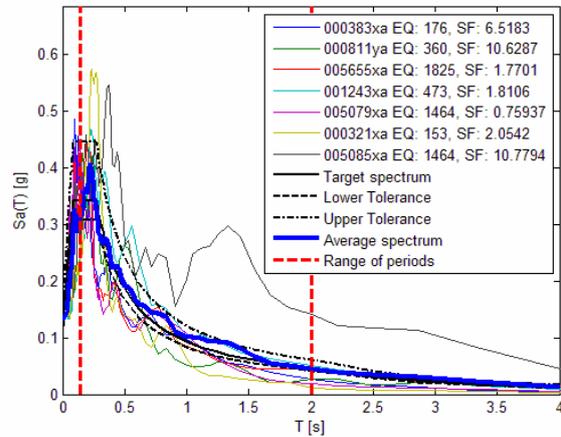
Di seguito si riportano i tre accelerogrammi spettrocompatibili forniti dalla Regione per il comune di Ferrara.



Ora si forniscono i dati dei 7 accelerogrammi estratti, con i criteri di estrazione applicati.



Combination no. 1, SF_{mean} = 4.903

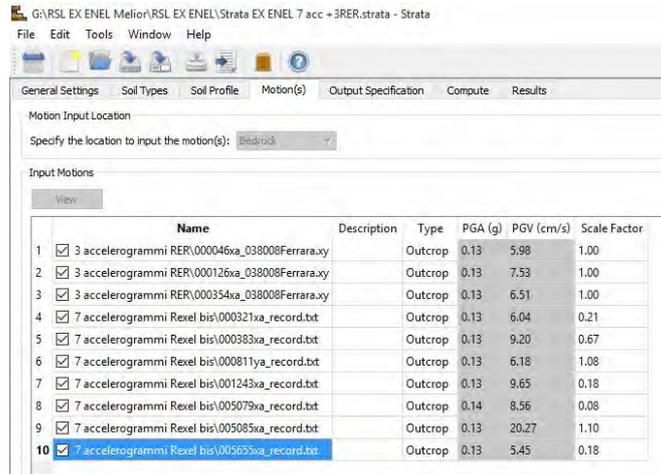


Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]	PGA_X [m/s ²]	PGA_Y [m/s ²]	PGV_X [m/s]	PGV_Y [m/s]	ID_X	ID_Y	Np_X	Np_Y	EC8 Site class
383	176	S1153	Lazio Abruzzo (aftershock)	11/05/1984	05.05	normal	14	1,377083333	1,397222222	0,099305556	0,009	82,592	102,276	0,85738	0,73207	A
811	360	S1225	Umbria Marche (aftershock)	09/11/1997	04.09	normal	15	1,161111111	0,844444444	0,0065	0,0065	54,041	88,472	6,483889	0,48226	A
5655	1825	ST2950	NE of Banja Luka	13/08/1981	05.07	oblique	10	5,070833333	5,1375	0,420833333	0,234077778	46,028	98,144	0,92061	5,152083	A
1243	473	S1575	Izmit (aftershock)	13/09/1999	05.08	oblique	15	4,956944444	3,112	0,382638889	1,009722222	58,117	40,128	0,72006	0,42541	A
5079	1464	ST2552	Mt. Hengill Area	04/06/1998	05.04	strike slip	6	1,702	1,332	0,757638889	0,351388889	53,469	5,526	0,94232	1,006	A
321	153	S1120	Campano Lucano (aftershock)	16/01/1981	05.02	normal	8	4,369444444	4,360416667	0,202777778	0,2375	117,343	106,938	0,78433	0,44497	A
5085	1464	ST2497	Mt. Hengill Area	04/06/1998	05.04	strike slip	15	0,832638889	1,190277778	0,130555556	0,1625	83,003	58,882	6,034028	10,397	A
mean:					5,41428571		11,85714286	0,608657143	0,900642857	0,041942857	0,043128571	7,07418571	7,858571	0,860627	0,696041	

M min: 4.9 - M max: 5.8 - R min [km]: 0 - R max [km]: 15 - Site class: Same as target spectrum (A)

Database: European Strong-motion Database.

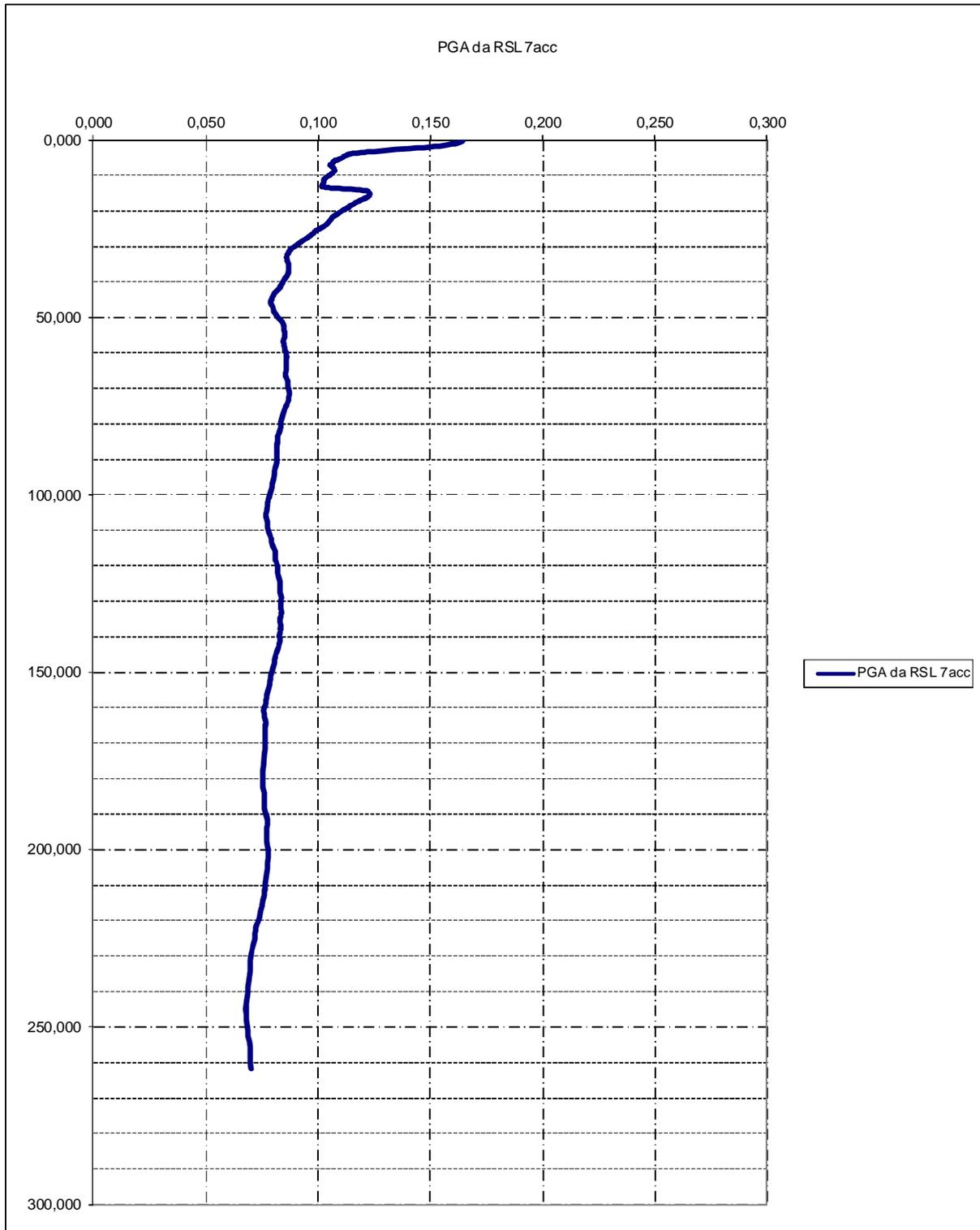
Lon. [°]: 11.617 - Lat. [°]: 44.837 - Site class: A - Top. cat.: T1 - Vn: 50 years - CU: II - SL: SLV



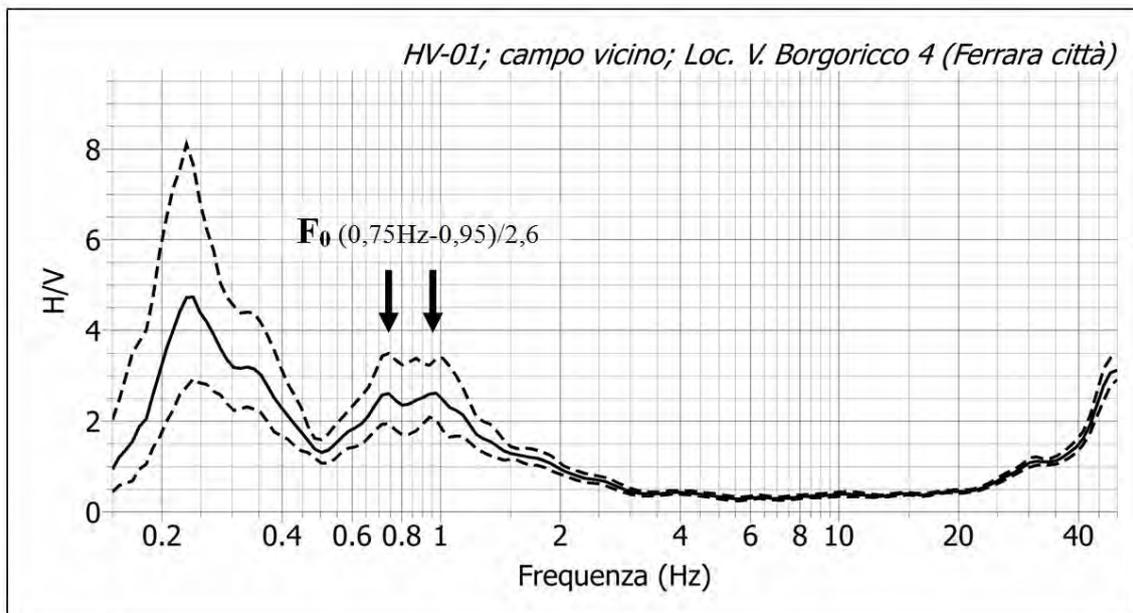
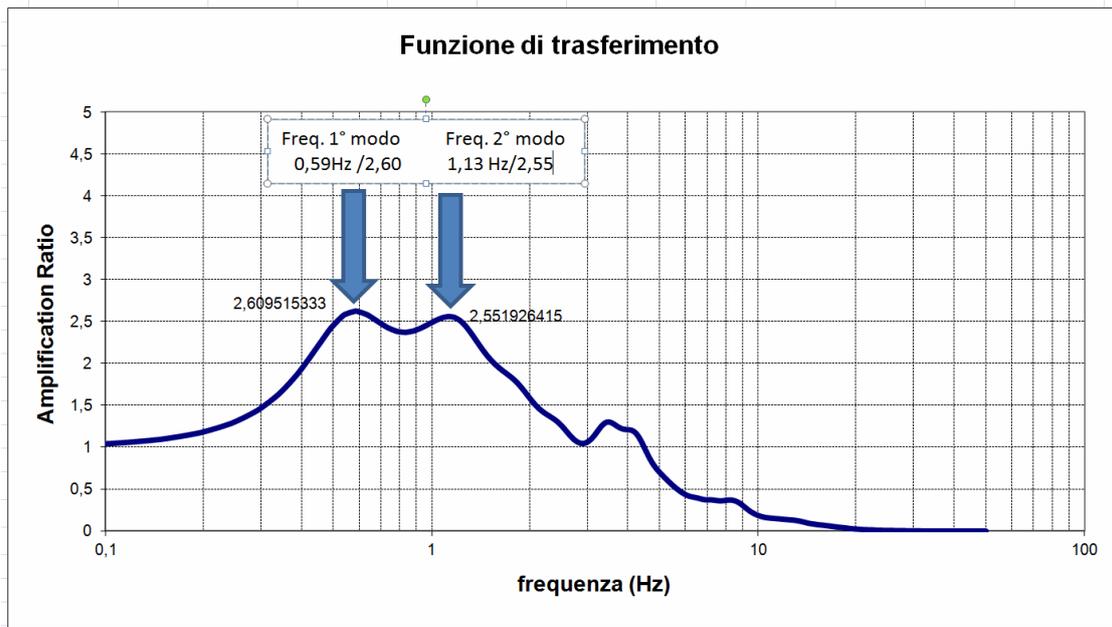
Utilizzando il codice STRATA, con una analisi di tipo equivalente lineare, si ottengono i risultati riportati di seguito.

Nel grafico che segue è riportato profilo di PGA medio, ricavato dall'analisi dei 3+7 accelerogrammi, dal bedrock fino al piano campagna. Come si può notare negli ultimi 30metri, i processi amplificativi prevalgono su quelli dissipativi e si ha una amplificazione dell'accelerazione. In superficie si ottengono i seguenti valori di PGA:

$$F.A.=0,164/0,132=1,24$$

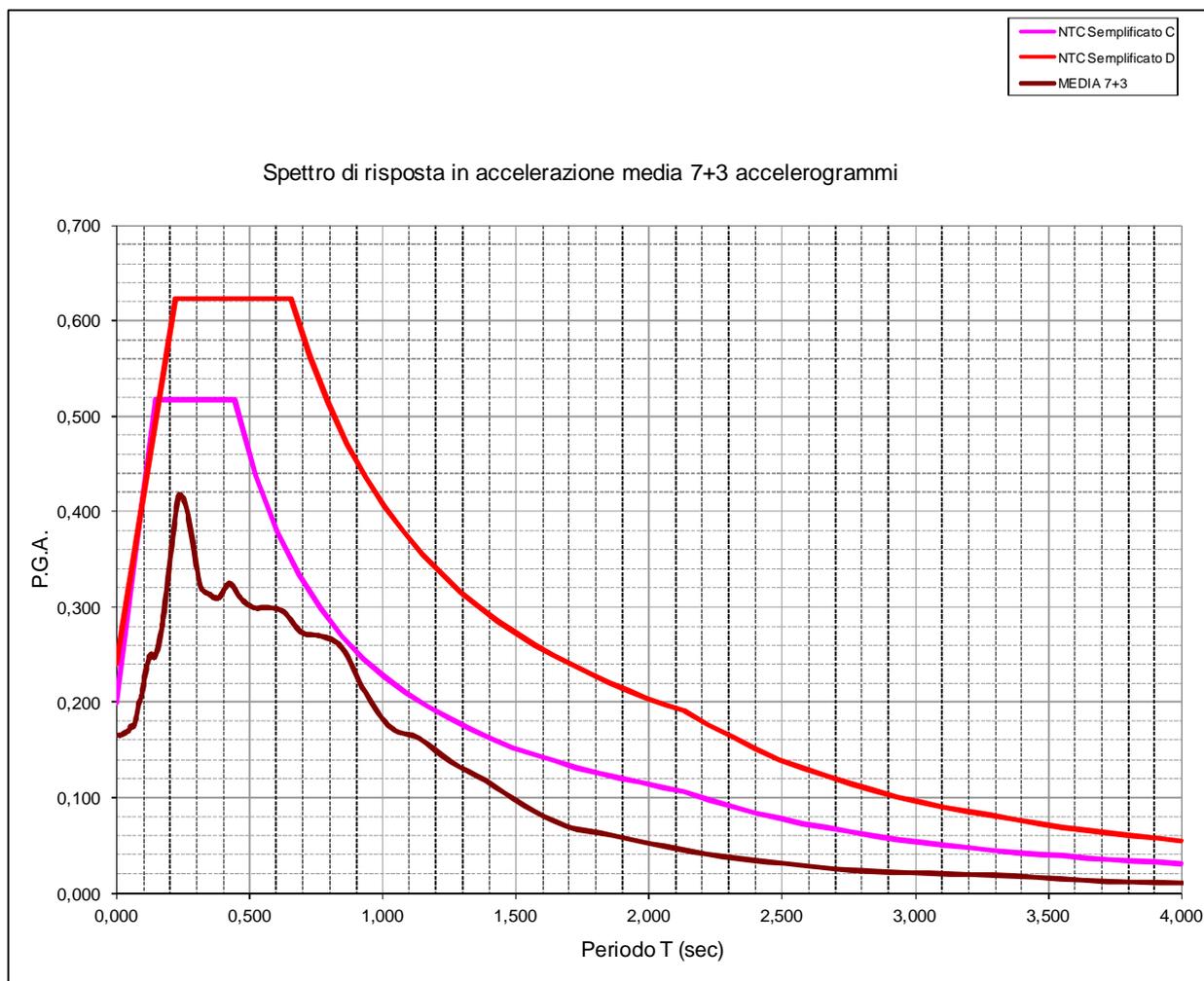


La funzione di trasferimento che regola queste amplificazioni è la seguente:

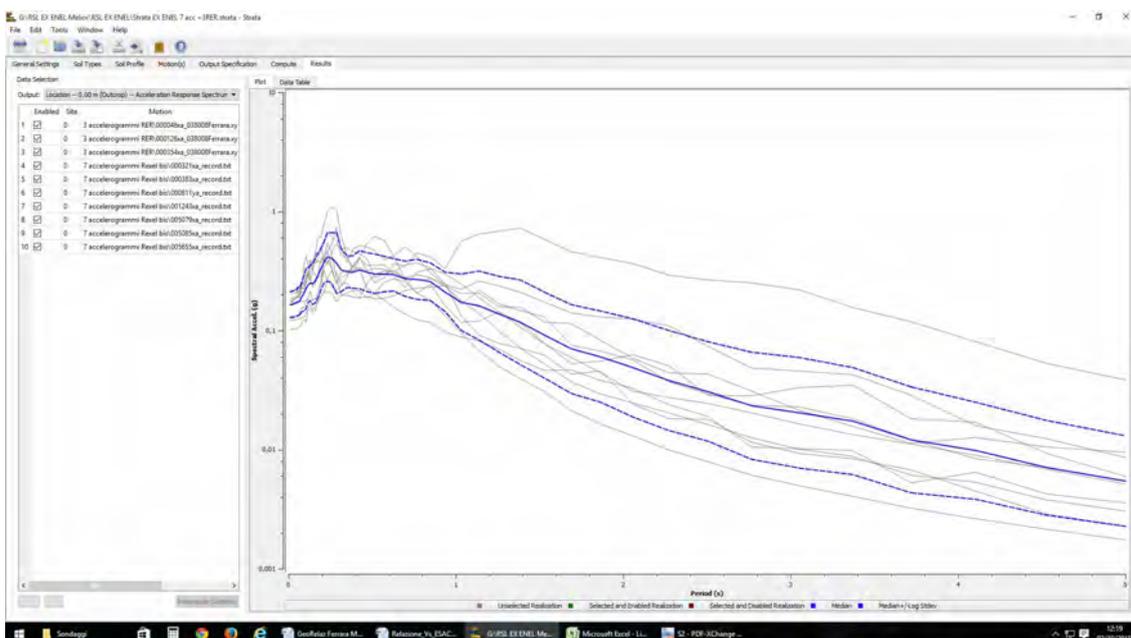


Dal confronto tra la funzione di trasferimento calcolata con la RSL e quella derivata dalle misure di H/V si ottiene una buona congruenza, che valida il lavoro fatto.

Si riporta ora lo spettro in accelerazione medio ricavato dalla analisi di RSL condotta con i 3+7 accelerogrammi.



Come si può notare lo spettro medio è molto ben contenuto dallo spettro semplificato della categoria di suolo di fondazione C. Si rimarca il fatto che lo spettro medio è stato derivato dalla analisi condotta con i 3 accelerogrammi della Regione, già scalati per il comune di Ferrara, e dal gruppo di 7 accelerogrammi spettrocompatibili estratti con Rexel dalla banca dati "European Strong-motion Database".



I valori dei tre spettri riportati nel grafico sopra sono riportati di seguito.

periodo T	MEDIA
0,01	0,00
0,01	0,00
0,01	0,00
0,01	0,00
0,01	0,00
0,02	0,00
0,02	0,00
0,02	0,00
0,02	0,00
0,02	0,00
0,03	0,00
0,03	0,00
0,03	0,00
0,04	0,00
0,04	0,00
0,04	0,00
0,05	0,00
0,05	0,00
0,06	0,00
0,07	0,00
0,07	0,00
0,08	0,00
0,09	0,00
0,10	0,00
0,11	0,00
0,12	0,00
0,13	0,00
0,14	0,00
0,16	0,00
0,17	0,00
0,19	0,00
0,21	0,00
0,23	0,00
0,26	0,00
0,29	0,00
0,32	0,00
0,35	0,00
0,38	0,00
0,42	0,00
0,47	0,00
0,52	0,00
0,57	0,00
0,63	0,00
0,70	0,00
0,77	0,00
0,85	0,00
0,93	0,00
1,03	0,00
1,14	0,00
1,26	0,00
1,39	0,00
1,53	0,00
1,69	0,00
1,86	0,00
2,06	0,00
2,27	0,00
2,51	0,00
2,77	0,00
3,05	0,00
3,37	0,00
3,72	0,00
4,10	0,00
4,53	0,00
5,00	0,00

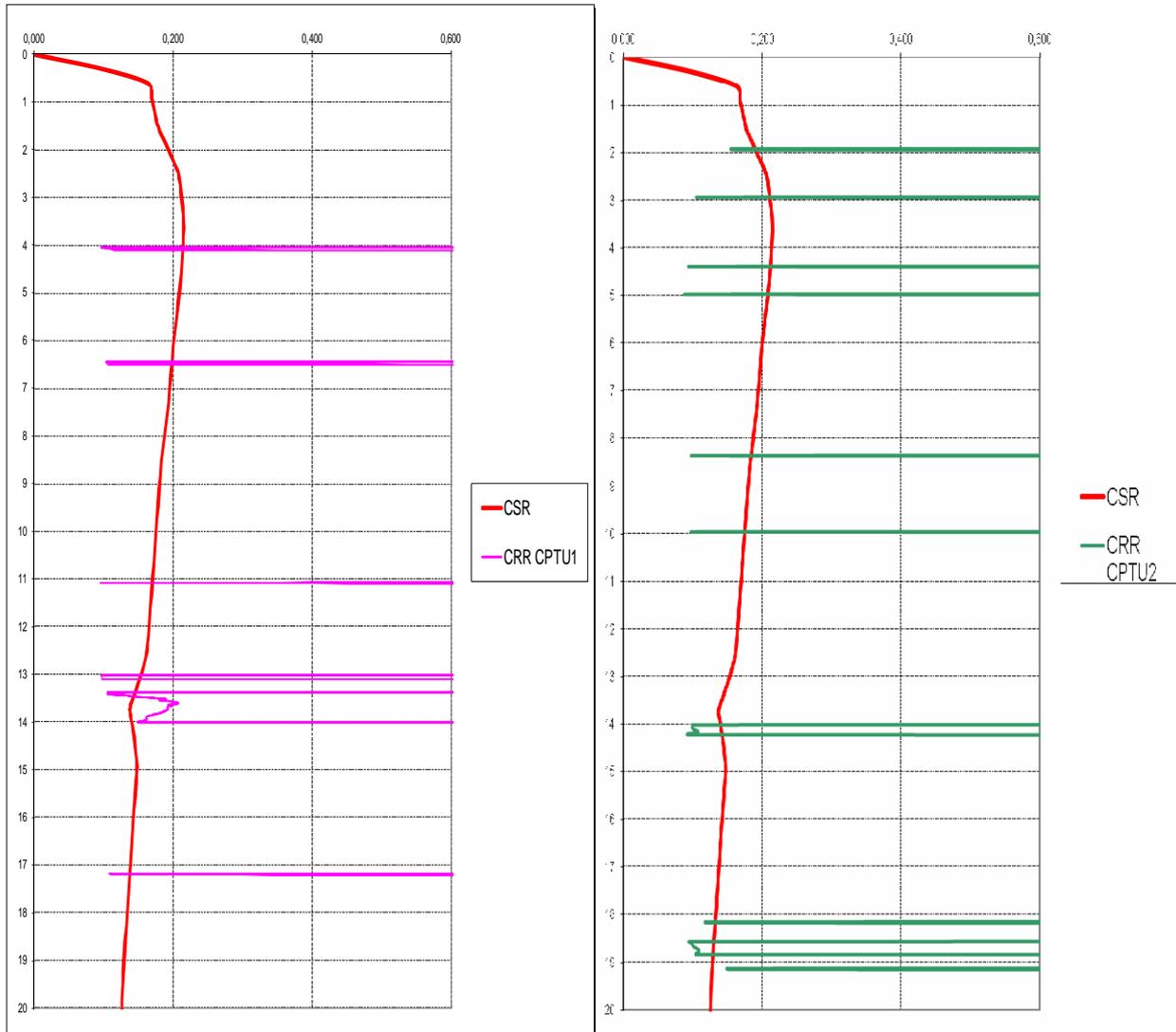
NTC2008 C		NTC2008 D	
0,000	0,199	0,000	0,240
0,147	0,517	0,218	0,624
0,440	0,517	0,654	0,624
0,521	0,437	0,724	0,563
0,602	0,378	0,795	0,513
0,682	0,334	0,865	0,471
0,763	0,298	0,936	0,436
0,844	0,270	1,006	0,405
0,924	0,246	1,077	0,379
1,005	0,227	1,147	0,355
1,086	0,210	1,218	0,335
1,166	0,195	1,288	0,316
1,247	0,183	1,359	0,300
1,328	0,172	1,429	0,285
1,408	0,162	1,500	0,272
1,489	0,153	1,570	0,260
1,569	0,145	1,641	0,248
1,650	0,138	1,711	0,238
1,731	0,132	1,782	0,229
1,811	0,126	1,852	0,220
1,892	0,120	1,923	0,212
1,973	0,115	1,993	0,205
2,053	0,111	2,064	0,198
2,134	0,107	2,134	0,191
2,223	0,098	2,223	0,176
2,312	0,091	2,312	0,163
2,401	0,084	2,401	0,151
2,489	0,078	2,489	0,140
2,578	0,073	2,578	0,131
2,667	0,068	2,667	0,122
2,756	0,064	2,756	0,115
2,845	0,060	2,845	0,107
2,934	0,056	2,934	0,101
3,023	0,053	3,023	0,095
3,111	0,050	3,111	0,090
3,200	0,047	3,200	0,085
3,289	0,045	3,289	0,080
3,378	0,043	3,378	0,076
3,467	0,040	3,467	0,072
3,556	0,038	3,556	0,069
3,645	0,037	3,645	0,065
3,733	0,035	3,733	0,062
3,822	0,033	3,822	0,060
3,911	0,032	3,911	0,057
4,000	0,030	4,000	0,054

Questi dati andranno valutati in sede progettuale degli edifici, anche in base allo smorzamento che può derivare dalla rigidità della struttura che si andrà a progettare o a valutare, ovvero in base al suo fattore di struttura q . Le valutazioni a cui si è pervenuti in questo studio sono per un $q=1$ (ovvero per un coefficiente di smorzamento ξ del 5%). Lo strutturista potrà effettuare una RSL più vicina alla realtà in quanto potrà tenere conto anche del fattore di struttura.

5.1. ANALISI DELLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE SATURE

Con STRATA è possibile ricavare direttamente la curva della CSR (sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma) in funzione del profilo di PGA, stimata con la RSL.

Sovrapponendo il grafico della CRR (resistenza del deposito agli sforzi di taglio ciclico) per la prova SCPTU1 e per la prova SCPTU2, con il grafico della CSR, è possibile visualizzare le porzioni di terreno che hanno fattore di resistenza alla liquefazione inferiori ad 1.



Come si può notare, il problema della liquefazione delle sabbie non è presente sul sito compreso tra via Contrada di Borgoricco e via Bocccanale di Santo Stefano.

Questo è dimostrato sia applicando le accelerazioni sismiche da Atto di indirizzo 112/2007, che sono uguali a quelle delle NTC 2008 per $TR=475$, sia utilizzando le accelerazioni da Risposta Sismica Locale.

Codigoro, li 01/10/2015

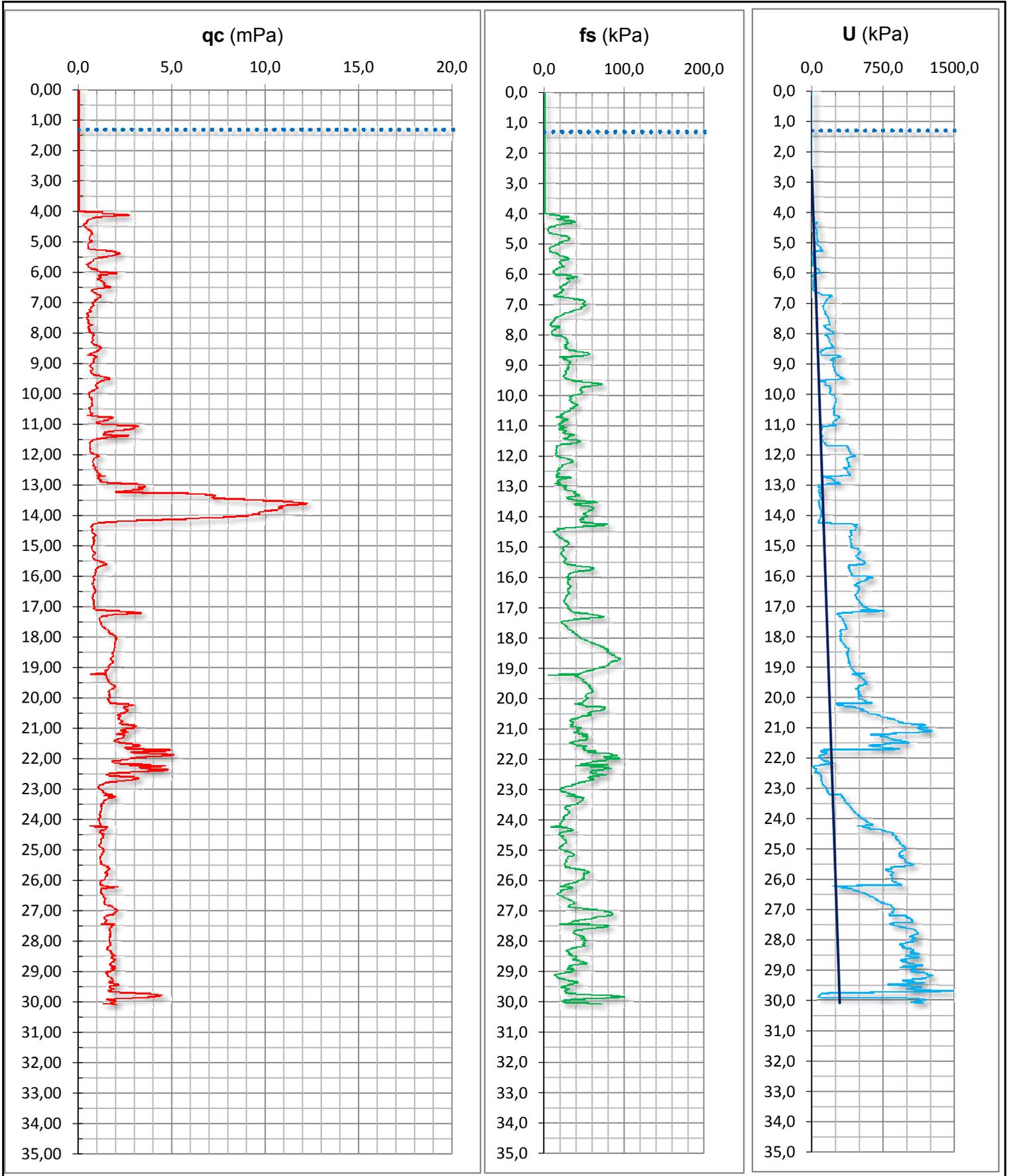
Dott. Geologo Thomas Veronese
Thomas Veronese
Stampa: Circolo Professionale Geologi e Geotecnici della Provincia di Ferrara

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

RIF. PROVA:	CPTU n°:
rif.U 10-12	SCPTU1

COMMITTENTE: Melior valorizzazione immobili s.r.l
 CANTIERE: Area EX uffici ENEL Ferrara
 DATA: 20/09/2012

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,08
 PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,30
 PREFORO (m da p.c.): 4,00

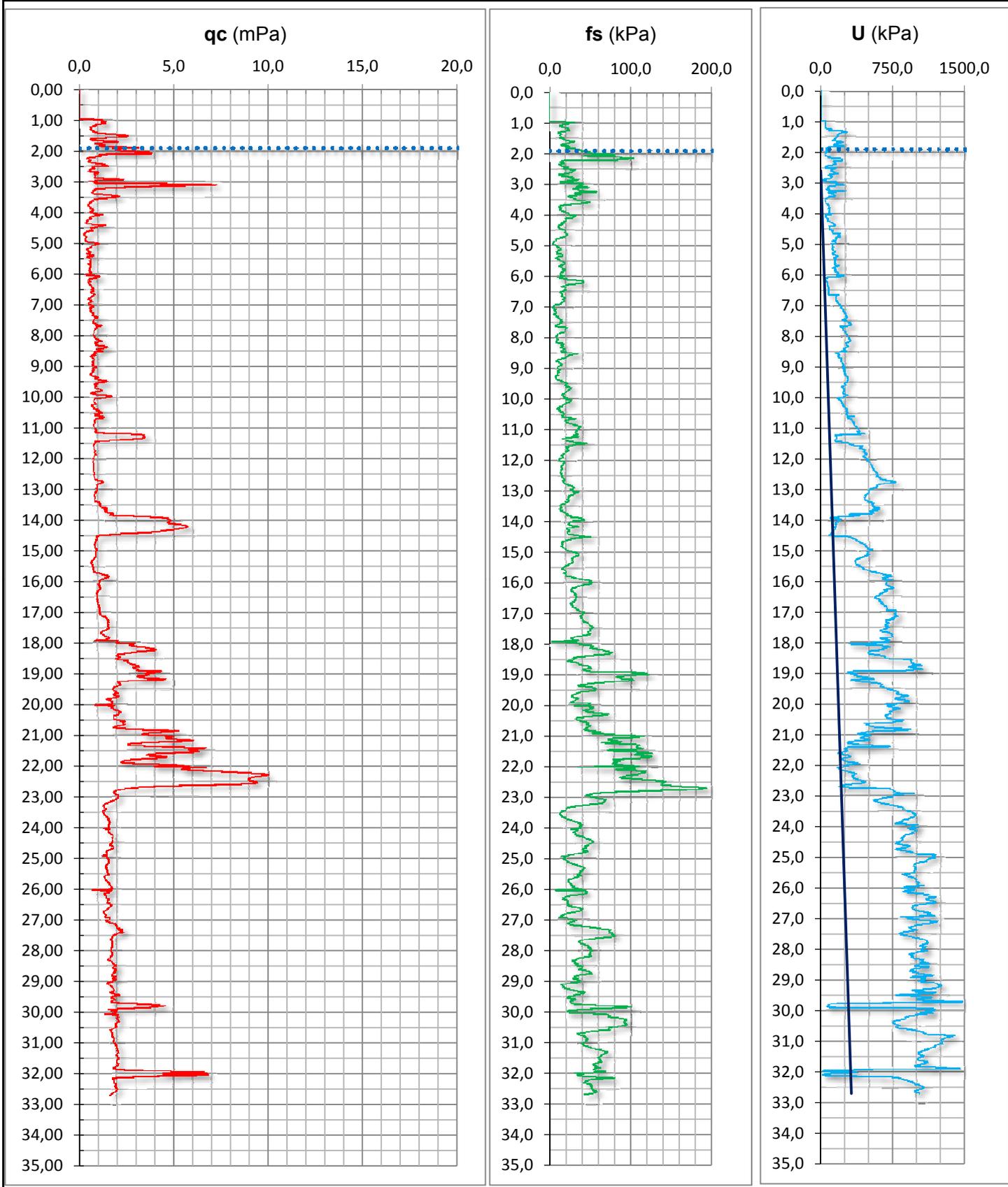


PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

RIF. PROVA:	CPTU n°:
rif.U 10-12	SCPTU2

COMMITTENTE: Melior valorizzazione immobili s.r.l
 CANTIERE: Area EX uffici ENEL Ferrara
 DATA: 10/05/2012

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 32,70
 PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,90
 PREFORO (m da p.c.): 0,98



Dott. Geol. Thomas Veronese Via Romea, 80 44023 Vaccolino (FE)			Inizio Esecuzione 09/09/2015	Fine Esecuzione 10/09/2015	Metodo Perfor. Carotaggio continuo	Sondaggio S1								
Committente Melior Valorizzazione Immobiliari srl				Località Ferrara										
Campioni Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimaneggiati [RI] Denison [D] Osterberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]			Foto		Livello Acqua		Prof. Foro	Prof. Riv.	Assistente T. Veronese					
					Data 09-09-15	Mt. p.c. 5.15	40	Operatore Elletipi						
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P. kg/cm2	T.V. kg/cm2	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro
			tipo	num	PROF					N1	N2	N3		
1	,15					Soletta in CLS								
	,35					Stabilizzato granulometrico composto da ghiaia sabbia e limo								
2						Limo argilla e sabbia e abbondanti clasti di laterizio e calcinacci marrone scuro								
	2,40					Sabbia limosa con clasti di laterizio sciolta nocciola chiaro								
3	3,00					Perso carota								
4	4,00					Limo argilloso sabbioso sciolto di colore nocciola								
	4,80					Limo sciolto grigio verde								
5	5,20					Argilla limosa moderatamente consistente grigio verde	0.80	0.44						
	5,40					Limo sabbioso fine sciolto grigio								
6	5,90					Limo argilloso sciolto grigio								
	6,05					Argilla debolmente limosa con abbondanti screziature rossastre e puntinature con noduli a calcinelle consistente	1.40	0.64						
7	6,80					Limo argilloso sabbioso sciolto grigio verde	1.50	0.84						
	7,50						1.40	0.60						
8	8,10					SH1								
						Argilla debolmente limosa moderatamente consistente grigio verde	0.60	0.30						
9							0.60	0.28						
							1.40	0.76						
							1.50	0.68						
							1.40	0.80						
	10,20						1.30	0.60						

Dott. Geol. Thomas Veronese Via Romea, 80 44023 Vaccolino (FE)			Inizio Esecuzione 09/09/2015		Fine Esecuzione 10/09/2015		Metodo Perfor. Carotaggio continuo		Sondaggio S1					
Committente Melior Valorizzazione Immobiliari srl			Quota p.c.		Attrezzatura									
Campioni Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimanecciati [RI] Denison [D] Osterberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]			Foto		Livello Acqua		Prof. Foro	Prof. Riv.	Assistente T. Veronese					
					Data 09-09-15	Mt. p.c. 5.15	40	Operatore Elletipi						
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P. kg/cm2	T.V. kg/cm2	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro
			tipo	num	PROF					N1	N2	N3		
21	20,20					SH3								
						Limo poco addensato grigio verde		2.50 2.20	0.48 0.56					
	21,00							2.90	0.92					
22	21,70					Perso carota		1.50	0.64					
	22,30					Argilla limosa consistente grigia								
	22,50					Argilla torbosa marrone								
23	23,30					Limo argilloso poco addensato grigio scuro								
								1.20 1.00	0.56 0.49					
	24,40					Argilla limosa consistente grigio chiara		1.00	0.36					
25	24,40					Argilla limosa consistente grigio scura		0.90 1.20	0.45 0.66					
	25,30					Argilla debolmente limosa consistente grigio verde		1.50	0.82					
	25,70					Argilla e limo consistente grigio verde		1.40	0.74					
26	26,10					Argilla debolmente limosa consistente grigio verde		1.00	0.36					
						Argilla debolmente limosa consistente grigio verde		1.00	0.50					
	26,80					Argilla debolmente limosa consistente grigio verde		1.90	1.40					
27	27,00					Argilla torbosa consistente grigio nerastra		1.30	0.82					
	27,50					Argilla debolmente limosa con abbondanti noduli a calcinelle consistente		1.90 2.00	1.20 0.90					
						Argilla debolmente limosa con abbondanti noduli a calcinelle consistente		1.50	0.48					
28	28,40					Argilla limosa consistente nocciola		1.40	0.74					
	28,50					Argilla limosa consistente nocciola		2.10	1.08					
	29,20					Argilla debolmente limosa consistente nocciola								
29	29,50					SH4		3.00 3.00	1.60 1.40					
								1.40	0.96					
								1.70	0.94					

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

<i>Committente:</i>	dott. geol. Thomas Veronese
<i>Cantiere:</i>	ex ENEL
<i>Località:</i>	Via Borgoricco, Ferrara
<i>Sondaggio:</i>	2
<i>Campione:</i>	Sh 5
<i>Profondità (m):</i>	3.60 - 4.10

<i>Certificato di prova N°:</i>	
<i>Verbale di accettazione N°:</i>	388/15

<i>Commessa:</i>	14637/15
<i>Data ricevimento campione:</i>	15/09/15
<i>Data prova:</i>	15/09/15
<i>Data emissione certificato:</i>	

DATI INIZIALI		
<i>Altezza:</i>	140.00	mm
<i>Diametro:</i>	70.00	mm
<i>Raggio eq.:</i>	24.745	mm
<i>Massa:</i>	1048.0	g
<i>W:</i>	26.3	%
<i>γ:</i>	19.08	kN/m ³
<i>γ_s:</i>	15.11	-
<i>e:</i>	0.72	-

DATI DI PROVA		
<i>Tipo di campione:</i>	Sabbia fine con limo grigia	
<i>Fattore Raggio Eq.:</i>	0.707	-
<i>Coefficiente B:</i>	0.98	%
<i>Pressione cella:</i>	490	kPa
<i>Contropressione:</i>	450	kPa

DATI FINALI		
<i>Altezza:</i>	137.98	mm
<i>Diametro:</i>	68.97	mm
<i>Raggio eq.:</i>	24.384	mm
<i>Massa:</i>	1024.7	g
<i>W:</i>	25.1	%
<i>γ:</i>	19.88	kN/m ³
<i>γ_s:</i>	15.89	-
<i>e:</i>	0.67	-

	<i>Frequenza Risonanza (Hz)</i>	<i>Momento Torcente (Nm)</i>	<i>Def. Taglio max (%)</i>	<i>Vel. Onde Taglio V_s (m/s)</i>	<i>Modulo Taglio G (MPa)</i>	<i>G/G₀</i>	<i>Rapporto Smorz. D (%)</i>	<i>ΔU/σ³</i>
Test 1*	134.50	0.0002	1.41E-04	158.48	50.30	1.000	N/A	0.000
Test 2	134.50	0.0005	2.67E-04	158.48	50.30	1.000	0.62	0.000
Test 3	133.00	0.0010	5.34E-04	156.71	49.18	0.978	0.87	0.000
Test 4	132.00	0.0015	7.70E-04	155.54	48.45	0.963	1.36	0.001
Test 5	129.50	0.0030	1.39E-03	152.59	46.63	0.927	1.72	0.000
Test 6	125.00	0.0100	3.37E-03	147.29	43.45	0.864	1.80	0.001
Test 7	119.00	0.0250	5.48E-03	140.22	39.37	0.783	3.92	0.009
Test 8	112.00	0.0350	9.03E-03	131.97	34.88	0.693	4.32	0.009
Test 9	101.50	0.0800	1.89E-02	119.60	28.65	0.570	5.42	0.054
Test 10	87.50	0.1500	3.82E-02	103.10	21.29	0.423	8.64	0.059
Test 11	72.50	0.2500	7.19E-02	85.43	14.61	0.290	12.29	0.072
Test 12	39.00	0.4999	3.43E-01	45.95	4.23	0.084	16.84	0.199
Test 13	18.50	0.7000	1.08E+00	21.80	0.95	0.019	23.94	0.785
Test 14								
Test 15								
Test 16								
Test 17								
Test 18								
Test 19								
Test 20								

* Test 1 corrispondente al valore G₀

Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

Direttore del Laboratorio:
dott. geol. Massimo Romagnoli

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: **dott. geol. Thomas Veronese**

Cantiere: **ex ENEL**

Località: **Via Borgoricco, Ferrara**

Sondaggio: **2**

Campione: **Sh 5**

Profondità (m): **3.60 - 4.10**

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: **388/15**

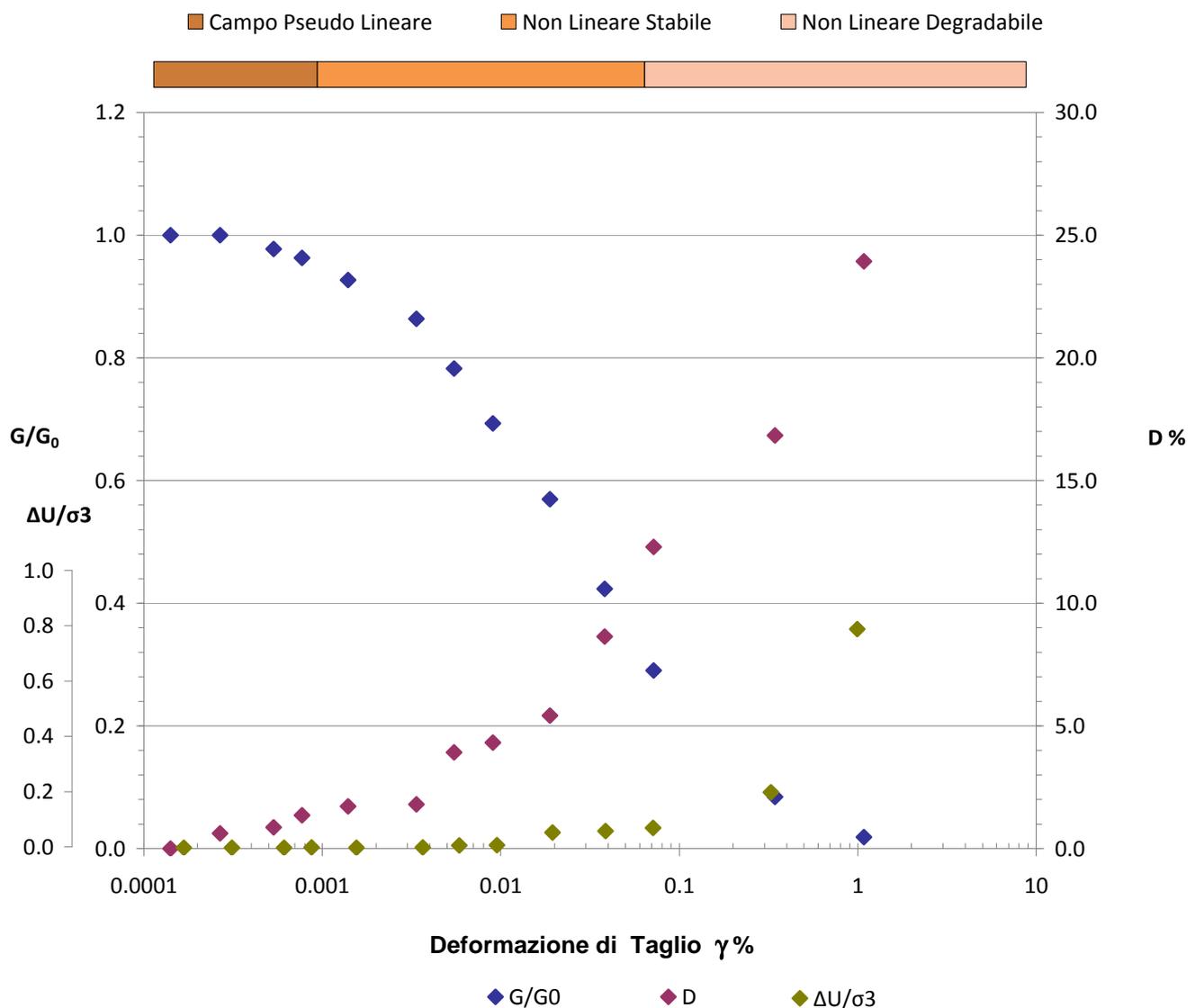
Commessa: **14637/15**

Data ricevimento campione: **15/09/15**

Data prova: **15/09/15**

Data emissione certificato:

Legge Costitutiva del Terreno



Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

Direttore del Laboratorio:
dott. geol. Massimo Romagnoli

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: dott. geol. Thomas Veronese Cantiere: ex ENEL Località: Via Borgoricco, Ferrara Sondaggio: 1 Campione: Sh 1 Profondità (m): 7,50 - 8,10	Certificato di prova N°: Verbale di accettazione N°: 388/15
	Commessa: 14637/15 Data ricevimento campione: 15/09/15 Data prova: 18/09/15 Data emissione certificato:

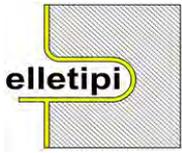
DATI INIZIALI	DATI DI PROVA	DATI FINALI
Altezza: 140.00 mm Diametro: 70.00 mm Raggio eq.: 24.745 mm Massa: 1007.0 g W: 33.9 % γ: 18.34 kN/m ³ γ _s : 13.69 - e: 0.93 -	Tipo di campione: Limo con argilla grigio chiaro Fattore Raggio Eq.: 0.707 - Coefficiente B: 0.96 % Pressione cella: 528 kPa Contropressione: 450 kPa	Altezza: 137.87 mm Diametro: 68.91 mm Raggio eq.: 24.363 mm Massa: 982.4 g W: 32.0 % γ: 19.11 kN/m ³ γ _s : 14.47 - e: 0.87 -

	Frequenza Risonanza (Hz)	Momento Torcente (Nm)	Def. Taglio max (%)	Vel. Onde Taglio V _s (m/s)	Modulo Taglio G (MPa)	G/G ₀	Rapporto Smorz. D (%)	ΔU/σ ³
Test 1*	133.00	0.0004	1.45E-04	161.14	48.53	1.000	0.40	0.000
Test 2	133.00	0.0010	2.91E-04	161.14	48.53	1.000	0.39	0.000
Test 3	131.00	0.0020	5.05E-04	158.72	47.08	0.970	0.28	0.000
Test 4	128.00	0.0030	8.92E-04	155.08	44.95	0.926	0.59	0.000
Test 5	126.00	0.0050	1.73E-03	152.66	43.56	0.898	1.27	0.000
Test 6	125.00	0.0200	3.34E-03	151.45	42.87	0.883	1.95	0.000
Test 7	118.50	0.0300	7.67E-03	143.57	38.53	0.794	2.86	0.000
Test 8	113.00	0.0500	1.32E-02	136.91	35.03	0.722	3.80	0.006
Test 9	100.00	0.1194	2.80E-02	121.16	27.44	0.565	6.26	0.024
Test 10	80.50	0.3000	6.93E-02	97.53	17.78	0.366	13.55	0.021
Test 11	68.00	0.4497	1.17E-01	82.39	12.69	0.261	18.19	0.049
Test 12	51.00	0.8000	2.84E-01	61.79	7.14	0.147	22.77	0.094
Test 13	36.00	1.0000	6.16E-01	43.62	3.56	0.073	25.45	0.235
Test 14								
Test 15								
Test 16								
Test 17								
Test 18								
Test 19								
Test 20								

 * Test 1 corrispondente al valore G₀

 Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

 Direttore del Laboratorio:
dott. geol. Massimo Romagnoli

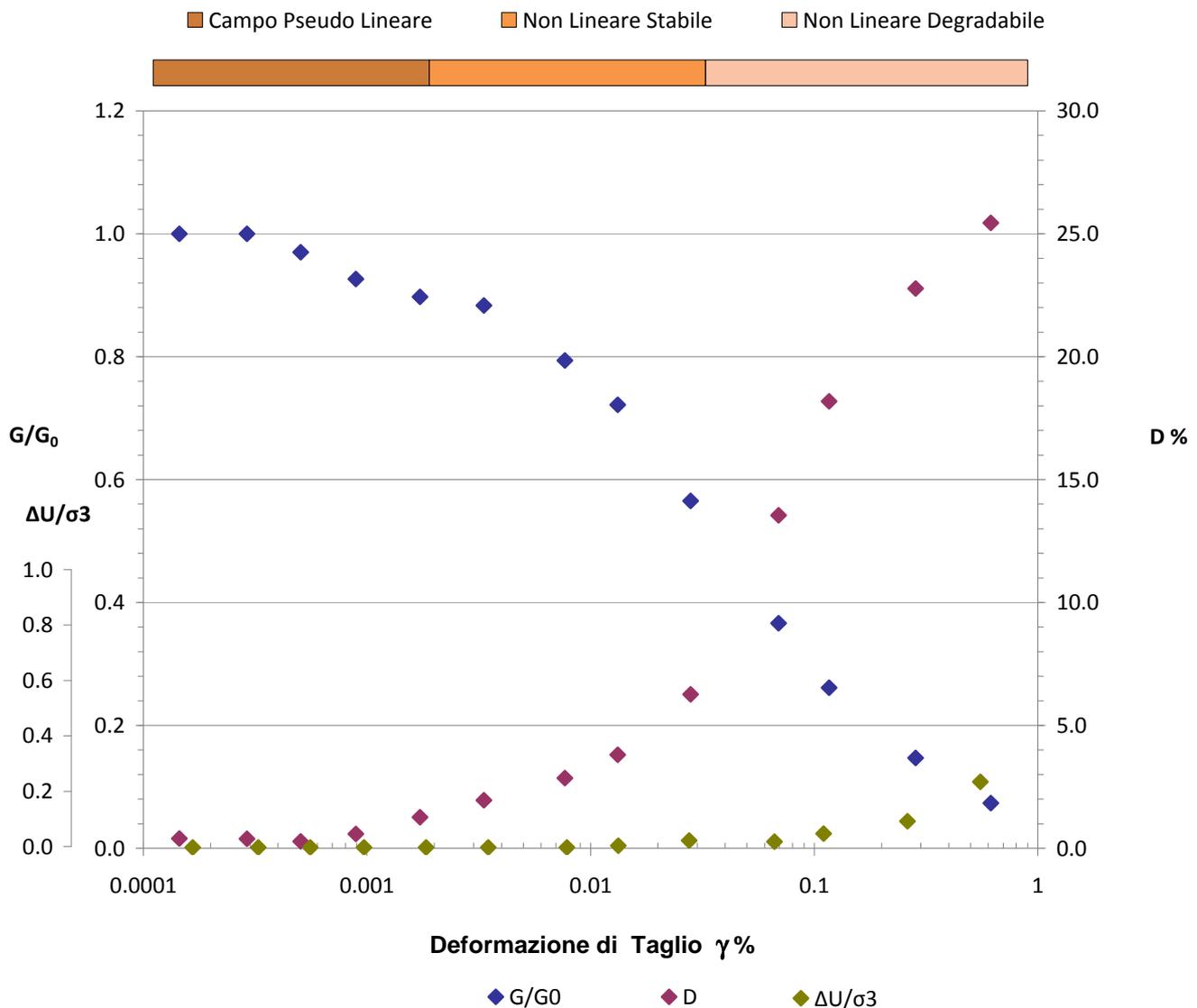


®

elletipi s.r.l.

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it[Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC](#)**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)****Committente:** dott. geol. Thomas Veronese**Cantiere:** ex ENEL**Località:** Via Borgoricco, Ferrara**Sondaggio:** 1**Campione:** Sh 1**Profondità (m):** 7,50 - 8,10**Certificato di prova N°:****Verbale di accettazione N°:** 388/15**Commessa:** 14637/15**Data ricevimento campione:** 15/09/15**Data prova:** 18/09/15**Data emissione certificato:****Legge Costitutiva del Terreno**Sperimentatore:
dott. Luciano RossiDirettore del Laboratorio:
dott. geol. Massimo Romagnoli

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: dott. geol. Thomas Veronese Cantiere: ex ENEL Località: Via Borgoricco, Ferrara Sondaggio: 1 Campione: Sh 2 Profondità (m): 15.00 - 15.60	Certificato di prova N°: Verbale di accettazione N°: 388/15
	Commessa: 14637/15 Data ricevimento campione: 15/09/15 Data prova: 21/09/15 Data emissione certificato:

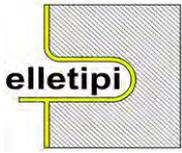
DATI INIZIALI			DATI DI PROVA			DATI FINALI		
Altezza:	140.00	mm	Tipo di campione:	Argilla limosa torbosa grigio marrone scuro		Altezza:	138.42	mm
Diametro:	70.00	mm		Fattore Raggio Eq.:	0.707	-	Diametro:	69.20
Raggio eq.:	24.745	mm	Coefficiente B:	0.91	%	Raggio eq.:	24.465	mm
Massa:	883.0	g	Pressione cella:	590	kPa	Massa:	864.8	g
W:	60.9	%	Contropressione:	450	kPa	W:	58.1	%
γ:	16.08	kN/m ³				γ:	16.61	kN/m ³
γ _s :	9.99	-				γ _s :	10.51	-
e:	1.65	-				e:	1.57	-

	Frequenza Risonanza (Hz)	Momento Torcente (Nm)	Def. Taglio max (%)	Vel. Onde Taglio V _s (m/s)	Modulo Taglio G (MPa)	G/G ₀	Rapporto Smorz. D (%)	ΔU/σ ³
Test 1*	119.20	0.0002	1.22E-04	152.44	38.08	1.000	0.42	0.000
Test 2	116.80	0.0004	2.20E-04	149.37	36.57	0.960	0.38	0.000
Test 3	116.20	0.0008	4.35E-04	148.60	36.19	0.950	0.41	0.000
Test 4	116.00	0.0015	8.73E-04	148.35	36.07	0.947	0.29	0.000
Test 5	115.00	0.0030	1.79E-03	147.07	35.45	0.931	0.97	0.000
Test 6	114.40	0.0070	4.08E-03	146.30	35.08	0.921	1.68	0.000
Test 7	113.80	0.0190	5.13E-03	145.53	34.71	0.912	1.54	0.000
Test 8	112.60	0.0220	8.02E-03	144.00	33.98	0.892	1.72	0.000
Test 9	111.40	0.0300	1.21E-02	142.47	33.26	0.873	2.06	0.001
Test 10	110.20	0.0500	2.03E-02	140.93	32.55	0.855	2.76	0.006
Test 11	104.60	0.0999	3.74E-02	133.77	29.33	0.770	3.90	0.006
Test 12	95.60	0.2000	6.44E-02	122.26	24.50	0.643	6.11	0.016
Test 13	87.80	0.2998	9.14E-02	112.28	20.66	0.543	8.06	0.011
Test 14	74.40	0.4999	1.54E-01	95.15	14.84	0.390	12.12	0.009
Test 15	63.80	0.6997	2.53E-01	81.59	10.91	0.287	15.79	0.018
Test 16	51.60	0.9995	4.43E-01	65.99	7.14	0.188	18.52	0.035
Test 17	41.60	1.2998	7.84E-01	53.20	4.64	0.122	21.00	0.076
Test 18								
Test 19								
Test 20								

* Test 1 corrispondente al valore G₀

Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

Direttore del Laboratorio:
dott. geol. Massimo Romagnoli

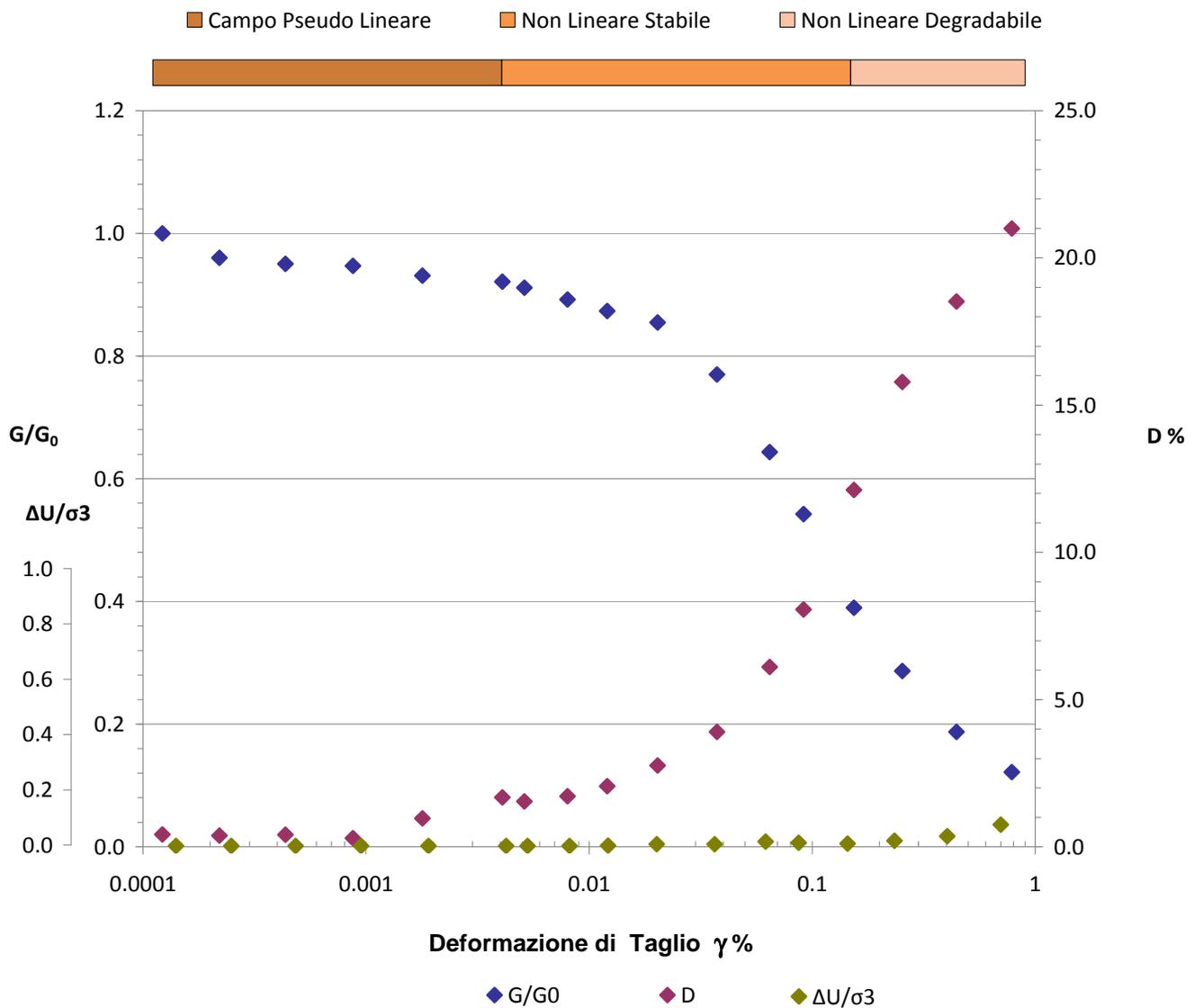


®

elletipi s.r.l.

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it[Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC](#)**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)****Committente:** dott. geol. Thomas Veronese**Cantiere:** ex ENEL**Località:** Via Borgoricco, Ferrara**Sondaggio:** 1**Campione:** Sh 2**Profondità (m):** 15.00 - 15.60**Certificato di prova N°:****Verbale di accettazione N°:** 388/15**Commessa:** 14637/15**Data ricevimento campione:** 15/09/15**Data prova:** 21/09/15**Data emissione certificato:****Legge Costitutiva del Terreno**Sperimentatore:
dott. Luciano RossiDirettore del Laboratorio:
dott. geol. Massimo Romagnoli

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: **dott. geol. Thomas Veronese**

Cantiere: **ex ENEL**

Località: **Via Borgoricco, Ferrara**

Sondaggio: **1**

Campione: **Sh 3**

Profondità (m): **19.50 - 20.10**

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: **388/15**

Commessa: **14637/15**

Data ricevimento campione: **15/09/15**

Data prova: **22/09/15**

Data emissione certificato:

DATI INIZIALI

Altezza:	140.00	mm
Diametro:	70.00	mm
Raggio eq.:	24.745	mm
Massa:	1089.0	g
W:	22.6	%
γ :	19.83	kN/m ³
γ_s :	16.18	-
e:	0.64	-

DATI DI PROVA

Tipo di campione:	Limo sabbioso argilloso grigio	
Fattore Raggio Eq.:	0.707	-
Coefficiente B:	0.95	%
Pressione cella:	639	kPa
Contropressione:	450	kPa

DATI FINALI

Altezza:	137.12	mm
Diametro:	68.52	mm
Raggio eq.:	24.224	mm
Massa:	1055.8	g
W:	20.8	%
γ :	20.88	kN/m ³
γ_s :	17.29	-
e:	0.56	-

	Frequenza Risonanza (Hz)	Momento Torcente (Nm)	Def. Taglio max (%)	Vel. Onde Taglio V_s (m/s)	Modulo Taglio G (MPa)	G/G ₀	Rapporto Smorz. D (%)	$\Delta U/\sigma^3$
Test 1*	202.00	0.0005	9.70E-05	237.14	113.66	1.000	0.56	0.000
Test 2	202.00	0.0010	1.90E-04	237.14	113.66	1.000	0.81	0.000
Test 3	202.00	0.0020	3.41E-04	237.14	113.66	1.000	0.79	0.000
Test 4	202.00	0.0050	8.92E-04	237.14	113.66	1.000	1.08	0.000
Test 5	200.50	0.0200	1.45E-03	235.38	111.98	0.985	0.90	0.000
Test 6	193.20	0.0298	3.59E-03	226.81	103.98	0.915	1.38	0.000
Test 7	189.00	0.0494	6.17E-03	221.88	99.51	0.876	2.08	0.000
Test 8	179.80	0.0796	9.10E-03	211.08	90.05	0.792	3.22	0.001
Test 9	167.40	0.1499	1.54E-02	196.52	78.06	0.687	6.89	0.003
Test 10	151.00	0.2499	2.51E-02	177.27	63.52	0.559	8.44	0.007
Test 11	137.80	0.3999	4.34E-02	161.77	52.90	0.465	10.44	0.012
Test 12	121.60	0.5998	6.97E-02	142.75	41.19	0.362	14.66	0.015
Test 13	104.40	0.7998	1.12E-01	122.56	30.36	0.267	18.57	0.020
Test 14	95.20	0.9998	1.54E-01	111.76	25.25	0.222	21.43	0.025
Test 15	81.60	1.2998	2.30E-01	95.80	18.55	0.163	27.16	0.029
Test 16	65.20	1.5999	4.06E-01	76.54	11.84	0.104	31.43	0.032
Test 17	43.20	1.9995	8.62E-01	50.72	5.20	0.046	32.89	0.036
Test 18								
Test 19								
Test 20								

* Test 1 corrispondente al valore G₀

Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

Direttore del Laboratorio:
dott. geol. Massimo Romagnoli

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: **dott. geol. Thomas Veronese**

Cantiere: **ex ENEL**

Località: **Via Borgoricco, Ferrara**

Sondaggio: **1**

Campione: **Sh 3**

Profondità (m): **19.50 - 20.10**

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: **388/15**

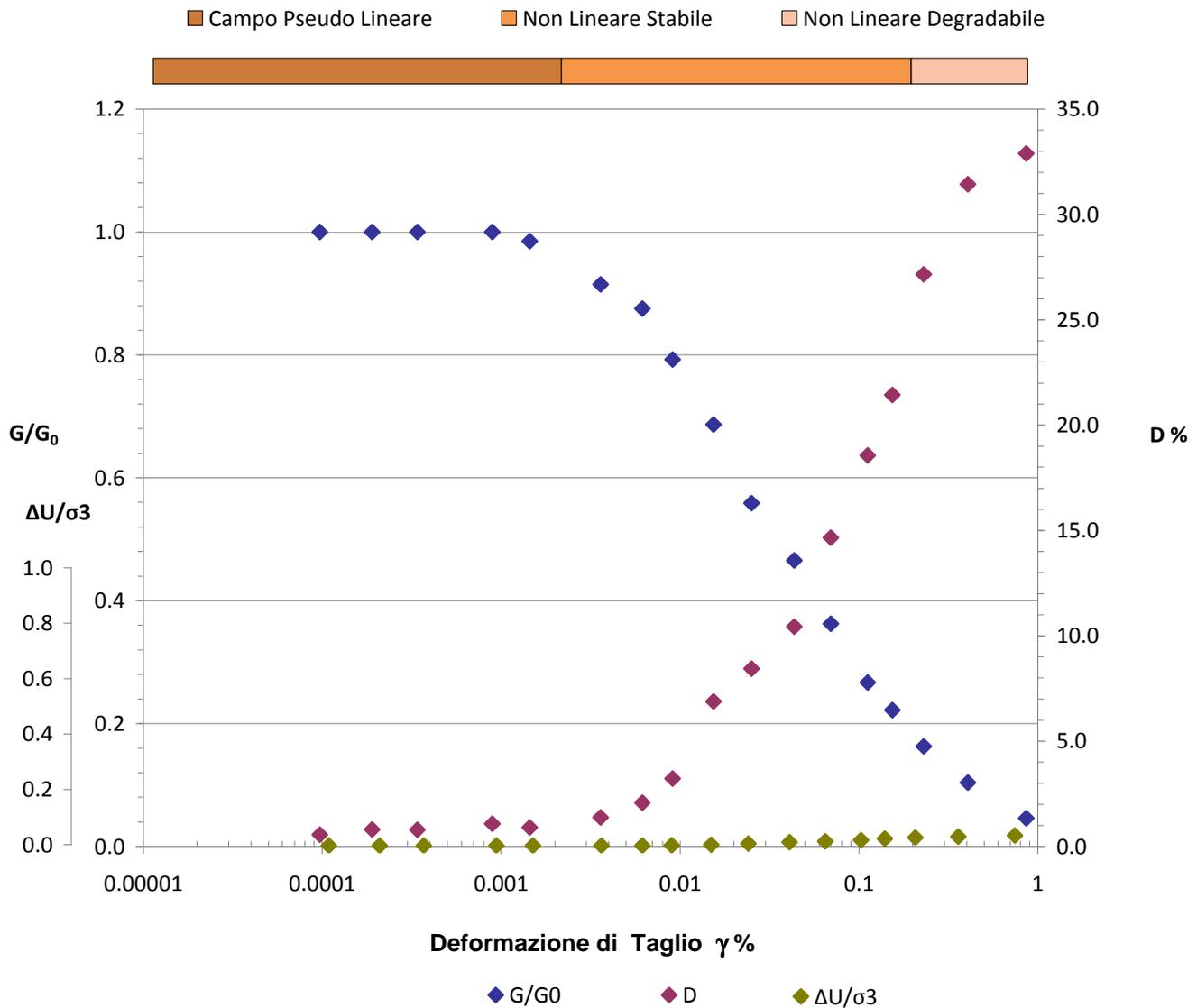
Commessa: **14637/15**

Data ricevimento campione: **15/09/15**

Data prova: **22/09/15**

Data emissione certificato:

Legge Costitutiva del Terreno



Sperimentatore:

dott. Luciano Rossi

Direttore del Laboratorio:

dott. geol. Massimo Romagnoli



®

elletipi s.r.l.

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

**PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)**Committente: **dott. geol. Thomas Veronese**Cantiere: **ex ENEL**Località: **Via Borgoricco, Ferrara**Sondaggio: **1**Campione: **Sh 4**Profondità (m): **28.50 - 29.10**

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: **388/15**Commessa: **14637/15**Data ricevimento campione: **15/09/15**Data prova: **23/09/15**

Data emissione certificato:

DATI INIZIALI

Altezza: **140.00** mm
 Diametro: **70.00** mm
 Raggio eq.: **24.745** mm
 Massa: **1050.0** g
 W: **28.5** %
 γ : **19.12** kN/m³
 γ_s : **14.88** -
 e: **0.78** -

DATI DI PROVA

Tipo di campione: **Limo con argilla grigio**
 Fattore Raggio Eq.: **0.707** -
 Coefficiente B: **0.90** %
 Pressione cella: **729** kPa
 Contropressione: **449** kPa

DATI FINALI

Altezza: **139.16** mm
 Diametro: **69.58** mm
 Raggio eq.: **24.599** mm
 Massa: **1040.3** g
 W: **28.1** %
 γ : **19.66** kN/m³
 γ_s : **15.35** -
 e: **0.76** -

	Frequenza Risonanza (Hz)	Momento Torcente (Nm)	Def. Taglio max (%)	Vel. Onde Taglio V_s (m/s)	Modulo Taglio G (MPa)	G/G ₀	Rapporto Smorz. D (%)	$\Delta U/\sigma^3$
Test 1*	188.00	0.0012	2.35E-04	223.96	97.75	1.000	0.41	0.000
Test 2	188.00	0.0020	3.92E-04	223.96	97.75	1.000	0.30	0.000
Test 3	187.50	0.0040	7.81E-04	223.36	97.23	0.995	0.42	0.000
Test 4	185.00	0.0200	1.61E-03	220.38	94.65	0.968	0.89	0.001
Test 5	183.50	0.0300	4.01E-03	218.60	93.12	0.953	1.32	0.001
Test 6	178.50	0.0499	6.90E-03	212.64	88.12	0.901	2.48	0.001
Test 7	172.00	0.0798	1.11E-02	204.90	81.82	0.837	3.10	0.002
Test 8	161.50	0.1498	1.90E-02	192.39	72.13	0.738	5.33	0.006
Test 9	153.40	0.2000	2.49E-02	182.74	65.08	0.666	7.99	0.002
Test 10	143.80	0.2996	3.85E-02	171.30	57.19	0.585	8.65	0.008
Test 11	130.40	0.4977	6.39E-02	155.34	47.03	0.481	10.73	0.007
Test 12	115.60	0.7961	1.08E-01	137.71	36.96	0.378	14.58	0.002
Test 13	98.00	1.2000	1.87E-01	116.74	26.56	0.272	19.77	0.046
Test 14	85.40	1.4978	2.78E-01	101.73	20.17	0.206	22.09	0.095
Test 15								
Test 16								
Test 17								
Test 18								
Test 19								
Test 20								

* Test 1 corrispondente al valore G₀Sperimentatore:
dott. Luciano RossiDirettore del Laboratorio:
dott. geol. Massimo Romagnoli

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D 4015)

Committente: **dott. geol. Thomas Veronese**

Cantiere: **ex ENEL**

Località: **Via Borgoricco, Ferrara**

Sondaggio: **1**

Campione: **Sh 4**

Profondità (m): **28.50 - 29.10**

Certificato di prova N°:

Verbale di accettazione N°: **388/15**

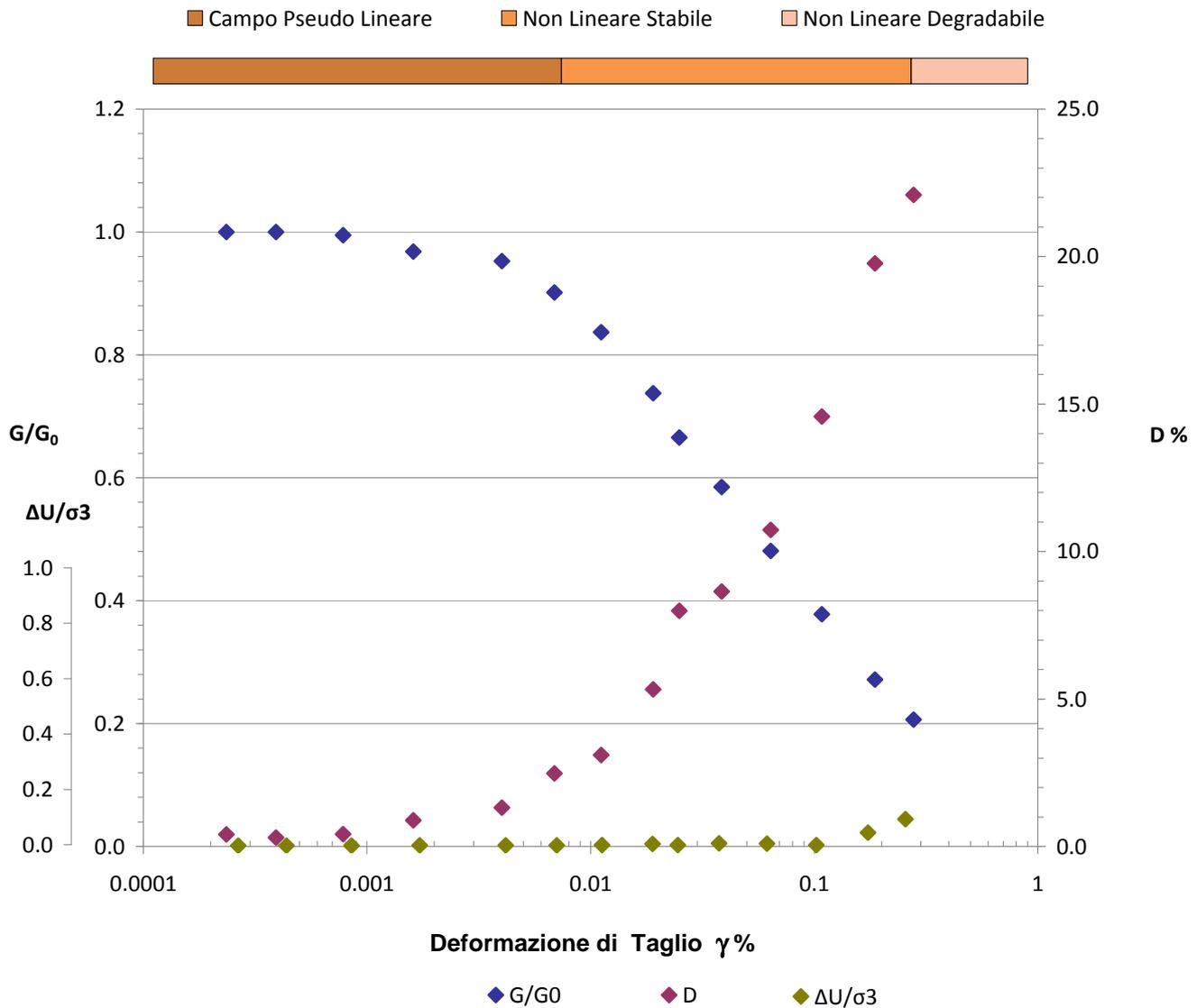
Commessa: **14637/15**

Data ricevimento campione: **15/09/15**

Data prova: **23/09/15**

Data emissione certificato:

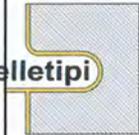
Legge Costitutiva del Terreno



Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

Direttore del Laboratorio:
dott. geol. Massimo Romagnoli

 elletipi s.r.l. via A. Zucchini, 69 - FERRARA tel. 0532/56771; fax 0532/56120 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it			Inizio Esecuzione	Fine Esecuzione	Metodo Perfor.	Sondaggio								
			09/09/2015	10/09/2015	Carotaggio continuo	S1								
			Quota	Attrezzo										
			p.c.											
Committente					Località									
Melior Valorizzazione Immobiliari srl					Ferrara									
Campioni			Foto		Livello Acqua		Prof. Foro	Prof. Riv.	Assistente					
Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimaneggiati [RI]									T. Veronese					
Denison [D] Osterberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]					Data	Mt. p.c.			Operatore					
					09-09-15	5.15	40		Elletipi					
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBOLOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro
			tipo	num	PROF					R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm2		
1	.15					Soletta in CLS								
	.35					Stabilizzato granulometrico composto da ghiaia sabbia e limo								
2						Limo argilla e sabbia e abbondanti clasti di laterizio e calcinacci marrone scuro								
	2.40					Sabbia limosa con clasti di laterizio sciolta nocciola chiaro								
3	3.00					Perso carota								
4	4.00					Limo argilloso sabbioso sciolto di colore nocciola								
	4.80		RI	C1	4.5-4.70	Limo sciolto grigio verde								
5	5.20					Argilla limosa moderatamente consistente grigio verde	0.80	0.44						
	5.40					Limo sabbioso fine sciolto grigio								
6	5.90					Limo argilloso sciolto grigio	1.40	0.64						
	6.05					Argilla debolmente limosa con abbondanti screziature rossastre e puntature con noduli a calcinelle consistente	1.50	0.84						
7	6.80					Limo argilloso sabbioso sciolto grigio verde	1.40	0.60						
	7.50						0.60	0.30						
8	8.10					SH1								
						Argilla debolmente limosa moderatamente consistente grigio verde	0.60	0.28						
9							1.40	0.76						
							1.50	0.68						
							1.40	0.80						
	10.20						1.30	0.60						

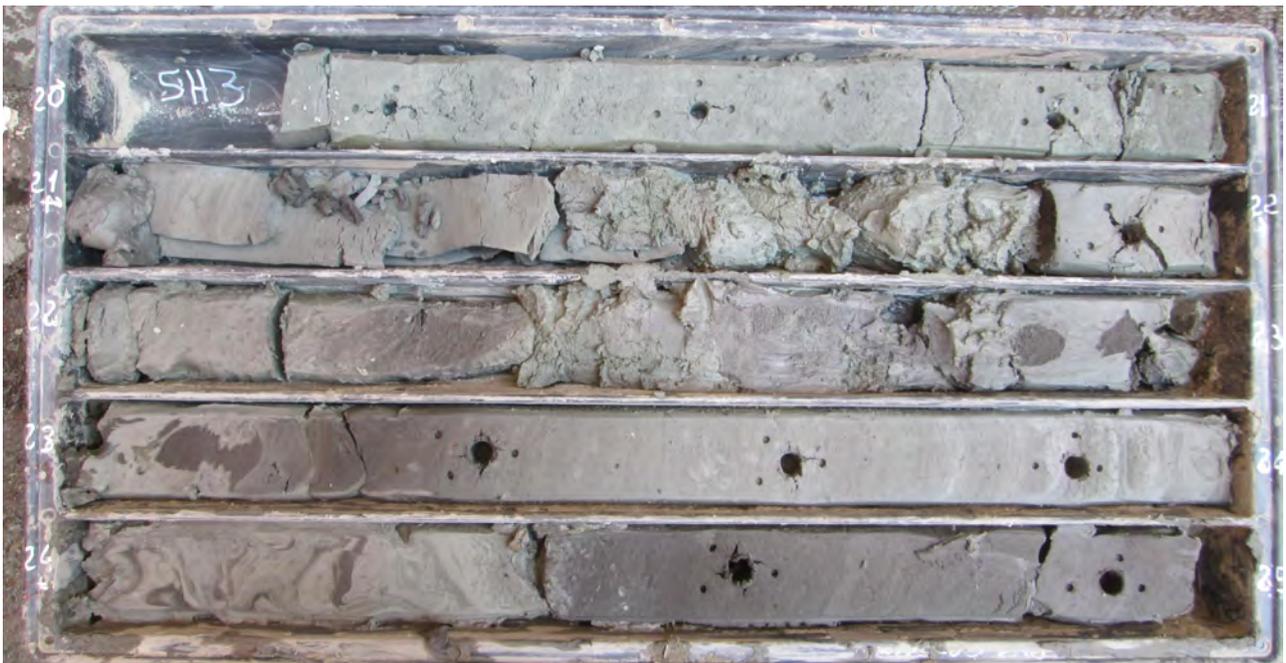
 elletipi s.r.l. via A. Zucchini, 69 - FERRARA tel. 0532/56771; fax 0532/56120 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it			Inizio Esecuzione	Fine Esecuzione	Metodo Perfor.	Sondaggio								
			09/09/2015	10/09/2015	Carotaggio continuo	S1								
			Quota	Attrezzo										
			p.c.											
Committente					Località									
Melior Valorizzazione Immobiliari srl					Ferrara									
Campioni			Foto		Livello Acqua		Prof. Foro	Prof. Riv.	Assistente					
Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimaneggiati [RI]									T. Veronese					
Denison [D] Osterberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]					Data	Mt. p.c.			Operatore					
					09-09-15	5.15	40		Elletipi					
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBOLOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro
			tipo	num	PROF					R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm2		
11	10.20					Argilla debolmente limosa moderatamente consistente grigio verde		1.40	0.68					
	10.40							0.90	0.46					
	10.50													
12	11.20					Torba marrone								
	11.70					Argilla debolmente limosa moderatamente consistente grigio		0.60	0.34					
	12.10					Limo argilloso sciolto grigio verde		0.60	0.38					
13	12.20					Argilla debolmente limosa moderatamente consistente grigio verde		0.60	0.40					
	13.00					Argilla debolmente limosa moderatamente consistente grigio verde		0.80	0.45					
	13.50					Argilla torbosa moderatamente consistente grigio marrone		1.00	0.38					
14	14.00					Argilla debolmente limosa moderatamente consistente grigio verde								
	14.50					Limo argilloso debolmente sabbioso sciolto		0.80	0.42					
	15.00					Sabbia media moderatamente addensata grigia micacea		1.00	0.64					
15	15.50					Argilla limosa con rari livelli centimetrici di torba moderatamente consistente grigio chiara		0.70	0.36					
	15.70													
	16.50					SH2								
16	17.00					Perso carota								
	17.50					Argilla organica con frustoli vegetali e resti di gusci calcarei consistente grigio nerastra		1.20	0.57					
	18.00							1.10	0.60					
17	18.50							0.90	0.50					
	19.00					Argilla debolmente limosa con noduli a calcinelle molto consistente grigio verde		1.90	1.00					
	19.50							2.00	1.18					
18	20.00							2.30	1.20					
	20.50							2.00	1.28					
	21.00							1.80	0.88					
19	21.50													
	22.00													

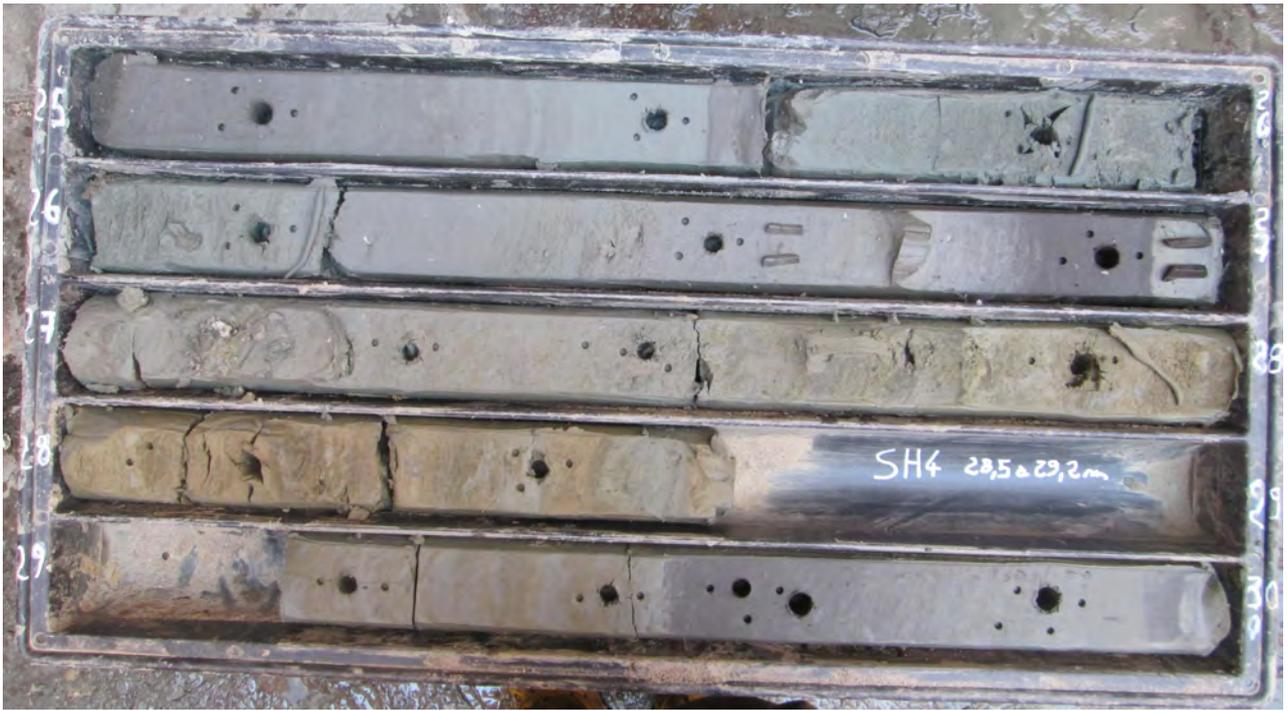
 elletipi s.r.l. via A. Zucchini, 69 - FERRARA tel. 0532/56771; fax 0532/56120 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it			Inizio Esecuzione 09/09/2015	Fine Esecuzione 10/09/2015	Metodo Perfor. Carotaggio continuo	Sondaggio S1								
Quota p.c.			Attrezzatura											
Committente Melior Valorizzazione Immobiliari srl					Località Ferrara									
Campioni Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimaneggiati [RI] Denison [D] Osterberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]			Foto		Livello Acqua		Prof. Foro	Prof. Riv.	Assistente T. Veronese					
					Data 09-09-15	Mt. p.c. 5.15	40	Operatore Elletipi						
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro
			tipo	num	PROF		R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm2	N1	N2	N3		
21	20.20					SH3		2.50	0.48					
						Limo poco addensato grigio verde		2.20	0.56					
	21.00					Perso carota		2.90	0.92					
22	21.70					Argilla limosa consistente grigia		1.50	0.64					
	22.30					Argilla torbosa marrone								
	22.50					Limo argilloso poco addensato grigio scuro								
23	23.30					Argilla limosa consistente grigio chiara		1.20	0.56					
						Argilla limosa consistente grigio scura		1.00	0.49					
	24.40					Argilla debolmente limosa consistente grigio verde		1.00	0.36					
24	24.40					Argilla debolmente limosa consistente grigio verde		0.90	0.45					
	25.30					Argilla e limo consistente grigio verde		1.20	0.66					
	25.70					Argilla debolmente limosa consistente grigio verde		1.50	0.82					
25	25.70					Argilla debolmente limosa consistente grigio verde		1.40	0.74					
	26.10					Argilla debolmente limosa consistente grigio verde		1.00	0.36					
	26.80					Argilla debolmente limosa consistente grigio verde		1.00	0.50					
26	26.80					Argilla debolmente limosa consistente grigio verde		1.90	1.40					
	27.00					Argilla torbosa consistente grigio nerastra		1.30	0.82					
	27.50					Argilla debolmente limosa con abbondanti noduli a calcinelle consistente		1.90	1.20					
27	27.50					Argilla debolmente limosa con abbondanti noduli a calcinelle consistente		2.00	0.90					
	28.40					Argilla limosa consistente nocciola		1.50	0.48					
	28.50					Argilla limosa consistente nocciola		1.40	0.74					
28	28.50					Argilla debolmente limosa consistente nocciola		2.10	1.08					
	29.20					SH4		3.00	1.60					
	29.50					SH4		3.00	1.40					
29	29.50					SH4		1.40	0.96					
						SH4		1.70	0.94					
						SH4								

elletipi s.r.l.		Inizio Esecuzione	Fine Esecuzione	Metodo Perfor.	Sondaggio									
via A. Zucchini, 69 - FERRARA tel. 0532/56771; fax 0532/56120 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it		09/09/2015	10/09/2015	Carotaggio continuo	S1									
Committente			Località											
Melior Valorizzazione Immobiliari srl			Ferrara											
Campioni			Foto		Livello Acqua		Prof. Foro	Prof. Riv.	Assistente					
Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimaneggiati [RI]									T. Veronese					
Denison [D] Osterberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]					Data	Mt. p.c.			Operatore					
					09-09-15	5.15	40		Elletipi					
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBOLOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro
			tipo	num	PROF					R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm2		
31						Argilla debolmente limosa da consistente a molto consistente grigio verdastra	1.80	1.00						
							2.10	1.28						
							2.00	1.16						
							2.10	0.90						
32							2.80	1.80						
							2.80	1.80						
							3.20	1.52						
33							1.80	0.62						
	33.40						2.30	1.08						
34						Fitta alternanza di limi argillosi sciolti e argille limose consistenti grigio verdastre	1.60	0.72						
	34.70						1.50	0.78						
35	35.00 35.10 35.20					Sabbia fine moderatamente addensata grigia								
						Sabbia fine limosa debolmente argillosa grigia								
36						Limo argilloso sabbioso grigio								
37														
38						Sabbia fine limosa e sabbia media grigia								
39														
	40.00													

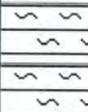
SONDAGGIO S1 – PALAZZO EX ENEL – VIA CONTRADA DI BORGORICCO – FE









 elletipi s.r.l. via A. Zucchini, 69 - FERRARA tel. 0532/56771; fax 0532/56120 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it			Inizio Esecuzione 11/09/2015	Fine Esecuzione //	Metodo Perfor. Carotaggio continuo	Sondaggio S2								
Quota			Attrezzo											
Committente Melior Valorizzazione Immobiliari srl					Località Ferrara									
Campioni Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimaneggiati [RI] Denison [D] Osterberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]			Foto		Livello Acqua	Prof. Foro	Prof. Riv.	Assistente L. Lunghi						
					Data 11-09-15	Mt. p.c.	5.15	Operatore Elletipi						
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro
			tipo	num	PROF		R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm2	N1	N2	N3		
1	.15					Soletta in CLS e pavimentazione								
	1.00					Sabbia limosa con abbondanti clasti di laterizio sciolta grigio marrone -alla base blocco di CLS di 10 cm								
2	2.00					Fango limoso sabbioso con clasti di laterizio e resti lignei sciolto grigio scuro nero								
	2.20					Limo argilloso sabbioso								
3	2.60					Fango limoso argilloso sabbioso con clasti di laterizio sciolto grigio scuro nero con resti lignei								
	3.00					Limo argilloso sabbioso con abbondanti resti lignei e ossa organico sciolto								
4	3.60					Carota persa								
	4.10					SH5								
5														
6														
7														
8														
9														



elletipi s.r.l.

via A. Zucchini, 69 - FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119
e-mail: info@elletipi.it
sito: www.elletipi.it

COMMITTENTE: dott. geol. Thomas Veronese
via Roma 10 - 44021 Codigoro - Ferrara
CANTIERE: ex ENEL via Borgoricco (FE)
PROVA: Sondaggio 1-2-3
COMMESSA: 12813/14

