

2.11. Aspetti geodinamici e sismicità

In seguito all’Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3274/03, il Comune di Ferrara è stato inserito, in base alla classificazione sismica, nella zona 3, alla quale corrisponde una sismicità bassa con PGA compreso fra 0.05 e 0.15 g e nella quale però, in particolari contesti geologici, possono venire amplificati gli effetti. La classificazione è stata eseguita in base all’accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

La pericolosità di un sito, oltre alla severità della sorgente sismica, dipende dalle caratteristiche geologiche, morfologiche e geotecniche. In particolare i possibili effetti di sito, intesi come associazione di caratteristiche geologiche e morfologiche che rende un luogo più o meno soggetto a danni conseguenti ad una scossa sismica, sono i seguenti:

- fattori di amplificazione del moto sismico;
- liquefazione o addensamento dei terreni;
- instabilità dei pendii.

Con riferimento alle linee guida dell’A.G.I. pubblicate nell’anno 2005, i fattori di amplificazione delle onde sismiche, sono di seguito elencati:

- effetti stratigrafici: depositi costituiti da terreni stratificati di caratteristiche meccaniche diverse da quelle della roccia sottostante;
- effetti di bordo: depositi di valle con bordi e morfologia del substrato irregolari, dove le onde sismiche possono subire fenomeni di rifrazione e riflessione, con generazione all’interfaccia di onde superficiali e concentrazioni di energia;
- effetti topografici: la sommità di rilievi collinari, creste, promontori costituiti da formazioni rocciose, profili di versante, pendii, bordi di terrazzi.

Nel territorio comunale di Ferrara, possono essere attesi effetti stratigrafici dovuti in particolare a forti variazioni delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche. Non sono attesi effetti di bordo; vengono esclusi anche gli effetti topografici, salvo nelle aree ubicate nei pressi o in corrispondenza di rilevati.

Per quanto riguarda la liquefazione o addensamento, nel territorio in cui ricade il sito oggetto di studio, tali fenomeni possono essere attesi in corrispondenza di strati granulari saturi (liquefazione) o insaturi (addensamento), spessi e continui, eventualmente presenti a profondità non superiori a 15/20 metri dal piano campagna.

Relativamente all’instabilità dei pendii, si ribadisce come il territorio del Comune di Ferrara ricada all’interno di una zona di pianura, nella quale tali fenomeni non possono essere attesi, se non in corrispondenza di rilevati artificiali, o delle sponde dei corsi d’acqua.

In base alla pianificazione vigente, della quale si riportano stralci di cartografie inerenti, si evince che le aree di studio ricadono:

- in corrispondenza di depositi di natura prevalentemente fine molto compressibili con effetti attesi di amplificazione con conseguenti potenziali cedimenti per riconsolidazione indotti dal sisma ed un livello di

approfondimento richiesto di analisi semplificata (II livello di approfondimento) art. 36 – art. 37 comma 1 punto 2 (P.T.C.P.);

- in un'area con F.A. = 1.5 (P.T.C.P.);
- in un'area con rischio di cedimenti assente (P.T.C.P.);
- nelle vicinanze di indagini puntuali che individuano un rischio di liquefazione basso ($0 < IL < 2$) ed un rischio di liquefazione moderato, con valori di IL variabili da un minimo di 0 fino ad un massimo di 2.18. È, inoltre, presente un'unica indagine, posta ad est della futura area di insediamento residenziale, che indica un rischio di liquefazione elevato, con un valore di IL pari a 5.14 (P.T.C.P.);
- all'interno di un'area con F.A. = 1.5 (P.S.C. - Valutazione locale dell'amplificazione stratigrafica);
- all'interno di un'area con indagini che indicano un $IL \leq 5$, ovvero potenziale di liquefazione basso ed una suscettibilità ai cedimenti assente (P.S.C. - Valutazione locale del potenziale di liquefazione e Valutazione locale della suscettibilità a cedimenti post sismici);
- all'interno di un'area con rischio di amplificazione stratigrafica elevato (P.S.C. - Carta di sintesi delle valutazioni locali degli effetti di sito);
- all'interno di un'area dove è richiesto il II livello di approfondimento (P.S.C. - Carta di sintesi prima fase analisi di pericolosità sismica);
- in corrispondenza di zone stabili suscettibili di amplificazioni locali denominate "zona 1", nello specifico argille inorganiche di media – bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille sabbiose, argille magre; nell'area destinata all'insediamento residenziale, in corrispondenza di indagini di tipo CPT, CPTU e SCPTU (Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica);
- in corrispondenza della zona stabile suscettibile di amplificazioni locali con F.A. P.G.A. = 1.5 – 1.6, F.A. Intensità spettrale $0.1s < T_0 < 0.5s = 1.8$, F.A. Intensità spettrale $0.5s < T_0 < 1.0s = 2.5$ (Carta di microzonazione sismica – Livello 2);
- in corrispondenza dell'area destinata all'insediamento residenziale, si evidenzia la presenza di indici puntuali del potenziale di liquefazione IL da CPT bassi ($IL < 2$) con, esternamente all'area di studio in direzione est, un indice elevato ($5 < IL < 15$) (Carta di microzonazione sismica – Livello 3);
- ad est dell'area di riqualificazione e ampliamento del distributore di carburante si registra un indice puntuale del potenziale di liquefazione IL da CPT moderato ($2 < IL < 5$) (Carta di microzonazione sismica – Livello 3).

Supporti grafici:

- Figura 2.11-1. Zonizzazione sismica Emilia Romagna
- Figura 2.11-2. Stralcio P.T.C.P. – Rischio Sismico - tav. 3.2 – Carta di zonizzazione sismica di primo livello
- Figura 2.11-3. Stralcio P.T.C.P. – Rischio Sismico - QC 0.5. – Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali
- Figura 2.11-4. Stralcio P.T.C.P. – Rischio Sismico - QC 0.6. – Carta provinciale del fattore di amplificazione
- Figura 2.11-5. Stralcio P.T.C.P. – Rischio Sismico - QC 0.7. – Carta provinciale del rischio cedimenti
- Figura 2.11-6. Stralcio P.T.C.P. – Rischio Sismico - QC 0.8. – Carta provinciale delle indagini e dell'indice del potenziale di liquefazione
- Figura 2.11-7. Stralcio P.T.C.P. – Rischio Sismico - QC 0.9. – Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali con indagini e indice del potenziale di liquefazione
- Figura 2.11-8. Stralcio P.T.C.P. – Rischio Sismico - QC 0.9.2. – Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali con indagini e indice del potenziale di liquefazione
- Figura 2.11-9. Stralcio P.S.C. - Analisi sismica – Tav. 1.03b – 03 – Valutazione locale dell'amplificazione stratigrafica- 03/12/2008

- Figura 2.11-10. Stralcio P.S.C. - Analisi sismica – Tav. 1.03b – 04 - Valutazione locale del potenziale di liquefazione - 03/12/2008
- Figura 2.11-11. Stralcio P.S.C. - Analisi sismica – Tav. 1.03b – 05 - Valutazione locale della suscettibilità a cedimenti post sismici - 03/12/2008
- Figura 2.11-12. Stralcio P.S.C. - Analisi sismica – Tav. 1.03b – 06 - Carta di sintesi delle valutazioni locali degli effetti di sito - 03/12/2008
- Figura 2.11-13. Stralcio P.S.C. - Analisi sismica – Tav. 6.4a - Carta di sintesi prima fase analisi di pericolosità sismica - 03/12/2008
- Figura 2.11-14. Stralcio Microzonazione Sismica – Comune di Ferrara – Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica
- Figura 2.11-15. Stralcio Microzonazione Sismica – Comune di Ferrara – Carta di microzonazione sismica – Livello 2
- Figura 2.11-16. Stralcio Microzonazione Sismica – Comune di Ferrara – Carta di microzonazione sismica – Livello 3

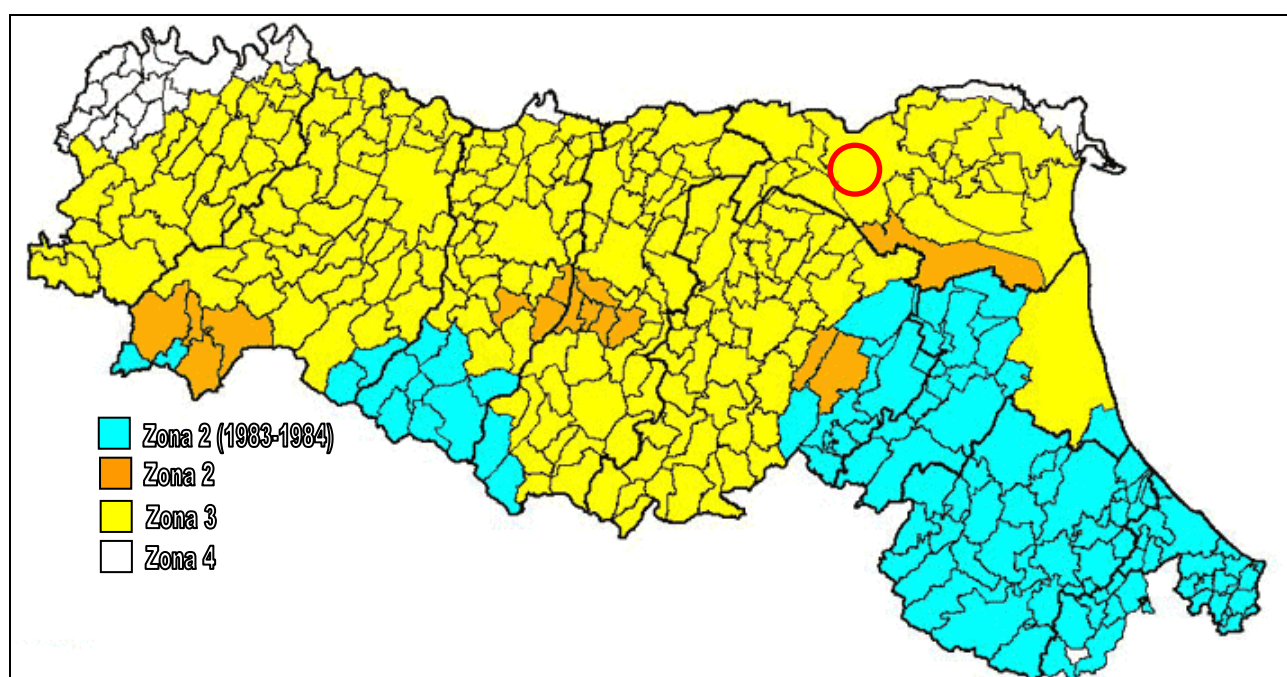


Figura 2.11-1
Zonizzazione sismica Emilia Romagna

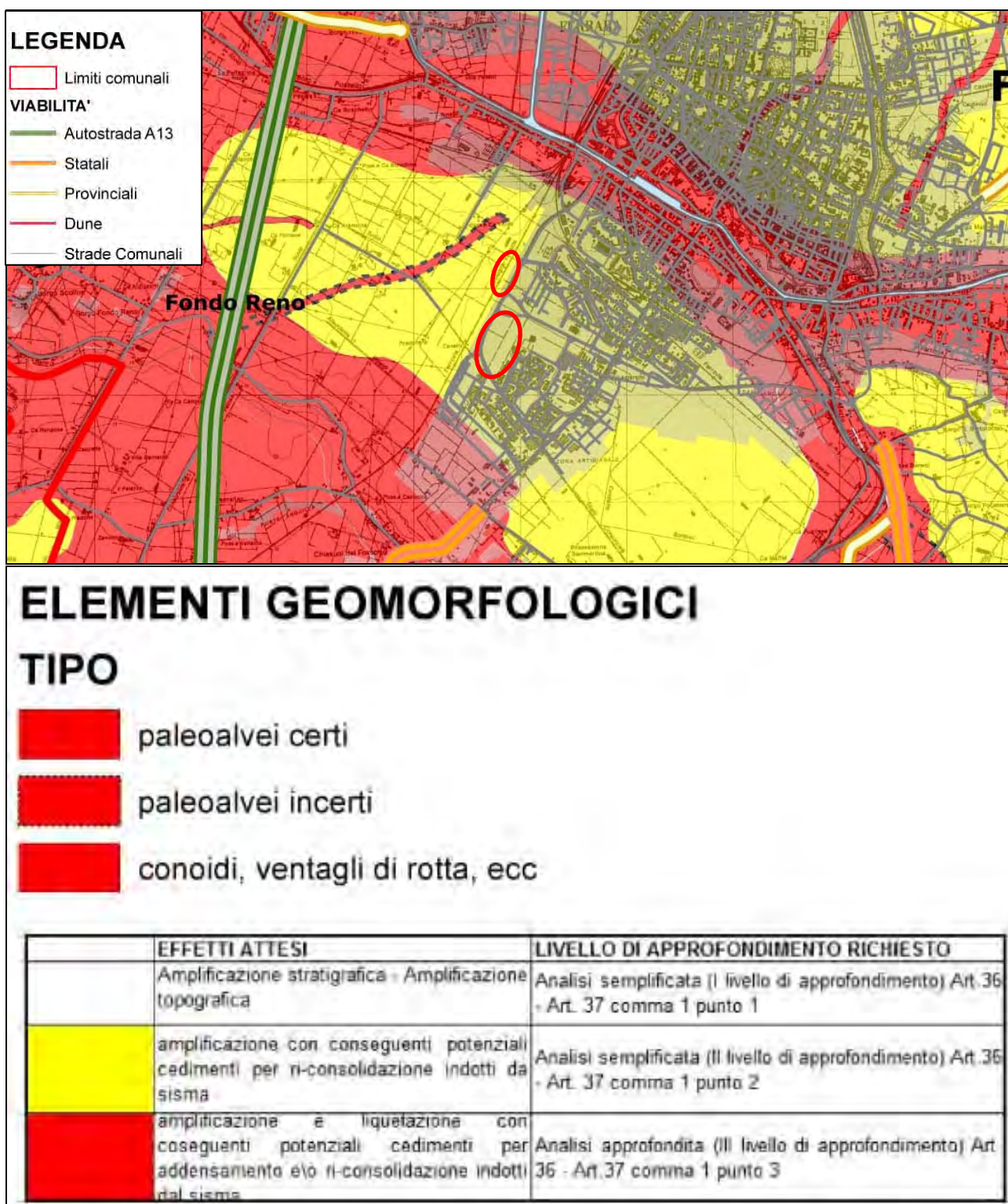


Figura 2.11-2

Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica

(da Provincia di Ferrara – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Rischio Sismico - tav. 3.2 – Carta di zonizzazione sismica di primo livello)

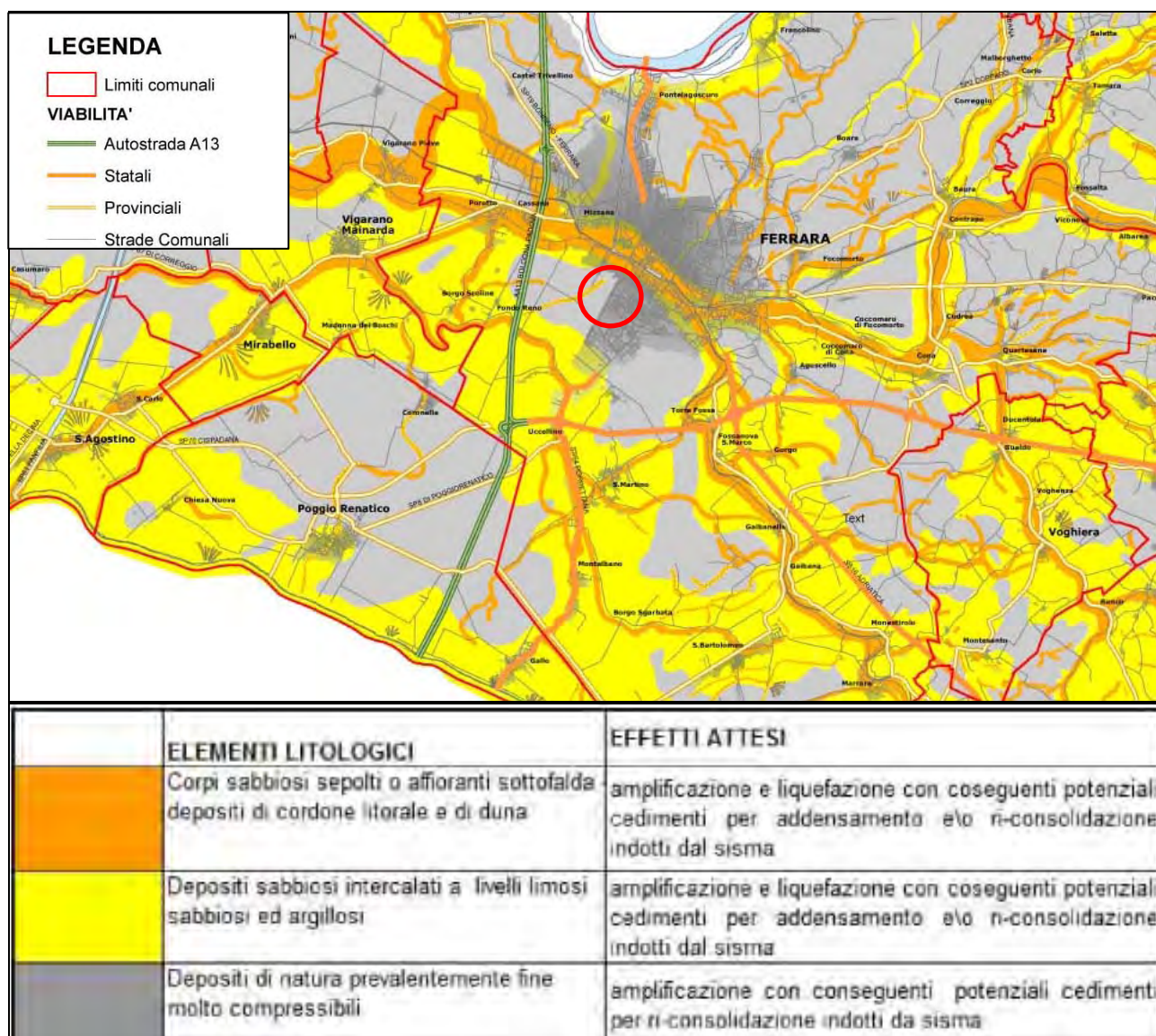


Figura 2.11-3

Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica

(da Provincia di Ferrara – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Rischio Sismico - tav. Q.C.05 – Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali)

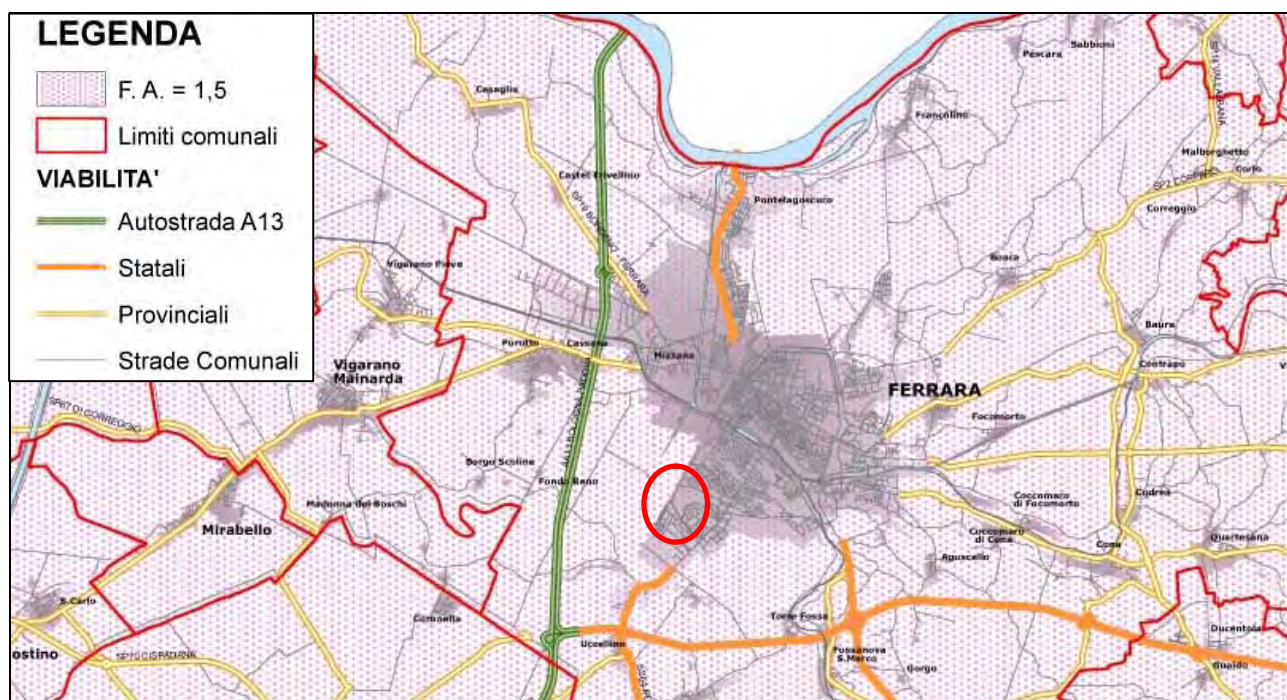


Figura 2.11-4

Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica

(da Provincia di Ferrara – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Rischio Sismico - tav. Q.C.06 – Carta provinciale del fattore di amplificazione)

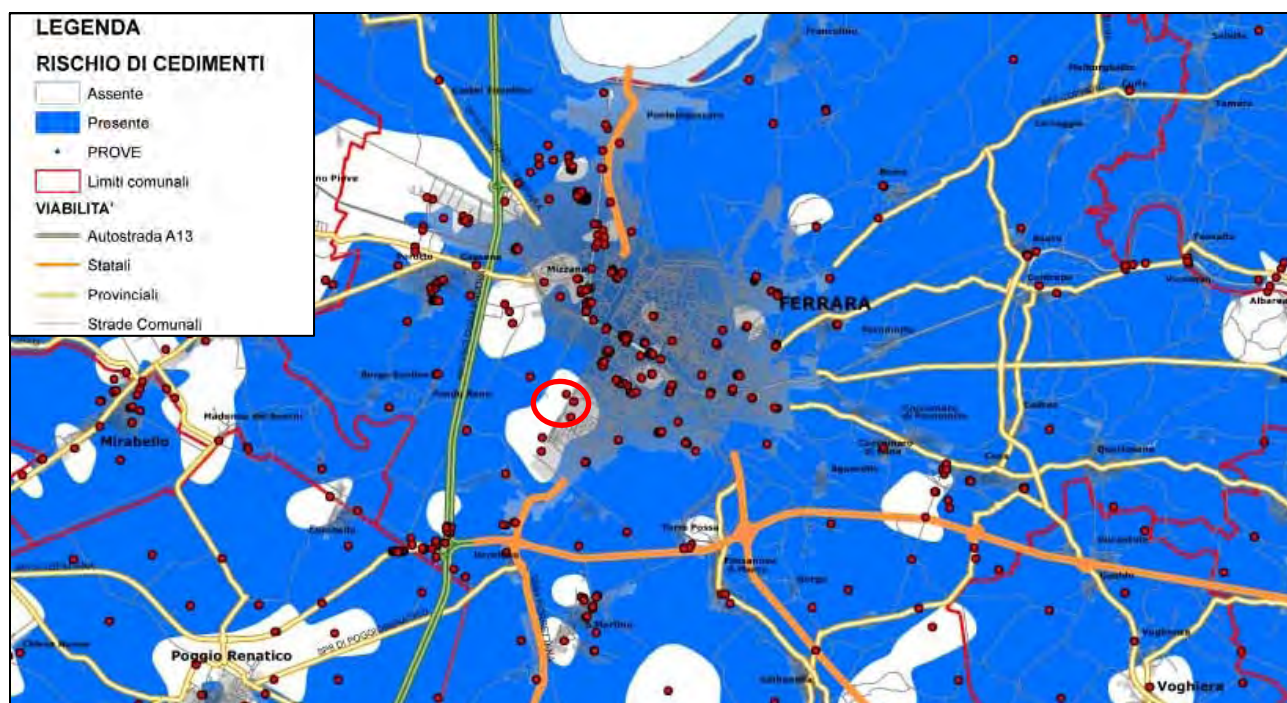


Figura 2.11-5

Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica

(da Provincia di Ferrara – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Rischio Sismico - tav. Q.C.07 – Carta provinciale del rischio cedimenti)

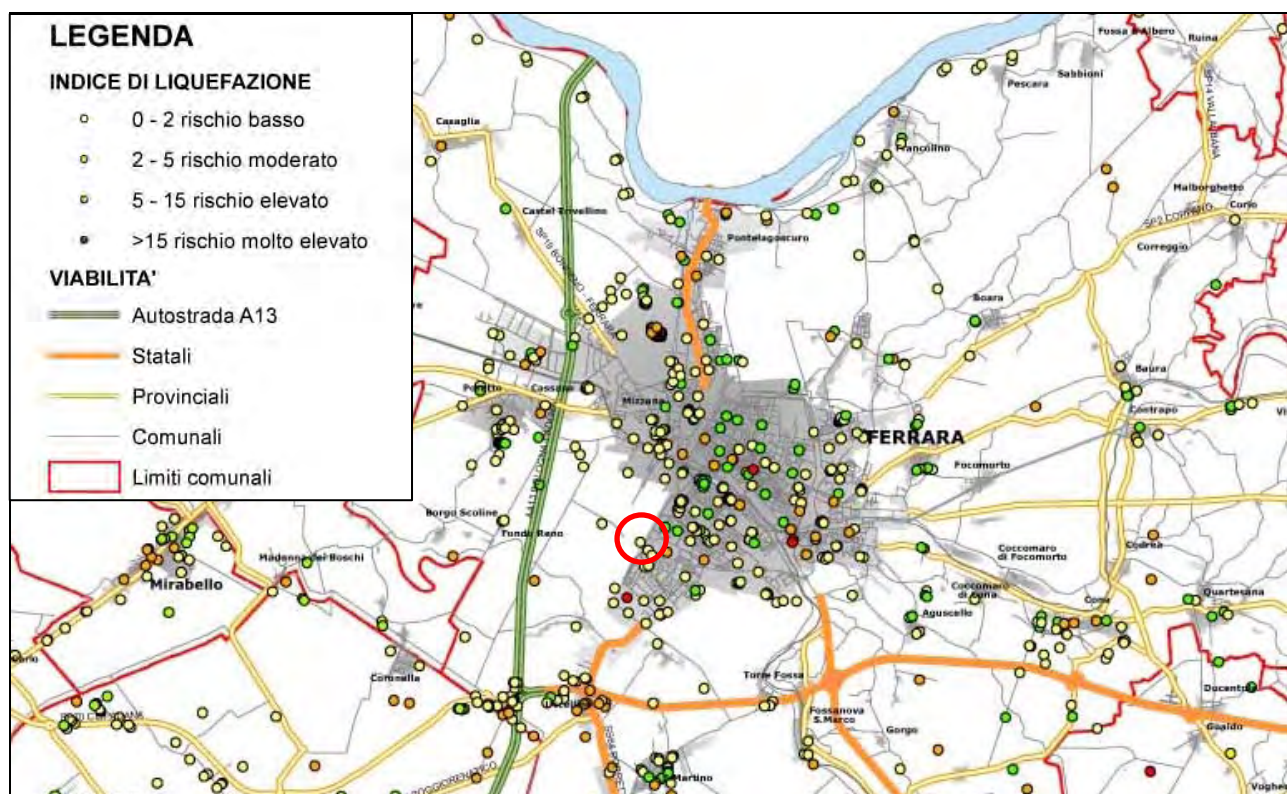


Figura 2.11-6

Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica

(da Provincia di Ferrara – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Rischio Sismico - tav. Q.C.08 – Carta provinciale delle indagini e dell'indice del potenziale di liquefazione)

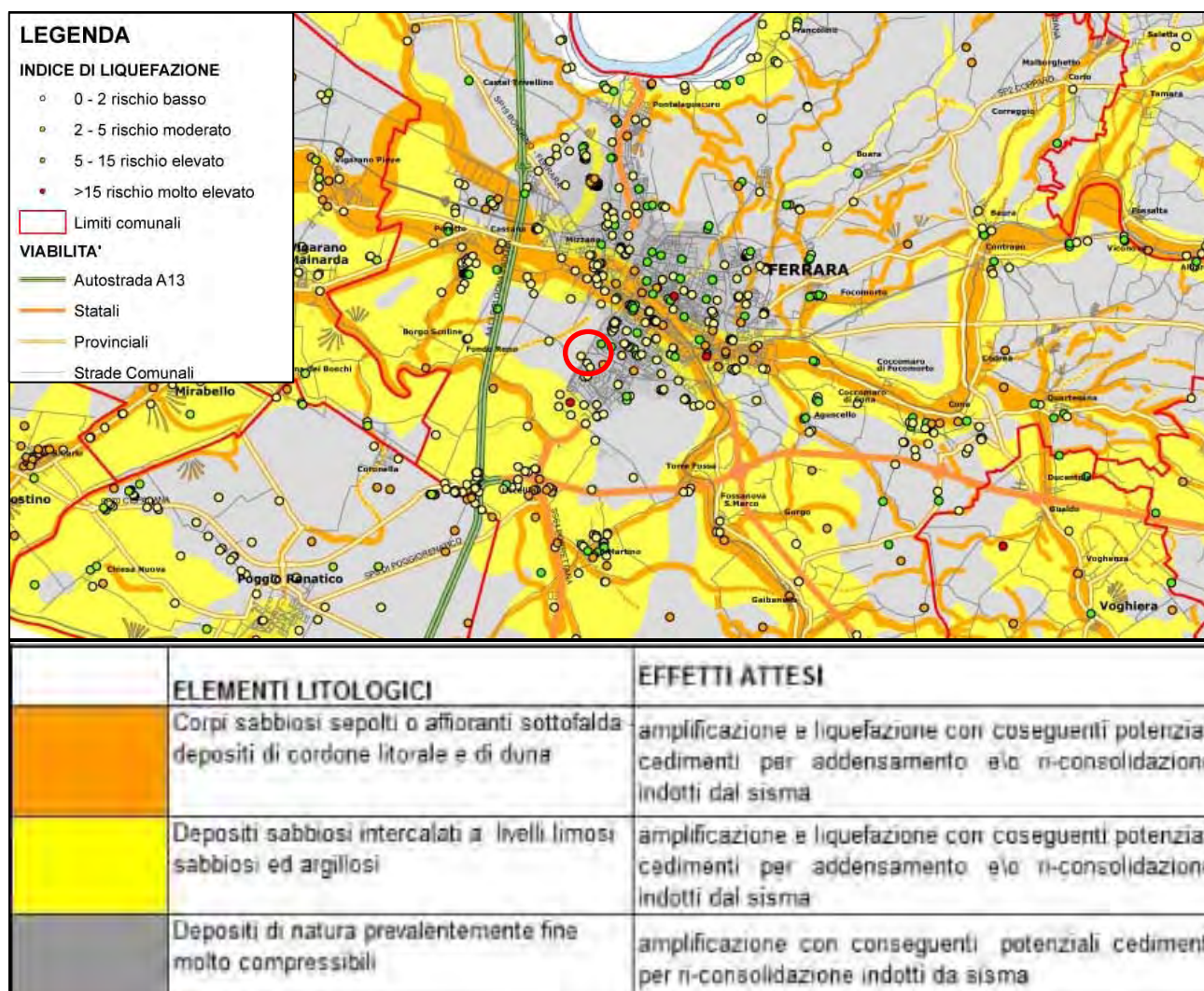


Figura 2.11-7

Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica

(da Provincia di Ferrara – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Rischio Sismico - tav. Q.C.09 – Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali con indagini e indice del potenziale di liquefazione)

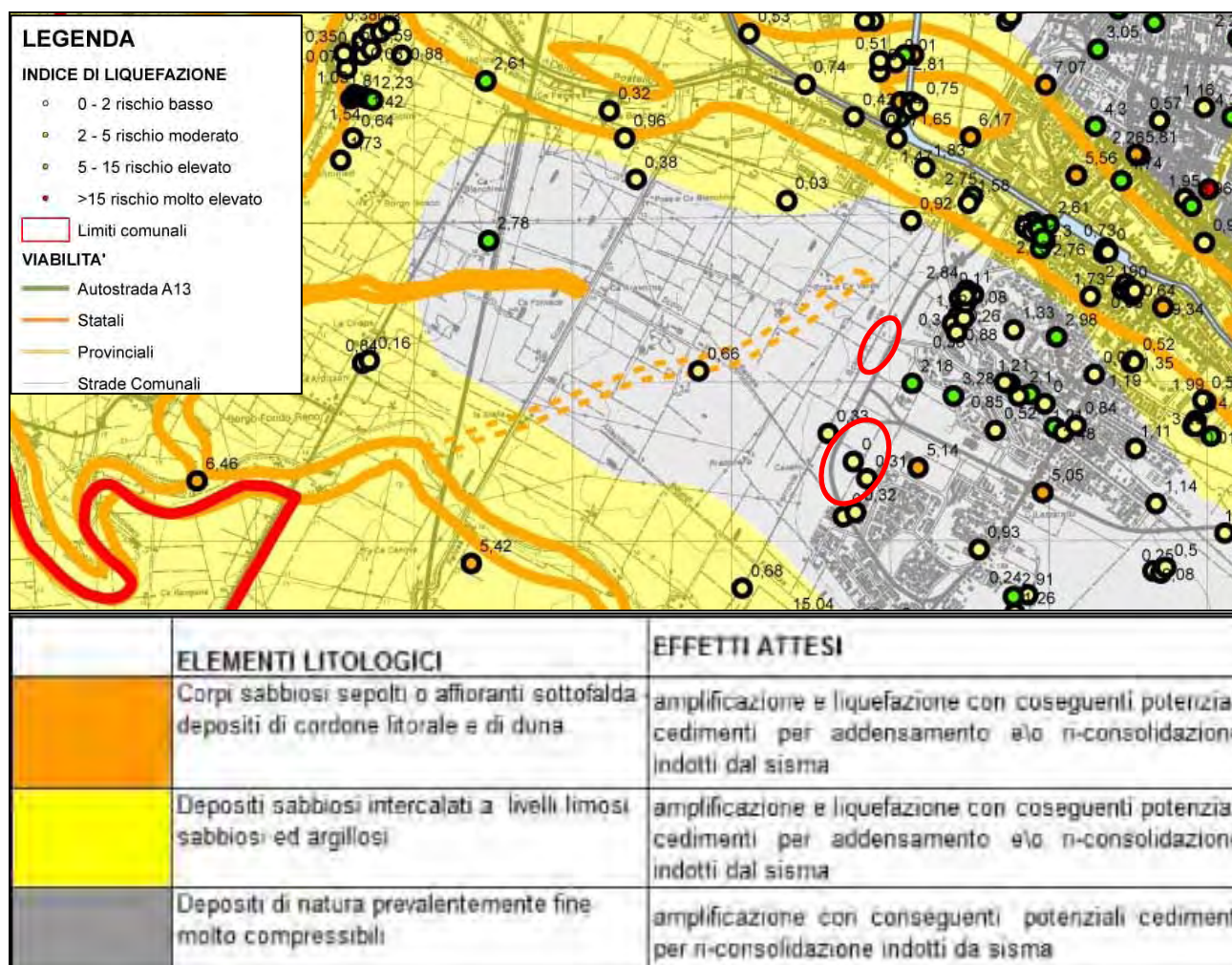


Figura 2.11-8

Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica

(da Provincia di Ferrara – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Rischio Sismico - tav. Q.C.09.2 – Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali con indagini e indice del potenziale di liquefazione)

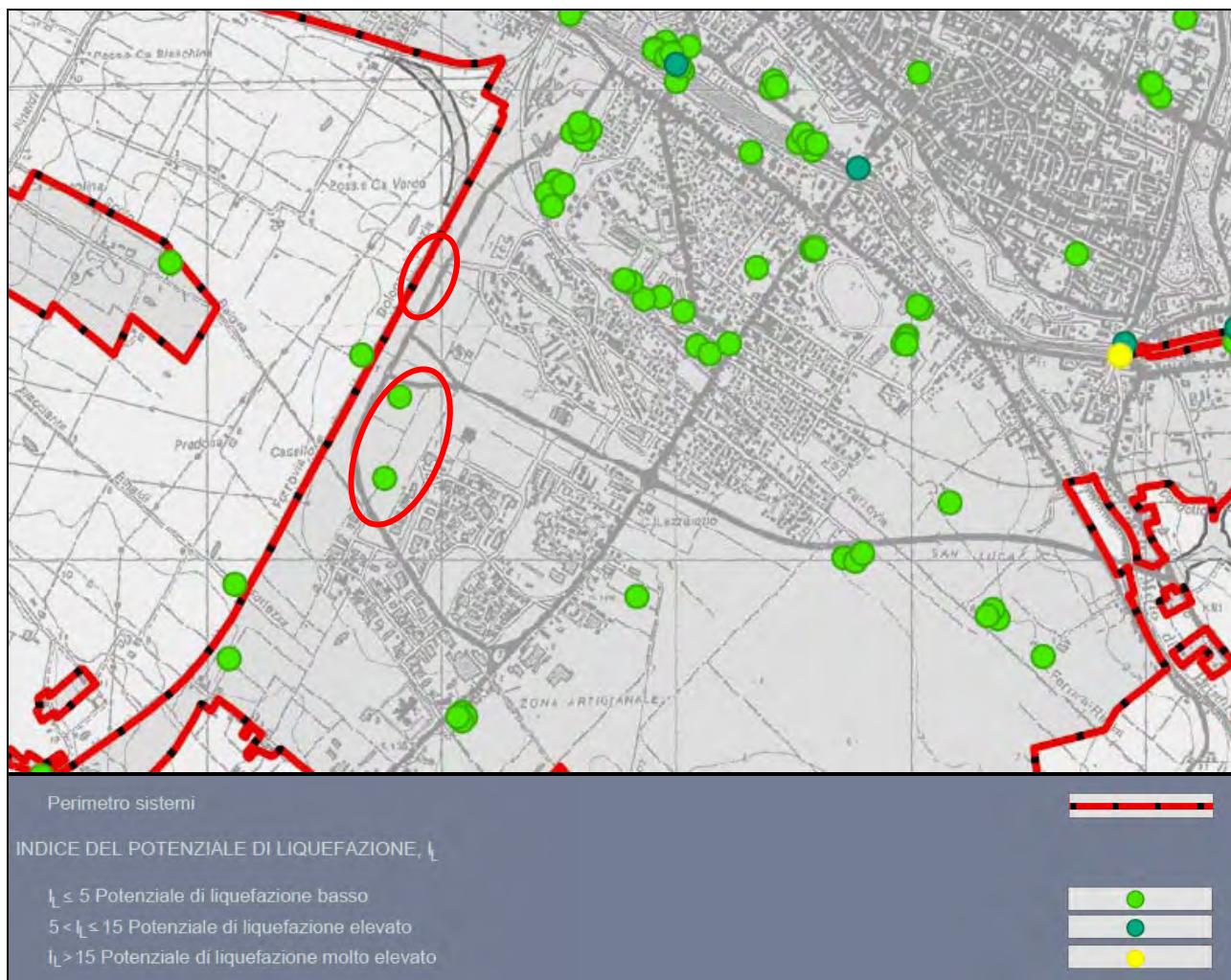


Figura 2.11-10

Estratto cartografia P.S.C. Ferrara – scala grafica

(Analisi sismica – Tav. 1.03b – 04 – Valutazione locale del potenziale di liquefazione - 03/12/2008 – Quadro Conoscitivo)

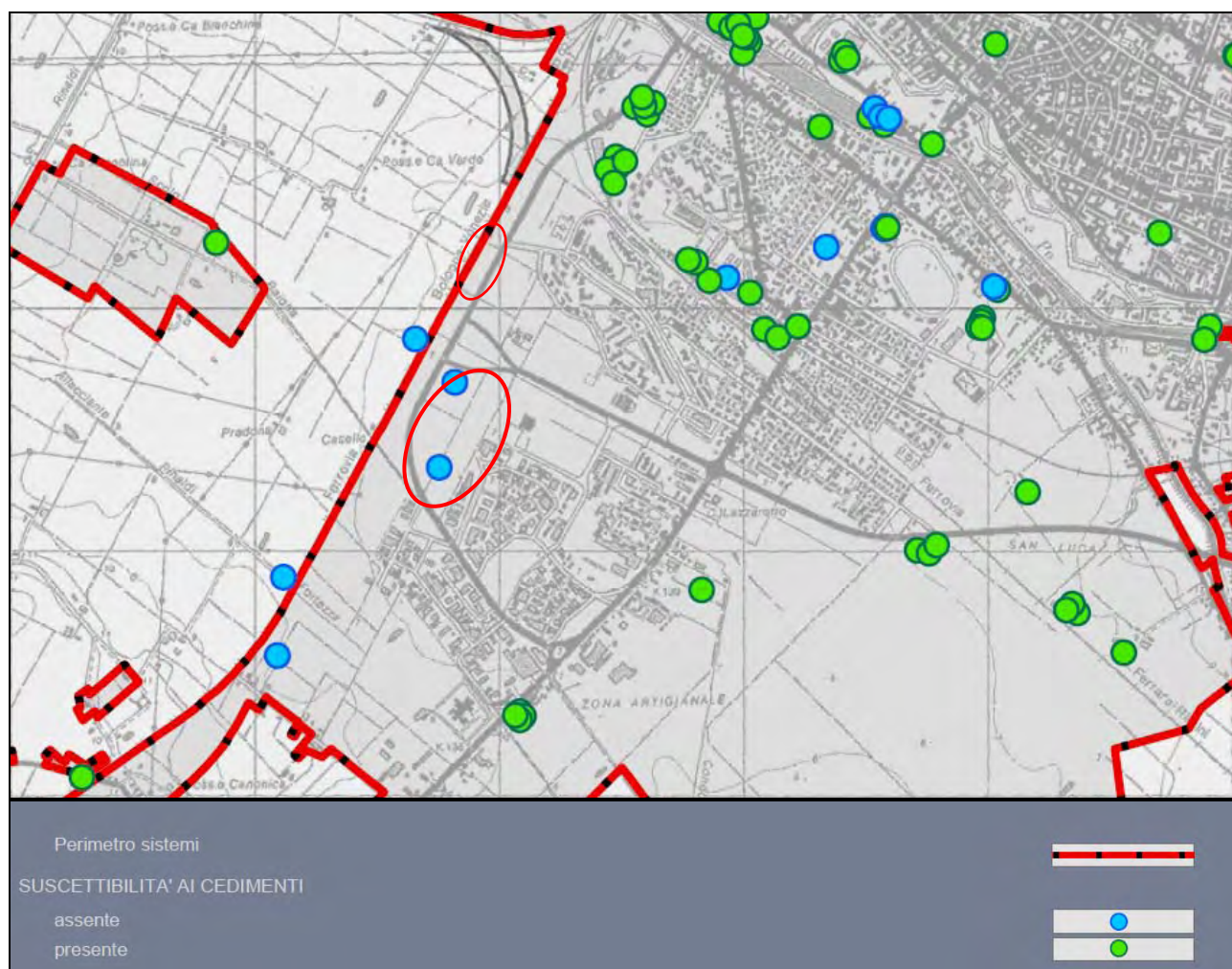


Figura 2.11-11

Estratto cartografia P.S.C. Ferrara – scala grafica

(Analisi sismica – Tav. 1.03b – 05 – Valutazione locale della suscettibilità a cedimenti post sismici - 03/12/2008 – Quadro Conoscitivo)

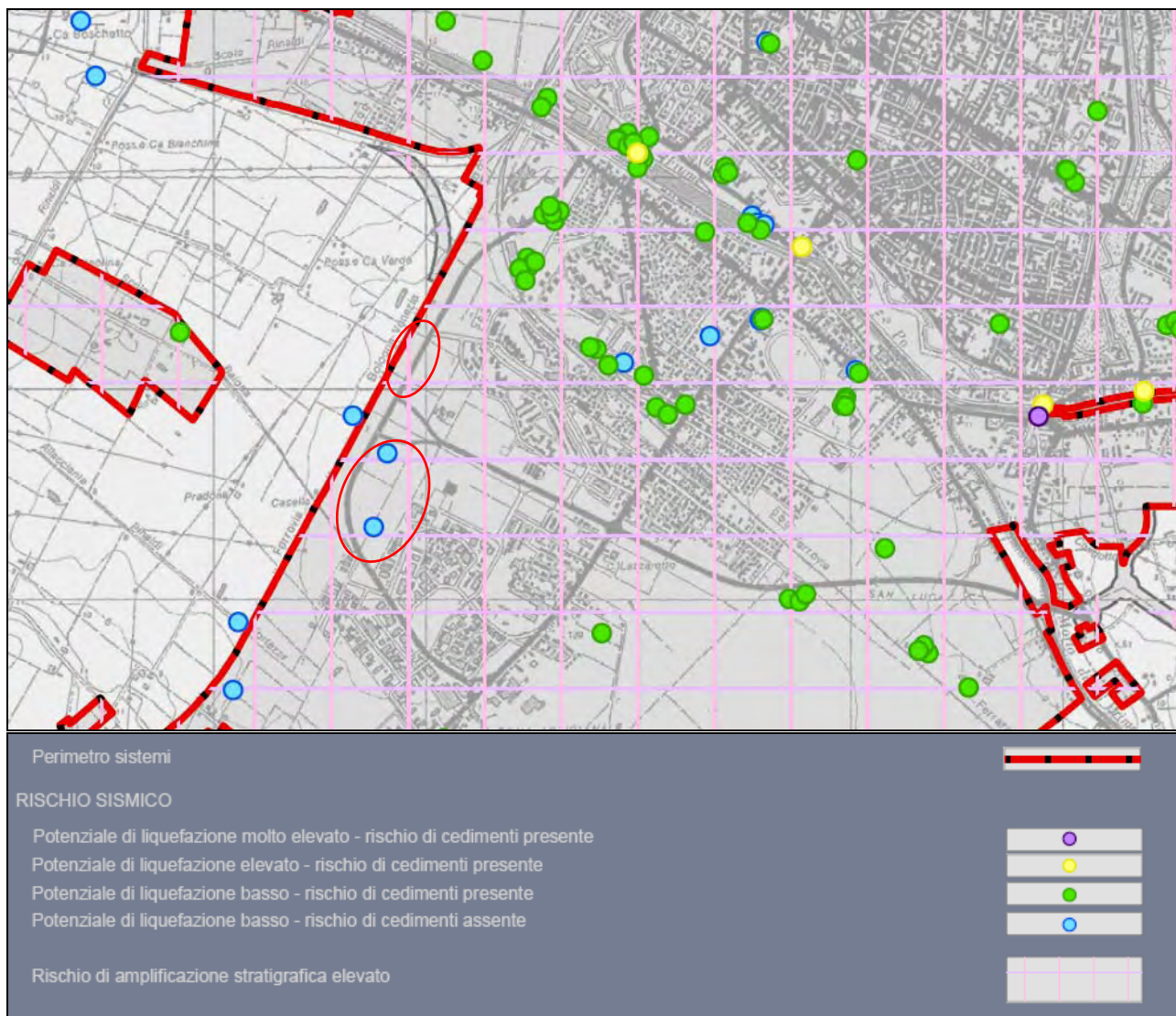


Figura 2.11-12

Estratto cartografia P.S.C. – scala grafica

(Analisi sismica – Tav. 1.03b – 06 - Carta di sintesi delle valutazioni locali degli effetti di sito - 03/12/2008 – Quadro Conoscitivo)

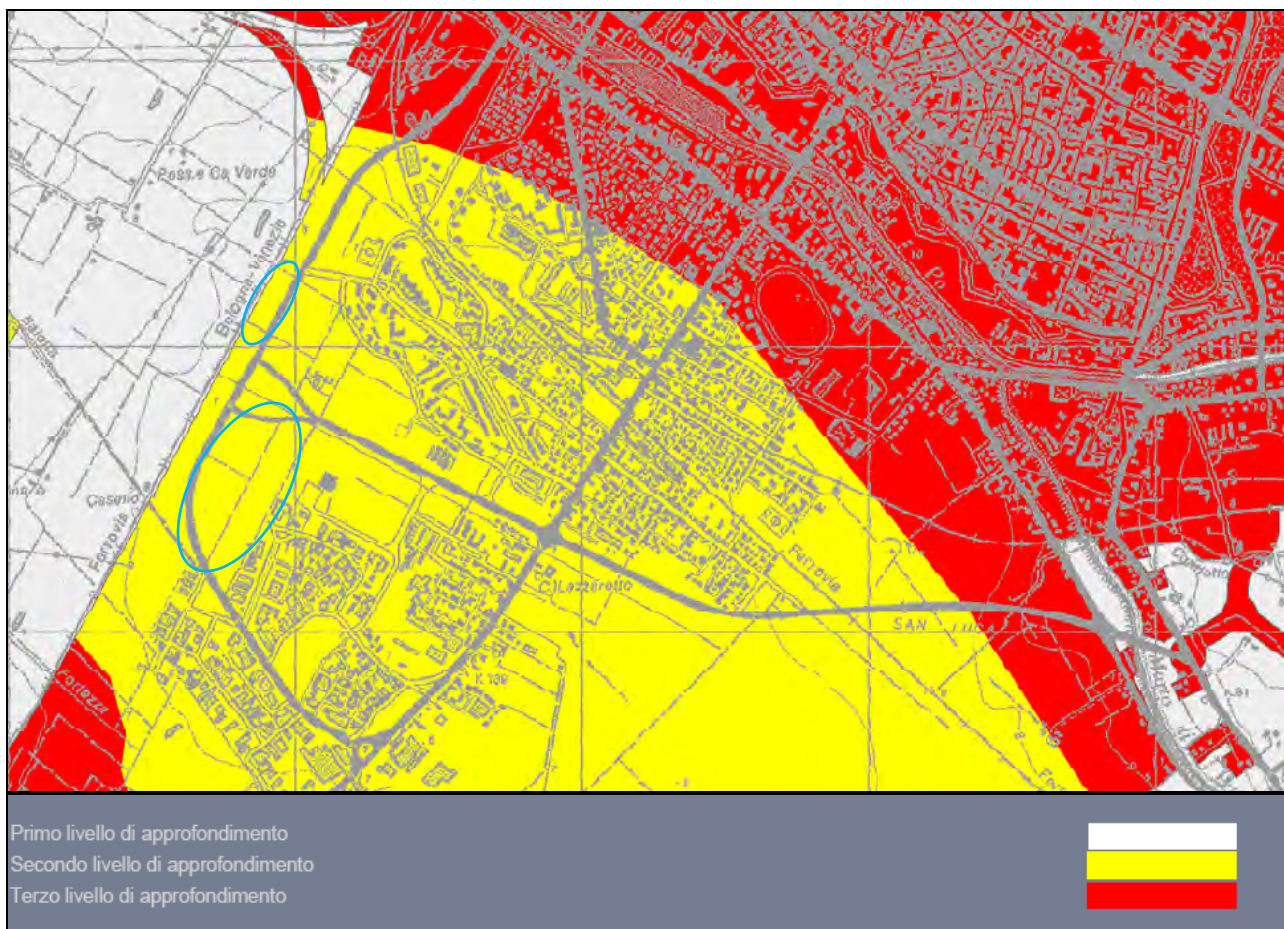


Figura 2.11-13

Estratto cartografia P.S.C. – scala grafica

(Analisi sismica – Tav. 6.4a - Carta di sintesi prima fase analisi di pericolosità sismica - 03/12/2008 – Quadro Conoscitivo)

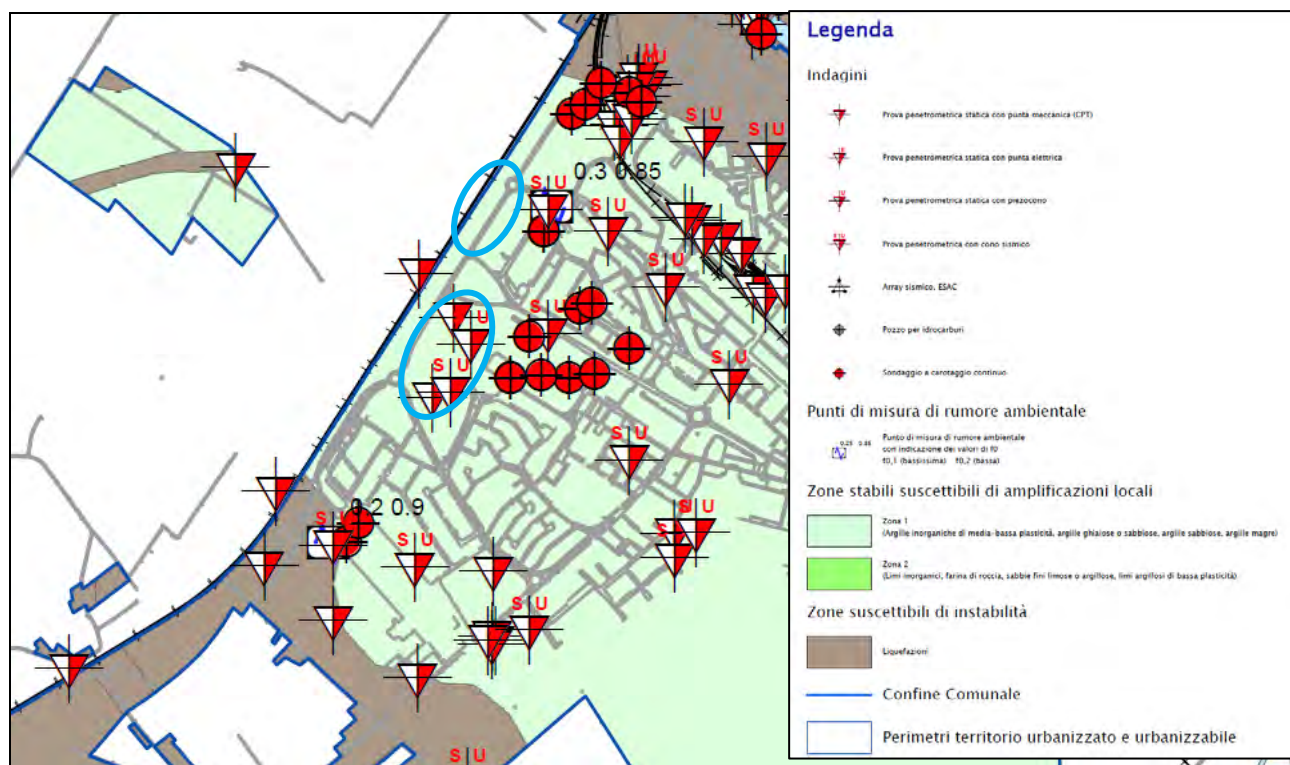


Figura 2.11-14

Estratto cartografia Microzonazione Sismica – scala grafica

(da Comune di Ferrara – Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica)

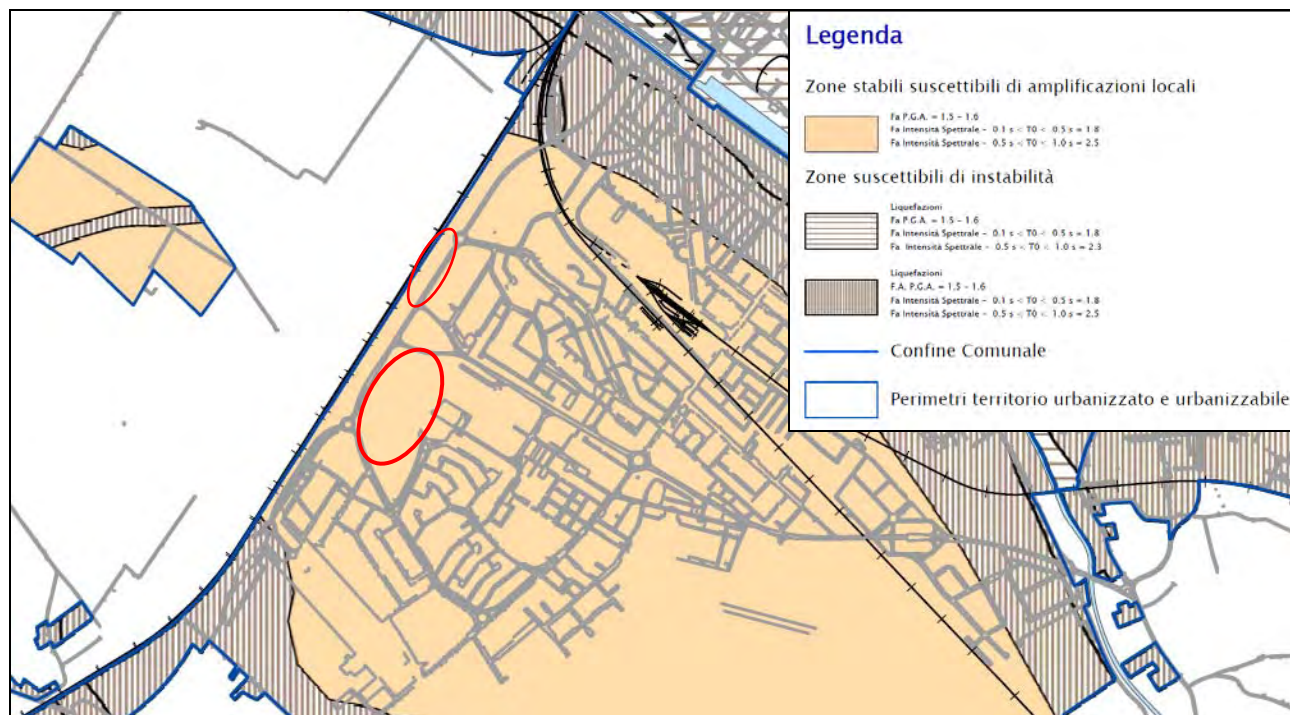


Figura 2.11-15

Estratto cartografia Microzonazione Sismica – scala grafica

(da Comune di Ferrara – Carta di microzonazione sismica – Livello 2)

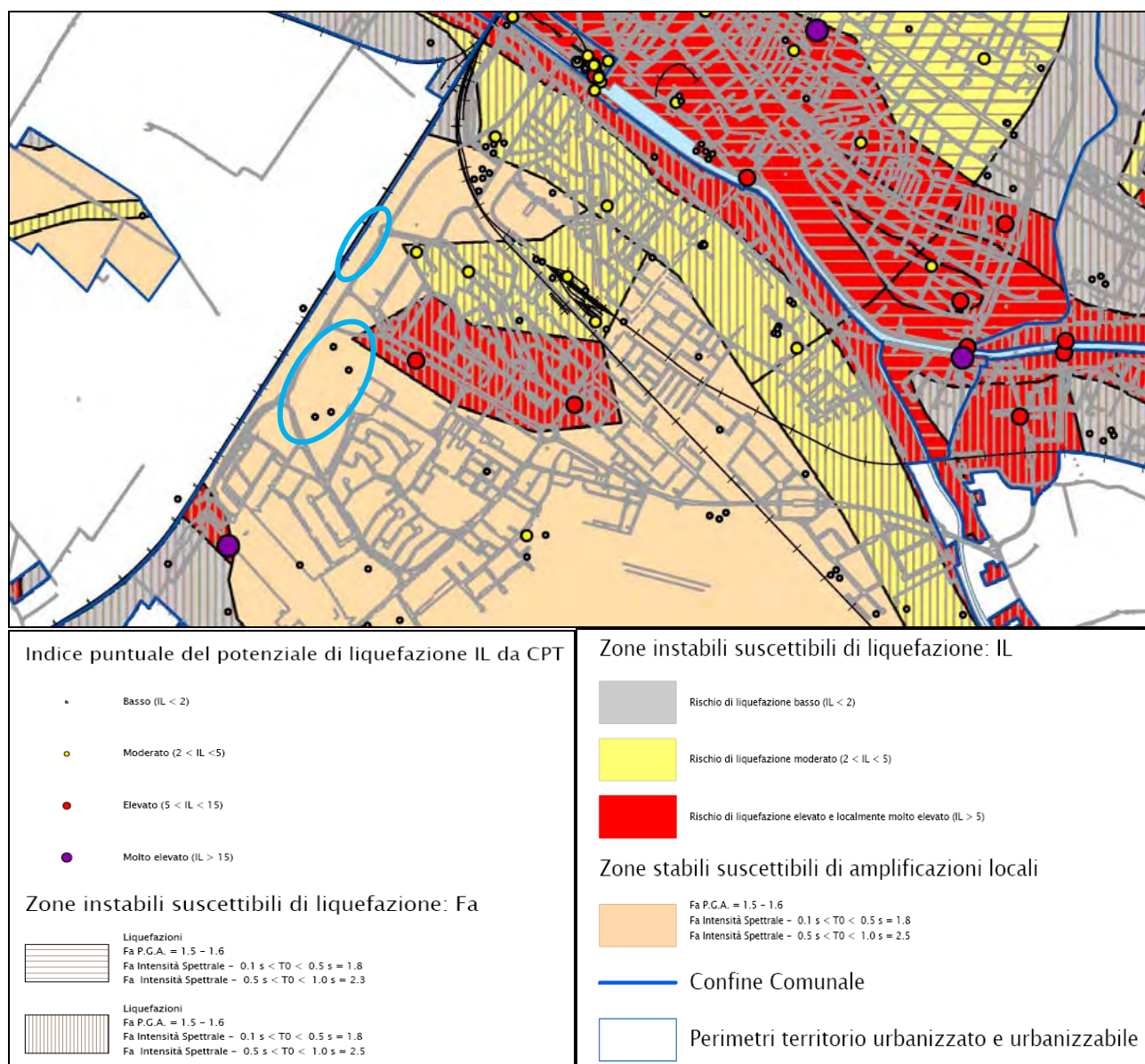


Figura 2.11-16

Estratto cartografia Microzonazione Sismica – scala grafica

(da Comune di Ferrara – Carta di microzonazione sismica – Livello 3)

	Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.l.com – info@synthesisr.l.com	PIANO URBANISTICO ATTUATIVO AREA VIA FERRARESI – VIA VENEZIANI – VIA RESPIGHI – VIA TASSONI SCHEDA DI POC 4ANS-01 Modello Geologico e Modello Geotecnico	RIF. 165/15-ES-REV00 DEL 22/09/2015 PI194/15-ES-REV00 DEL 08/09/2015
--	---	--	---

2.12. Aspetti sismici di dettaglio

2.12.1. DEFINIZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E DETERMINAZIONE DELLA VS30

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, così come definito nel testo della normativa NTC08, rif. 7.11.3, così come di seguito riportato. In alternativa è applicabile un approccio semplificato, laddove non ci si trovi in presenza di terreni di categoria S1 ed S2.

Nella presente si è proceduto ad uno studio di Risposta Sismica Locale, in conformità con quanto prescritto dalla scheda di POC. Lo studio è stato effettuato dal Dr. Stefano Maggi, all'uopo incaricato, seguendo il seguente schema:

- **Definizione del modello geologico e geotecnico del sottosuolo** attraverso indagini sia dirette che indirette (geofisiche), sulla base delle conoscenze geologiche e sulla base di dati provenienti dal database del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione E-R e dagli strumenti di pianificazione territoriale (es: PSC, PTCT) relativi al comune a cui appartiene il sito di interesse;

- **Selezione di una serie di accelerogrammi di input** (terremoti target di riferimento, componente orizzontale) rappresentativi del moto sismico atteso nel sito in esame;

- **Calcolo del moto atteso al sito: spettro di risposta finale in accelerazione** (spettro di risposta dell'oscillatore armonico tipo a un grado di libertà SDOF).

Al fine di ottenere un quadro più preciso e dettagliato possibile circa la natura dei terreni costituenti il sottosuolo del sito investigato, fino al raggiungimento del bedrock sismico (caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s e che rappresenta il livello base del modello), sono stati consultati e si è fatto riferimento ai seguenti dati (prove geognostiche e sezioni geologiche più vicine al sito in questione):

- **Sezione geologica n. 067** di spessore massimo pari a circa 250 m (database sezioni geologiche e prove geognostiche della pianura emiliano romagnola del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli Regione E-R; Progetto Risorse Idriche Provincia di Ferrara).

Dalle prove dirette eseguite emerge che i terreni presenti in sito, fino alla massima profondità esplorata pari a 30 metri, sono costituiti da depositi alluvionali caratterizzati prevalentemente da argille limose e/o limi argillosi interrotti localmente da orizzonti sabbiosi e/o sabbioso limosi dello spessore di circa 1-2 metri.

Secondo quanto riportato nelle stratigrafie della sezione geologica consultata, per profondità superiori a quelle raggiunte dalle indagini dirette eseguite nella presente campagna geognostica, pare che la natura dei terreni sia costituita da alternanze di intervalli decametrici di argilla e sabbia. Il sito investigato, in proiezione sulla sezione 67, si colloca a circa metà strada tra il pozzo Agip "Casaglia 1" situato a nord-ovest e il pozzo Agip "Montalbano 13" situato a sud-ovest rispetto all'area di interesse.

La curva HVSR ottenuta sperimentalmente, di cui si riporta l'ubicazione in figura 2.12.1-1, è caratterizzata in bassa frequenza (< 2 Hz) da una modesta amplificazione locale del moto del suolo per risonanza stratigrafica a basso contrasto d'impedenza con picco H/V a circa 0.9-1.0 Hz. (ampiezza del picco: bassa). Per quanto riguarda lo strato rigido di base ($V_s \geq 800$ m/s) che delimita il modello di sottosuolo utilizzato per l'analisi (si vedano NTC 2008 – Circolare C7.11.3.1.2.1), si è tenuto conto di quanto riportato nelle stratigrafie della sezione geologica profonda e sono stati utilizzati i dati sperimentali estrapolando in profondità il profilo di V_s fino al raggiungimento del valore di 800 m/s.

Data l'incertezza associata alle misure, in via cautelativa nella presente analisi è stata ipotizzata una profondità del bedrock sismico variabile tra -250 m e -300 m.



Figura 2.12.1-1
Ubicazione prova HVSR

TABELLA 2.12.1-1

MODELLO DI SOTTOSUOLO PROPOSTO PER IL SITO

Profondità tetto strato (m)	Spessore (m)	Tipologia di terreno	Vs (m/s)
0.00	5.00	Limo con argilla “sup”	90.00
5.00	10.00	Argilla (Idriss, 1990)	140.00
15.00	15.00	Argilla (Idriss, 1990)	200.00
30.00	25.00	Argilla (Idriss, 1990)	250.00
55.00	20.00	Argilla (Idriss, 1990)	320.00
75.00	20.00	Sabbia (Seed e Idriss – mean)	320.00
95.00	55.00	Argilla (Idriss, 1990)	400.00
150.00	30.00	Sabbie argillose (id 33)	400.00
180.00	70.00	Sabbie argillose (id 33)	600.00
250.00	Half-space	bedrock	800.00

Come accennato per il calcolo delle accelerazioni e dello scuotimento attesi in superficie sono stati selezionati una serie di accelerogrammi di input, riferiti a siti in roccia ($V_s=800$ m/s), spettro compatibili in media con lo spettro del terremoto target (spettro di riferimento definito su suolo rigido orizzontale di categoria A – NTC 2008 per il sito di interesse).

Lo spettro del terremoto target è stato definito utilizzando i seguenti parametri di ingresso (da Documento Excel SPETTRI-NTC ver 1.0.3 D.M. 14 gennaio 2008 Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni):

- Coordinate sito (ED50): 44.821342 N; 11.591766 E
- Vita nominale (V_n) struttura: 50 anni
- Classe uso: II
- Coefficiente d'uso (C_u): 1.0
- Periodo di riferimento per l'azione sismica ($V_r = V_n \cdot C_u$): 50 anni
- Stato limite considerato: Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita (SLV)

- Probabilità di superamento nel periodo di riferimento (Pvr): 10% in 50 anni
- Periodo di ritorno (Tr): 475 anni

Utilizzando i parametri riportati sopra è stato definito il terremoto di scenario la cui PGA_0 (Pick Ground Acceleration, pericolosità sismica di base del sito di interesse) è risultata pari a **$PGA_0 = 0.142$ (g)**.

I segnali di input sono stati ricavati mediante il software **Rexel** dalla banca dati **ITACA** (Italian Accelerometric Archive) utilizzando i seguenti parametri di ricerca (parametri con i quali è stato ottenuto il set migliore di segnali):

- Intervallo di Magnitudo ricercata: **5.5 (min) – 6.14 (max)**
- Distanza epicentrale ricercata: **0 Km (min) - 30 Km (max)**
- Periodo spettrale: **0.15s-2.0s**

La coppia magnitudo-distanza utilizzata per la ricerca degli accelerogrammi di input è stata scelta tenendo conto di:

- Storia sismica del Comune di appartenenza del sito in esame (Database Macrosismico Italiano 2011-DBM11): valore massimo di Intensità macrosismica al sito (comune di Ferrara) pari a I (MCS) = 8, terremoto con epicentro = Ferrara (anno 1570), $M_w = 5.46 \pm 0.25$, distanza epicentro-sito in studio = 3 Km circa;
- Carta Sismogenetica d'Italia (ZS9 – INGV) secondo la quale il sito in studio ricade all'interno zona sismogenetica 912 (dorsale ferrarese) alla quale corrisponde una $M_w \max = 6.14$;
- Analisi di disaggregazione della pericolosità sismica di base (Progetto DPCINGV-S1; disaggregazione del valore di ag con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni): coppia Magnitudo - Distanza media rappresentativa pari a $M = 4.950$; $D = 9.580$ Km; $Epsilon = 0.541$;
- Effetti di scuotimento prodotti dal sisma emiliano del maggio 2012 (Mappe di scuotimento legge 122/2012 del 1 agosto 2012): scossa di magnitudo $M = 5.9$ (data 20/05/2012); Coord. epicentrali: 44.8890N, 11.2280E; distanza epicentrale dal sito di interesse pari a $D = 30$ Km circa (l'Intensità Macrosismica in scala Mercalli Modificata "MMI" misurata nella stazione accelerometrica più vicina al sito in studio, quella di Copparo-Coccanile "CPC", è risultata pari a pari a I = 5.4 effetto moderato).

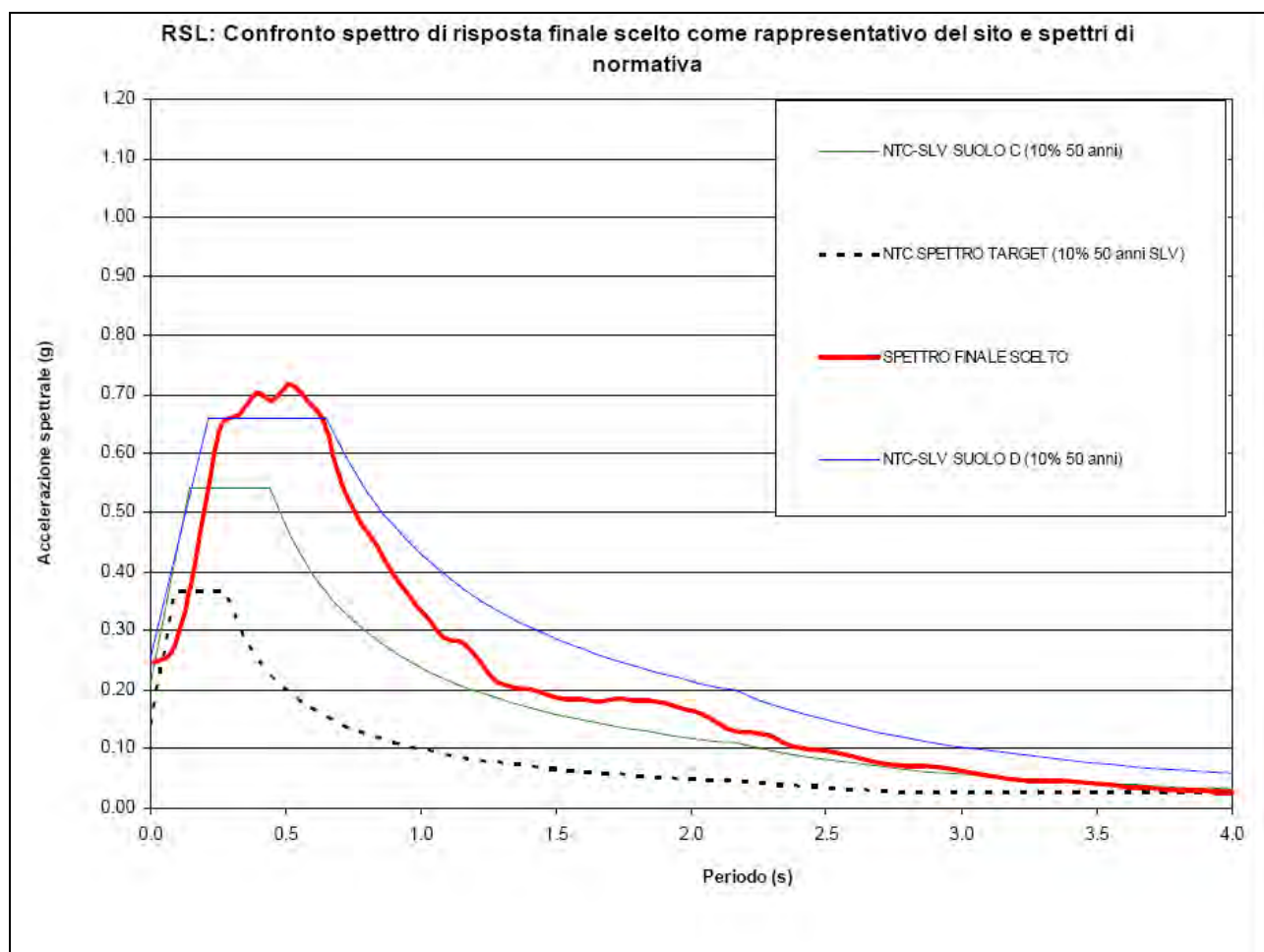


Figura 2.12.1-2

Spettro di risposta finale scelto come rappresentativo del sito in esame (curva rossa) e confronto con spettri di normativa



T (s)	Ag (g)	T (s)	Ag (g)	T (s)	Ag (g)
0.01	0.248	1.40	0.202	2.80	0.071
0.07	0.260	1.47	0.191	2.86	0.070
0.14	0.342	1.53	0.185	2.92	0.069
0.20	0.499	1.59	0.185	2.99	0.064
0.26	0.647	1.66	0.181	3.05	0.058
0.33	0.665	1.72	0.186	3.11	0.054
0.39	0.703	1.78	0.183	3.18	0.050
0.45	0.689	1.85	0.183	3.24	0.047
0.52	0.717	1.91	0.178	3.30	0.046
0.58	0.690	1.97	0.168	3.37	0.046
0.64	0.650	2.04	0.159	3.43	0.045
0.71	0.555	2.10	0.142	3.49	0.042
0.77	0.489	2.16	0.131	3.56	0.039
0.83	0.449	2.23	0.128	3.62	0.036
0.90	0.396	2.29	0.123	3.68	0.034
0.96	0.356	2.35	0.109	3.75	0.032
1.02	0.326	2.42	0.102	3.81	0.030
1.09	0.289	2.48	0.097	3.87	0.029
1.15	0.281	2.54	0.095	3.94	0.028
1.21	0.251	2.61	0.087	4.00	0.027
1.28	0.218	2.67	0.078		
1.34	0.205	2.73	0.073		

Figura 2.12.1-3

Valori numerici dello spettro di risposta medio finale

Il valore di PGA dello spettro finale scelto è risultato:

- **PGA = 0.247 g**
- **PGA/PGA₀ (F.A.) = 1.74**

Dove:

P.G.A. = Pick Ground Acceleration, accelerazione massima orizzontale al sito in superficie;

P.G.A./P.G.A.0 (F.A.) = Rapporto tra accelerazione massima orizzontale al sito in superficie e accelerazione massima orizzontale di base (riferita a suolo rigido orizzontale di categoria A). Questo rapporto rappresenta il fattore di amplificazione sismica (F.A.) del sito in esame.

Supporti Grafici:

- Allegati 1-4. Schede di elaborazione prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono e con piezocono sismico
- Allegato 8. Analisi di risposta sismica locale mediante approccio non semplificato
- Allegato 9. Rapporto tecnico indagine sismica

2.12.2. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per configurazioni superficiali semplici si considera la seguente classificazione riportata in Tabella 2.12.2-1.

TABELLA 2.12.2-1

CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Nell'area di studio si è in presenza di categoria topografica **T1**.

2.12.3. CLASSE D'USO

In base ad indicazioni fornite dai Progettisti, salvo successive variazioni gli interventi in progetto rientrano in Classe d'uso II, poiché possono essere assimilati a *costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali*. [...].

Le azioni sismiche, sono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

La vita nominale V_N viene definita pari a 50 anni.

Il valore del coefficiente d'uso C_U , varia al variare della classe d'uso, così come riportato in tabella 2.12.3-1.

TABELLA 2.12.3-1

CLASSI D'USO E COEFFICIENTI D'USO C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Ai fini del calcolo è stata scelta una vita nominale V_n di 50 anni, ed una classe d'uso II, con coefficiente d'uso c_u di 1.0.

2.12.4. VERIFICA DELLE SOLLECITAZIONI SISMICHE SUI TERRENI INCOERENTI

E' importante in questa fase distinguere fra terreni di fondazione incoerenti e terreni coesivi, i quali rispondono alle sollecitazioni di taglio in modo diverso.

Per prevedere il comportamento del terreno sottoposto ad azione sismica nei terreni incoerenti, è fondamentale conoscere il parametro densità relativa (D_r); un terreno molto addensato ($D_r \geq 70\%$) infatti, sottoposto a sollecitazioni di taglio, tende ad aumentare di volume (**fenomeno della dilatanza**) fino a raggiungere l'indice dei vuoti critico, oltre al quale cessa l'aumento di volume stesso. La densità relativa (D_r) in corrispondenza di un aumento di volume diminuisce, come diminuisce l'angolo di resistenza al taglio (ϕ) legato direttamente ad essa.

Nei terreni di fondazione coesivi, nei quali la resistenza al taglio è espressa in condizioni drenate da un angolo di resistenza al taglio e da una coesione drenata e in condizioni non drenate, da una coesione non drenata, è dimostrato (Carroll, 1963) che l'azione sismica non produce variazioni negative nelle caratteristiche meccaniche.

Nel caso in esame, in corrispondenza delle verticali d'indagine, sono stati rilevati sedimenti coesivo-granulari e granulari saturi. Per tali terreni sono stati determinati valori di densità relativa media inferiori al 70%. Pertanto, in virtù delle caratteristiche dei terreni e delle densità individuate, in caso di sollecitazione sismica non è previsto il fenomeno della dilatanza. A tale proposito si evidenzia inoltre come, in generale, tale fenomeno sia funzione anche della profondità alla quale si trova lo strato indagato: maggiore è la profondità dello strato, minore sarà la possibilità dell'innescarsi del fenomeno.

Per quanto riguarda il fenomeno della **liquefazione**, definito come la diminuzione della resistenza al taglio e/o di rigidezza, causata dall'aumento della pressione interstiziale in un terreno saturo granulare durante una sollecitazione sismica, la probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verifichino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla, se si riscontra almeno una delle condizioni riportate di seguito. È sufficiente che solo uno di questi criteri sia soddisfatto per poter omettere ogni ulteriore tipo di verifica (Regione Emilia Romagna - atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica").

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazione massima attesa in superficie in condizioni free-field (cioè in assenza di carichi superficiali, edifici o altro) minore di $0.1g$;
3. accelerazione massima attesa in superficie in condizioni free-field minore 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 $IP > 10\%$;
 - $FC \geq 35\%$ 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, definito dalla relazione:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N$$

in cui il coefficiente C_N è ricavabile dall'espressione

$$C_N = \left(\frac{p_a}{\sigma'_v} \right)^{0.5}$$

essendo p_a la pressione atmosferica e σ'_v la pressione efficace verticale.

4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 2.12.4.5-1 (a), nel caso di materiale con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in Figura 2.12.4.5-1 (b) per coefficienti di uniformità $U_c > 3.5$;

5. profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna, in presenza di topografia orizzontale e di strutture con fondazioni superficiali. Qualora si fosse in presenza di fondazioni profonde e/o su pendio inclinato, questo criterio non sarebbe più applicabile e la verifica alla liquefazione dovrebbe essere eseguita anche per profondità della falda superiori a mt 15.00 da p.c. Tuttavia è da tener presente che oltre i mt 20 di profondità, la probabilità che un livello sciolto possa subire liquefazione, diventa estremamente bassa.

Da evidenziare come, per il punto 4, sia chiaramente necessario prelevare un campione di sabbia da sottoporre ad analisi di laboratorio.

Quando nessuna delle condizioni prima descritte risulta soddisfatta, è necessario procedere alla valutazione di un coefficiente di sicurezza alla liquefazione, alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

I punti sopra elencati vengono esplicitati nei paragrafi successivi; in termini di fattori scatenanti il sisma quali magnitudo, accelerazione, a_g e fattori predisponenti quali profondità della falda, granulometria, ecc., ecc.

2.12.4.1. Fattori scatenanti: Definizione della Magnitudo attesa del sisma

La definizione della magnitudo attesa, utilizzata di seguito per le valutazioni sulla liquefazione, farà riferimento, alla massima magnitudo attesa relativa alla zona sismogenetica di riferimento (912) che risulta pari a $M = 6.14$. Tale assunzione viene anche suggerita dalla determinazione della Regione Emilia Romagna n. 1105 del 03/02/2014 e dalla scheda POC n° 4ANS-01.

2.12.4.2. Fattori scatenanti: Definizione dell'accelerazione sismica orizzontale

(da “La liquefazione dei terreni” di Aldo di Bernardo)

Il parametro dell'accelerazione sismica orizzontale massima in superficie (a_{gmax}) è riferito alla condizione *free-field*, cioè in assenza di carichi superficiali, edifici o altro. Il valore di soglia, indicato dalla normativa, è di 0.10 g. Questo significa che se l'accelerazione sismica orizzontale massima in superficie indotta dal sisma si colloca sotto questo limite è possibile omettere la verifica alla liquefazione.

Il parametro a_{gmax} si ricava direttamente dalla caratterizzazione sismica del sito, secondo le indicazioni del DM 14/01/2008, attraverso la relazione:

$$a_{gmax} = a_g S_s S_t$$

La grandezza a_g è l'accelerazione sismica orizzontale riferita al sito rigido, ricavabile dall'appendice B del DM 14/01/2008 in funzione delle coordinate geografiche del sito, e S_s e S_t sono i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica.

Il valore di soglia introdotto nel DM 14/01/2008 non coincide con quello suggerito nell'Eurocodice 8, dove il limite viene posto a 0.15 g. Questa differenza nasce da un adattamento dell'Eurocodice 8 al contesto italiano. Anche se a livello mondiale sono noti casi di liquefazione avvenuti in corrispondenza di

valori di a_{gmax} minori di 0.10, si ritiene che in Italia ciò sia molto improbabile. Per poter produrre fenomeni di liquefazione, eventi sismici che generano in superficie valori di accelerazione così bassi, devono essere caratterizzati da una durata insolitamente lunga. Ciò devono essere in grado di produrre un numero sufficientemente alto di cicli di carico per consentire, ai relativamente ridotti valori di Δu , di poter uguagliare, sommandosi, la pressione litostatica efficace agente.

Se si valuta l'accelerazione massima orizzontale in base agli abachi dell'Atto di Indirizzo 112/2007 della Regione Emilia Romagna, considerando il valore di accelerazione massima previsto per il Comune di Ferrara amplificato con il fattore di amplificazione PGA previsto dalla Carta di microzonazione sismica – Livello 3, risulta : $a_{gmax} = a_{refg} \times F.A. \text{ P.G.A.} = 0,132 \times 1,6 = \mathbf{0,2112 \text{ g}}$.

Nel caso specifico, come descritto e commentato, è stato effettuato uno studio di **Risposta Sismica Locale** e, visti i risultati di tale studio e le prescrizioni della scheda POC, l'accelerazione sismica di progetto corrisponde a quella sito specifica calcolata come descritto nel paragrafo 2.12.1, ovvero:

- PGA = 0.247 g

Relativamente alle valutazioni sulla liquefazione, in base al valore dell'accelerazione sopra riportato, si conclude che la verifica non è soddisfatta, ovvero è necessario procedere ad ulteriori verifiche ed elaborazioni relativamente al rischio liquefazione.

Supporti Grafici:

- Allegato 8. Analisi di risposta sismica locale mediante approccio non semplificato

2.12.4.3. Fattori predisponenti: Profondità della falda

(da "La liquefazione dei terreni" di Aldo di Bernardo)

Quando le sopracitate condizioni non risultano soddisfatte, diventa necessario eseguire una prima valutazione geotecnica di tipo qualitativo e semi quantitativo sui terreni presenti nel sito indagato.

Il primo parametro da individuare è la posizione della falda rispetto al piano campagna. Se la profondità media stagionale del livello di falda è superiore a mt 15, in presenza di topografia orizzontale e di strutture con fondazioni superficiali, la verifica alla liquefazione può essere omessa. Questo limite coincide con quello indicato nell'Eurocodice 8. Si ammette quindi l'improbabilità che strutture con fondazioni superficiali in presenza di topografia suborizzontale, possano risentire degli effetti della liquefazione in livelli posti oltre i mt 15 di profondità.

Il DM 14/01/2008 parla di misura riferita al valore medio stagionale. Nell'Eurocodice 8 invece si fa riferimento alle condizioni prevalenti durante il periodo di vita dell'opera. Nel primo caso si tratta di eseguire una valutazione sulla base di dati storici, nel secondo di fare una previsione a lungo termine, con i problemi che ciò comporta. Qualora non fossero disponibili misure precise del livello di falda, è possibile effettuare una valutazione approssimativa attraverso una stima di massima dell'oscillazione del livello.

Nel caso specifico la falda risulta comunque a profondità inferiori a mt 15.00 da p.c., nettamente più prossima al piano campagna, come definito nel capitolo dedicato.

2.12.4.4. Fattori predisponenti: Resistenza mobilitabile dal terreno

(da “La liquefazione dei terreni” di Aldo di Bernardo)

Vengono prese come riferimento le prove penetrometriche dinamiche e statiche. Nel caso di terreni costituiti da sabbie pulite, cioè con frazione fine trascurabile, la verifica alla liquefazione si può omettere quando la resistenza penetrometrica normalizzata è superiore a uno dei seguenti limiti:

- $(N_1)_{60} > 30$ nel caso di prove penetrometriche dinamiche;
- $q_{c1N} > 180$ nel caso di prove penetrometriche statiche.

Il parametro $(N_1)_{60}$ rappresenta il valore di N_{SPT} riferito a un'efficienza di infissione del 60%, efficienza considerata standard per le prove eseguite in foro di sondaggio, e normalizzata per una pressione verticale efficace di 100 KPa. Si ottiene quindi dalla relazione:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} (100/\sigma'_v)^{0.5}$$

in cui σ'_v è la pressione litostatica efficace, espressa in KPa, alla profondità di misura.

Utilizzando i dati di una prova dinamica continua questi, ovviamente, dovranno prima essere convertiti in valori di N_{SPT} equivalenti.

La grandezza q_{c1N} , in modo analogo, indica il valore di resistenza alla punta q_c del penetrometro statico normalizzata alla pressione di riferimento di 100 KPa:

$$q_{c1N} = (q_c / 0.1) (100/\sigma'_v)^{0.5}$$

dove q_c è espresso in MPa e σ'_v in KPa.

Per quanto riguarda gli orizzonti coesivo-granulari, il DM 14/01/2008 non fornisce indicazioni relativamente al caso di sabbie con una frazione fine, limo-argillosa, significativa. È possibile in questi casi fare riferimento alle indicazioni dell'Eurocodice 8.

L'Eurocodice 8 al criterio di esclusione per le sabbie pulite ne aggiunge altri 2. La verifica alla liquefazione potrà quindi essere omessa quando:

- la sabbia abbia un contenuto di argilla superiore al 20%, con un indice plastico $IP > 10\%$;
- la sabbia abbia un contenuto in limo superiore al 35% e, contemporaneamente, possieda una resistenza penetrometrica normalizzata superiore a 20, cioè $(N_1)_{60} > 20$; non si fa riferimento alle prove statiche ma è ragionevole utilizzare un valore di q_{c1N} ridotto a 2/3 rispetto a quello indicato per le sabbie pulite, e quindi $q_{c1N} > 120$.

Ne consegue che per l'Eurocodice 8 sono da considerare sabbie pulite quelle in cui il contenuto in argilla sia inferiore al 20% e quello in limo al 35%. Si possono avere situazioni intermedie, con miscele di limo e argilla in varie proporzioni; inoltre la verifica delle condizioni dell'Eurocodice 8 comporta la necessità di eseguire analisi granulometriche su tutti i livelli sabbiosi saturi.

Quando la componente fine risulta abbondante, si opera come segue:

- se l'indice plastico è superiore a 10 (Eurocodice 8) o a 12 (Bray e Sancio) la verifica alla liquefazione può essere omessa;

 Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	PIANO URBANISTICO ATTUATIVO AREA VIA FERRARESI – VIA VENEZIANI – VIA RESPIGHI – VIA TASSONI SCHEDA DI POC 4ANS-01 Modello Geologico e Modello Geotecnico	RIF. 165/15-ES-REV00 DEL 22/09/2015 PI194/15-ES-REV00 DEL 08/09/2015
--	--	---

- in caso contrario la decisione andrà presa sulla base di $(N_1)_{60}$ o di q_{c1N} .

Nel caso specifico non sono state effettuate le valutazioni speditive di cui sopra in quanto, come si vedrà più avanti, viste le litologie determinate, le accelerazioni previste e le prescrizioni, si è proceduto comunque alla verifica alla liquefazione tramite analisi delle intere colonne stratigrafiche delle SCPTU e CPTU.

2.12.4.5. Fattori predisponenti: Composizione granulometrica

(da “La liquefazione dei terreni” di Aldo di Bernardo)

Facendo riferimento ai classici schemi di Tsuchida (1970), incorporati in numerose normative nazionali e procedure di valutazione del rischio, vengono definiti due fusi granulometrici corrispondenti a depositi con diverso valore del coefficiente di uniformità.

Si ricorda che per coefficiente di uniformità si intende il rapporto:

$$U = d_{60} / d_{10}$$

in cui d_{60} e d_{10} sono, rispettivamente, i diametri corrispondenti al 10% e al 60% del peso del campione letti sulla curva granulometrica.

Secondo il DM 14/01/2008, che riprende le indicazioni dell'Eurocodice 8, si può omettere la verifica alla liquefazione, quando la curva granulometrica del terreno risulta esterna alle zone indicate.

A livello operativo l'applicazione di questo criterio implica l'esecuzione di un sondaggio con prelievo di campioni di sabbia satura a diverse profondità, con le difficoltà che questo comporta.

Interpretativamente è necessario che un profilo ricada completamente nei limiti indicati per poter essere indicato liquefacibile.

Nel caso specifico, in accordo con i Progettisti, in base al livello di progettazione non è stata in questa fase prevista l'esecuzione di sondaggi geognostici e il prelievo di campioni di terreno sui quali effettuare le relative analisi granulometriche.

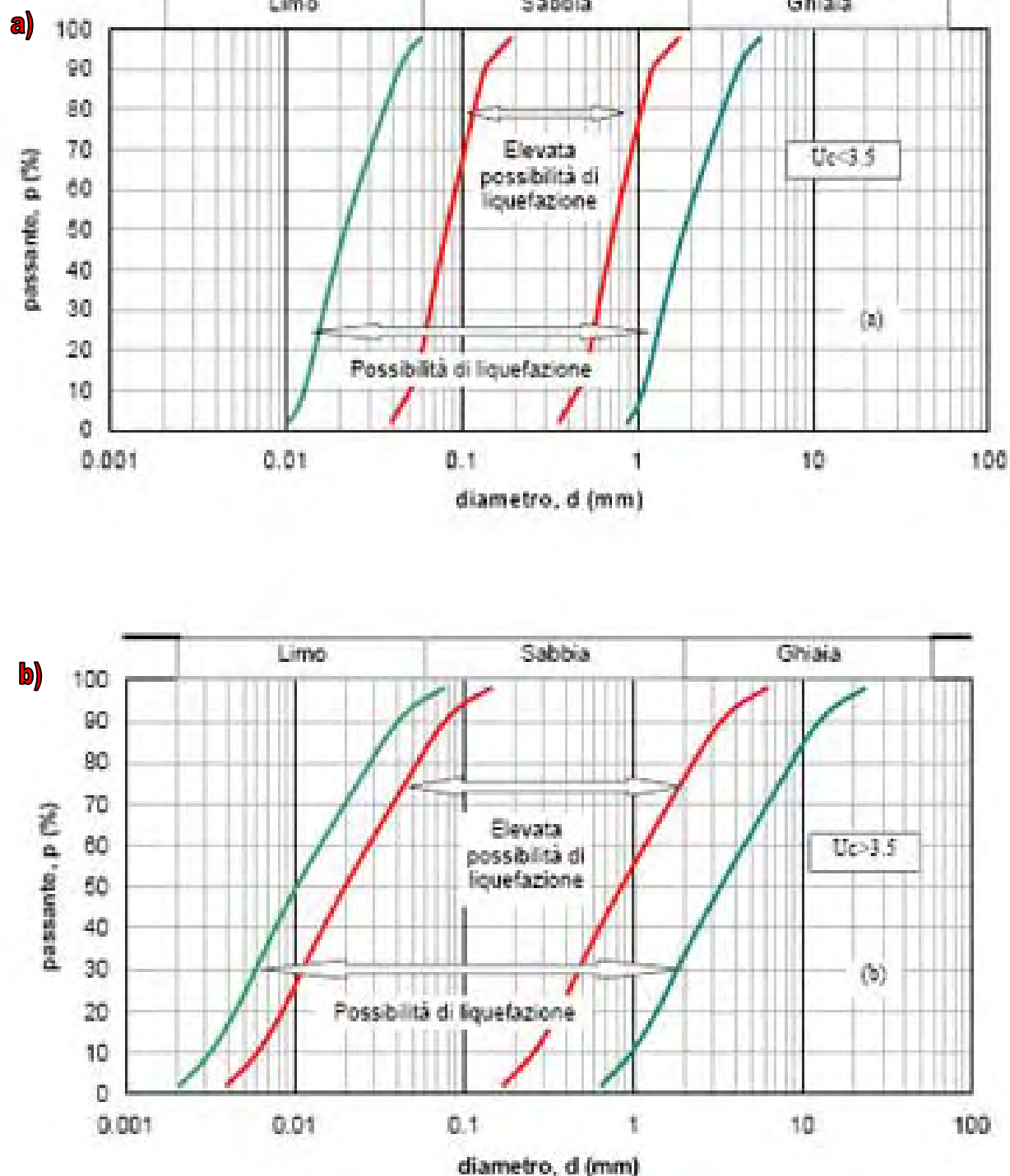


Figura 2.12.4.5-1

Fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione

 Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	PIANO URBANISTICO ATTUATIVO AREA VIA FERRARESI – VIA VENEZIANI – VIA RESPIGHI – VIA TASSONI SCHEDA DI POC 4ANS-01 Modello Geologico e Modello Geotecnico	RIF. 165/15-ES-REV00 DEL 22/09/2015 PI194/15-ES-REV00 DEL 08/09/2015
--	--	---

2.12.5. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE PER IL CASO SPECIFICO E STIMA CEDIMENTI INDOTTI

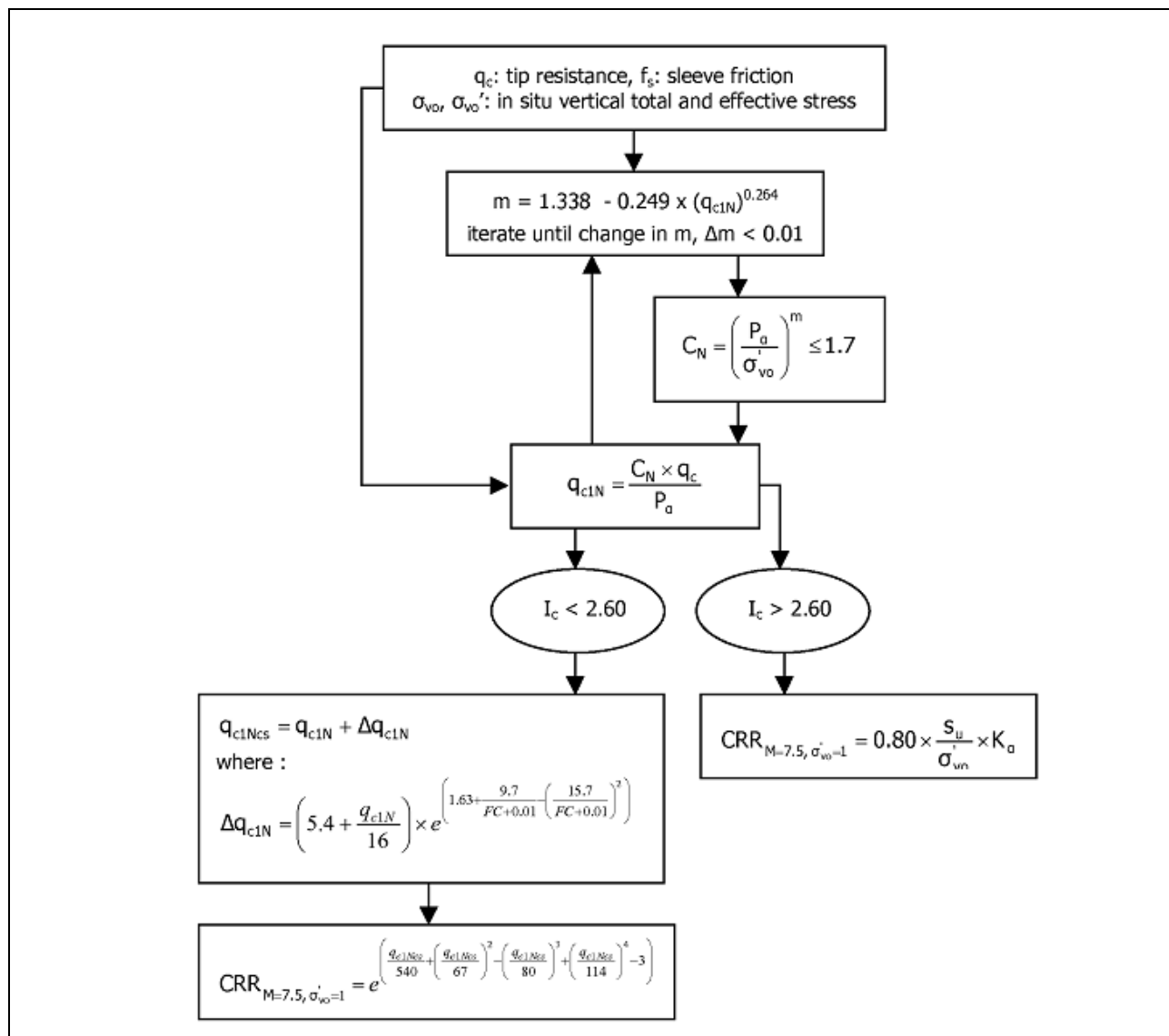
Nel caso in esame, in corrispondenza delle verticali di indagine, sono stati individuati livelli coesivo-granulari e granulari saturi, considerando un livello della falda pari a mt. 2.40 da piano campagna, in corrispondenza di ogni prova. Visti gli spessori, le caratteristiche e le profondità a cui si trovano, nella presente sono state effettuate le verifiche riferite al caso evento sismico, di seguito riportate.

Nelle valutazioni, come da indicazioni della scheda POC n° 4ANS-01, è ovunque considerata la quota della falda più elevata fra quelle misurate nel corso delle varie prove geognostiche disponibili e quella desumibile da dati conoscitivi dell'area. Per il caso specifico la profondità massima della superficie freatica è considerata pari a mt 2.40 da piano campagna. Tale dato fa riferimento alla prova CPTU3 eseguita in data 21 settembre 2015. In tale periodo sarebbe ipotizzabile una superficie di falda molto depressa anziché elevata, visto il periodo di misura e l'andamento stagionale estivo; tuttavia il valore misurato risulta superiore anche a livelli registrati nel mese di ottobre dell'anno 2012 per mezzo di piezometri installati a breve distanza dal sito, e la cui falda è risultata a profondità superiori a mt 3.00 e a mt 4.00 dal piano campagna.

Non disponendo di altre informazioni puntuali, ai fini della presente, per soddisfare le prescrizioni, vengono quindi effettuate valutazioni considerando ovunque il livello di mt 2.40.

Nello specifico, viene valutata la **suscettibilità alla liquefazione** applicando un criterio indiretto corrispondente al metodo di Idriss & Boulanger (2008) come suggerito dalla determinazione n° 1105 del 03/02/2014 della Regione Emilia Romagna.

Questo metodo utilizza le correlazioni di seguito schematizzate:



In base alla deliberazione dell'assemblea legislativa della Regione Emilia Romagna n. 112 del 2 maggio 2007, è possibile che avvengano fenomeni di liquefazione quando $FL < 1$. La circolare del C.S.LL.PP. n. 617 del 2 febbraio 2009, demanda invece al progettista la decisione in merito alla scelta del margine di sicurezza nei confronti della liquefazione. Per quanto riguarda infine l'OPCM 3274 del 20 marzo 2003, un terreno deve essere considerato suscettibile a liquefazione, allorché lo sforzo di taglio generato dal terremoto a una data profondità, supera l'80% dello sforzo critico che ha provocato la liquefazione durante terremoti passati alla medesima profondità; il livello di sforzo di taglio implica un fattore di sicurezza pari a 1.25.

Viste le tipologie di indagine analizzate e le peculiarità delle valutazioni introdotte dall'OPCM 3274, si ritiene corretto nella presente definire che un deposito non è suscettibile a liquefazione quando $FL > 1$ in linea con quanto riportato nel DAL 112/2007 della Regione Emilia Romagna.

Il calcolo dell'Indice del potenziale di Liquefazione (LPI) viene utilizzato per interpretare le singole valutazioni in termini di gravità del fenomeno liquefazione sulla profondità.

La procedura di calcolo si basa sul metodo elaborato da Iwasaki (1982).

Per valutare la gravità di liquefazione misurata in un dato sito, LPI è calcolato sulla base della seguente equazione:

$$LPI = \int_0^{20} (10 - 0,5z) \times F_L \times dz$$

Dove:

$F_L = 1 - F.S.$ quando F.S. è minore di 1

$F_L = 0$ quando F.S. è maggiore di 1

z è la profondità misurata in metri

Iwasaki propone 4 categorie basate sul valore numerico di LPI:

- $LPI = 0$: il rischio di liquefazione è molto basso
- $0 < LPI \leq 5$: il rischio di liquefazione è basso
- $5 < LPI \leq 15$: il rischio di liquefazione è alto
- $LPI > 15$: il rischio di liquefazione è molto alto

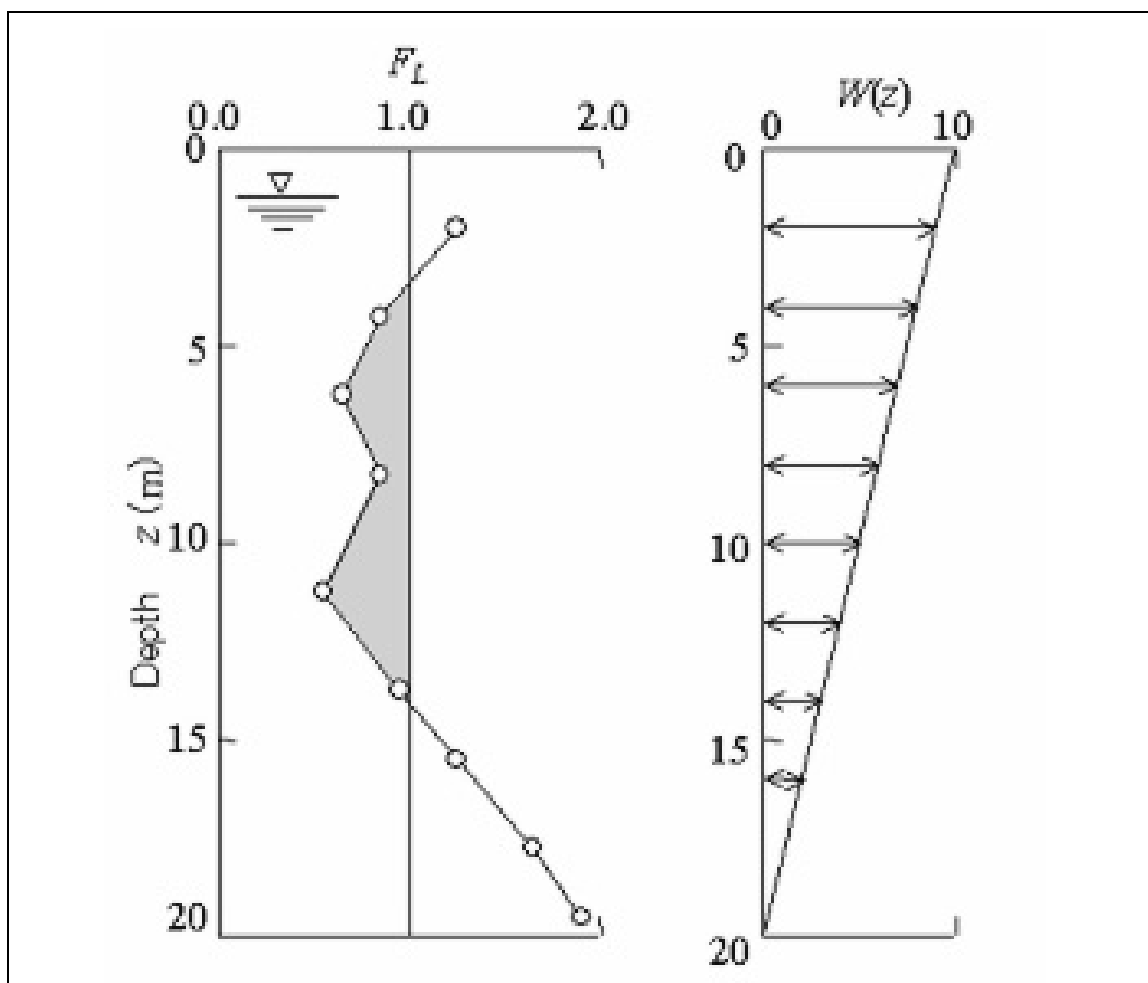


Figura 2.12.5-1

Rappresentazione grafica della procedura di calcolo di LPI

Come precedentemente indicato, in linea con il DAL 112/2007 della Regione Emilia Romagna, ai fini della presente si definisce che un deposito sabbioso risulta suscettibile a liquefazione quando $F_s < 1$.

Utilizzando il pacchetto software CLiq v.1.7.6.49 è stato determinato il fattore F_s applicando il metodo di Idriss & Boulanger (2008) individuando gli spessori caratterizzati da $F_s < 1$, di seguito elencati nelle tabelle, nelle quali, oltre agli spessori e alle profondità dei singoli strati liquefacibili, sono indicate anche le profondità dei macrostrati e gli spessori cumulativi degli strati liquefacibili. Tutte le analisi fanno riferimento ai primi mt 20.00, anche se le prove sono state effettuate a maggiori profondità.

I macrostrati distinguono gli spessori prevalentemente coesivi e prevalentemente granulari.

TABELLA 2.12.5-1

SCPTU1 – STRATI CON $F_s < 1$

SCPTU 1	MACROSTRATI		STRATI LIQUEFACIBILI		
	PROF. TETTO (MT)	PROF. LETTO (MT)	PROFONDITÀ (MT)	SPESSORI (MT)	SPESSORI CUMULATIVI (MT)
	0.00	20.00	8.70 – 8.88	0.18	0.18

TABELLA 2.12.5-2

SCPTU2 – STRATI CON $F_s < 1$

SCPTU2	MACROSTRATI		STRATI LIQUEFACIBILI		
	PROF. TETTO (MT)	PROF. LETTO (MT)	PROFONDITÀ (MT)	SPESSORI (MT)	SPESSORI CUMULATIVI (MT)
	0.00	15.26	-	-	-
	15.26	17.08	15.30 – 15.66	0.36	0.58
			16.80 – 17.02	0.22	
	17.08	20.00	-	-	-

TABELLA 2.12.5-3

CPTU3 – STRATI CON $F_s < 1$

CPTU3	MACROSTRATI		STRATI LIQUEFACIBILI		
	PROF. TETTO (MT)	PROF. LETTO (MT)	PROFONDITÀ (MT)	SPESSORI (MT)	SPESSORI CUMULATIVI (MT)
	0.00	13.28	3.02 – 3.04	0.02	0.26
			3.30 – 3.32	0.02	
			3.36 – 3.42	0.06	
			3.60 – 3.64	0.04	
			3.66 – 3.68	0.02	
			4.34 – 4.36	0.02	
			4.48 – 4.52	0.04	
			5.04 – 5.06	0.02	
			5.20 – 5.22	0.02	
	13.28	18.92	13.32 – 15.42	2.10	4.84
			15.72 – 16.42	0.70	
			16.84 – 18.88	2.01	
	18.92	20.00	-	-	-

TABELLA 2.12.5-4

CPTU4 – STRATI CON FS<1

	MACROSTRATI		STRATI LIQUEFACIBILI		
	PROF. TETTO (MT)	PROF. LETTO (MT)	PROFONDITÀ (MT)	SPESSORI (MT)	SPESSORI CUMULATIVI (MT)
	0.00	1.36	-	-	-
CPTU4	1.36	4.12	3.18 – 3.60	0.42	0.60
			3.62 – 3.66	0.04	
			3.68 – 3.74	0.06	
			3.98 – 4.00	0.02	
			4.02 – 4.04	0.02	
			4.08 – 4.12	0.04	
	4.12	5.98	5.70 – 5.72	0.02	0.02
	5.98	7.32	5.98 – 7.02	1.04	1.04
	7.32	16.30	8.74 – 8.76	0.02	0.94
			8.82 – 8.84	0.02	
			8.88 – 8.90	0.02	
			9.10 – 9.12	0.02	
			9.16 – 9.18	0.02	
			9.22 – 9.24	0.02	
			9.26 – 9.28	0.02	
			9.30 – 9.42	0.12	
			9.46 – 9.58	0.12	
			10.40 – 10.42	0.02	
			10.46 – 10.54	0.08	
			10.66 – 10.68	0.02	
			11.22 – 11.24	0.02	
			11.34 – 11.36	0.02	
			11.40 – 11.42	0.02	
			11.44 – 11.46	0.02	
			11.90 – 12.02	0.12	
			12.46 – 12.48	0.02	
			12.56 – 12.58	0.02	
			13.16 – 13.18	0.02	
			13.60 – 13.62	0.02	
			13.70 – 13.76	0.06	
			13.78 – 13.82	0.04	
			13.84 – 13.86	0.02	
			16.22 – 16.26	0.04	
	16.30	18.94	16.28 – 18.02	1.74	1.84
			18.82 – 18.92	0.10	
	18.94	20.00	19.98 – 20.00	0.02	0.02

	Prevalenza di argille
	Prevalenza di sabbie

 Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	PIANO URBANISTICO ATTUATIVO AREA VIA FERRARESI – VIA VENEZIANI – VIA RESPIGHI – VIA TASSONI SCHEDA DI POC 4ANS-01 Modello Geologico e Modello Geotecnico	RIF. 165/15-ES-REV00 DEL 22/09/2015 PI194/15-ES-REV00 DEL 08/09/2015
--	--	---

Dalle letture delle tabelle si evidenzia come siano presenti spessori liquefacibili a profondità variabili a seconda della prova considerata, la cui eventuale continuità o meno dovrà essere accertata nel corso degli studi per i singoli interventi.

Per quanto riguarda le modalità di verifica e la lettura dei risultati, si riporta di seguito un estratto dallo studio di Facciorusso J., Madiati C., Vannucchi G., “Confronto tra metodi semplificati di stima del rischio di liquefazione da prove cpt e cptu”, ovvero come *l’indice LPI calcolato con riferimento ad una verticale di prova trascuri gli effetti bi- e tri- dimensionali. Tale semplificazione può condurre talora a stime errate. In particolare se la liquefazione in un sito è limitata a lenti isolate, la liquefazione in superficie può non manifestarsi anche per valori significativi di LPI. Viceversa uno strato liquefatto sottile, profondo, molto diffuso ed esteso può determinare rottura del terreno e “lateral spreading” anche per bassi valori di LPI. La variabilità ed eterogeneità naturale delle condizioni stratigrafiche e geotecniche può spiegare la non sempre buona correlazione tra i valori dell’indice LPI e le evidenze di liquefazione.*

Per completare l’esposizione, si inseriscono di seguito le elaborazioni stratigrafiche ricavate per mezzo del software che valuta la liquefazione in base alle stratigrafie elaborate inizialmente con il metodo di Robertson 1986 e successivamente con il metodo di Robertson 1990 sui parametri normalizzati. Il grafico di Robertson 1990 fa riferimento alla resistenza alla punta corretta q_t ; esso può essere utilizzato ugualmente con la resistenza alla punta non corretta, q_c , finché la differenza fra q_t e q_c è piccola, tranne nei terreni soffici a grana fine.

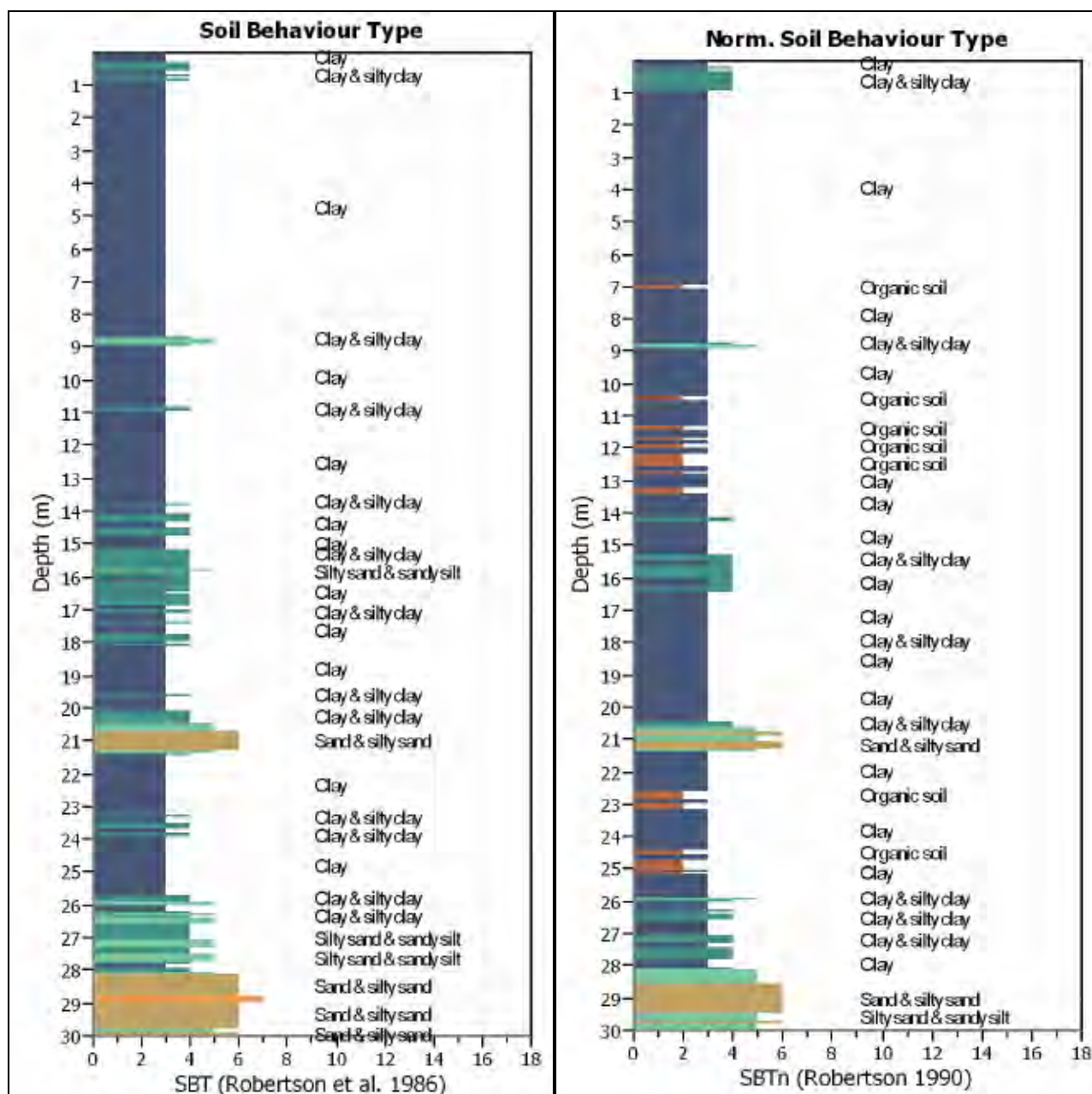


Figura 2.12.5-2

SCPTU1 – Tipo di comportamento del terreno in base a Robertson 1986 e normalizzato in base a Robertson 1990

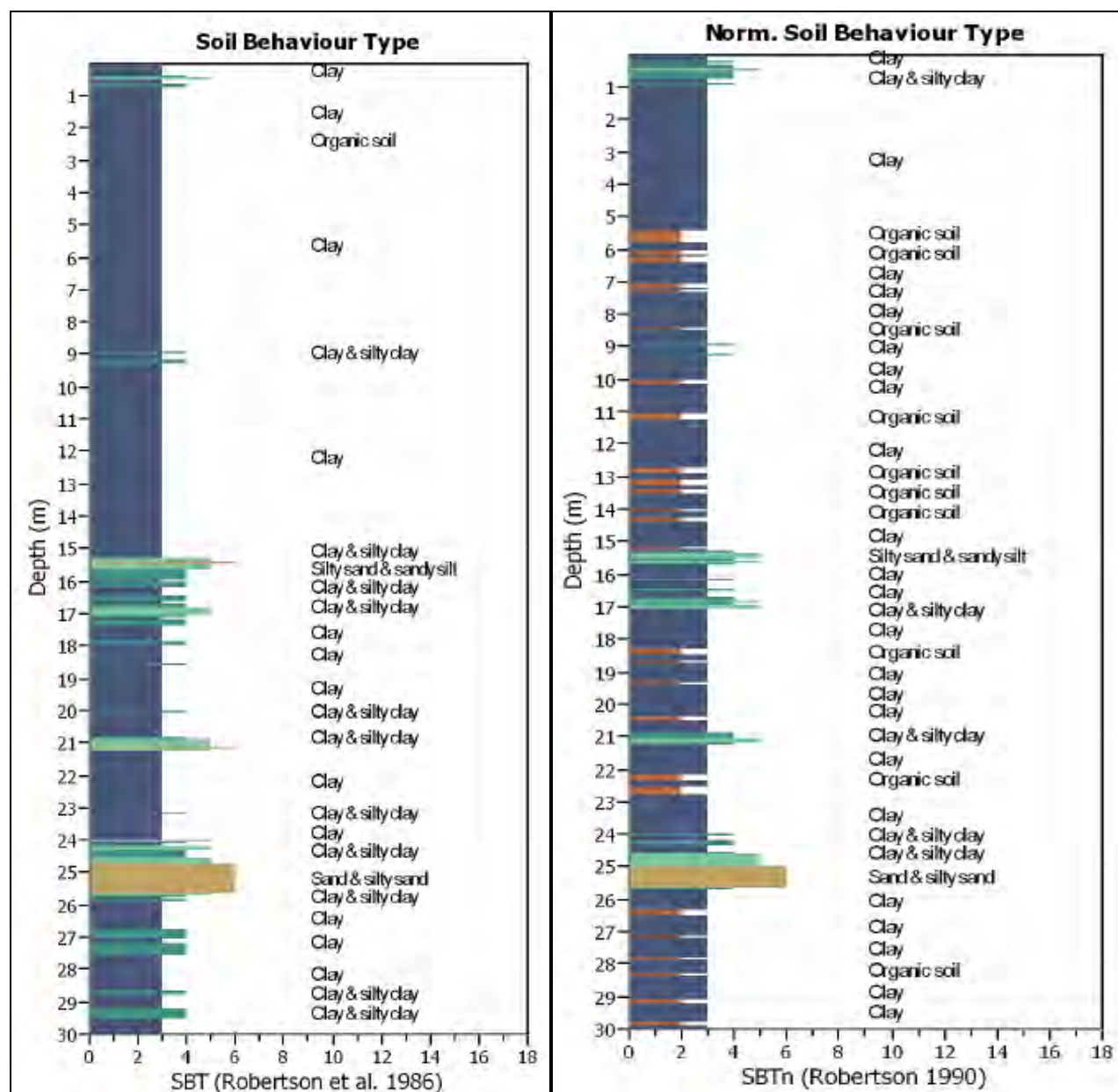


Figura 2.12.5-3

SCPTU2 – Tipo di comportamento del terreno in base a Robertson 1986 e normalizzato in base a Robertson 1990

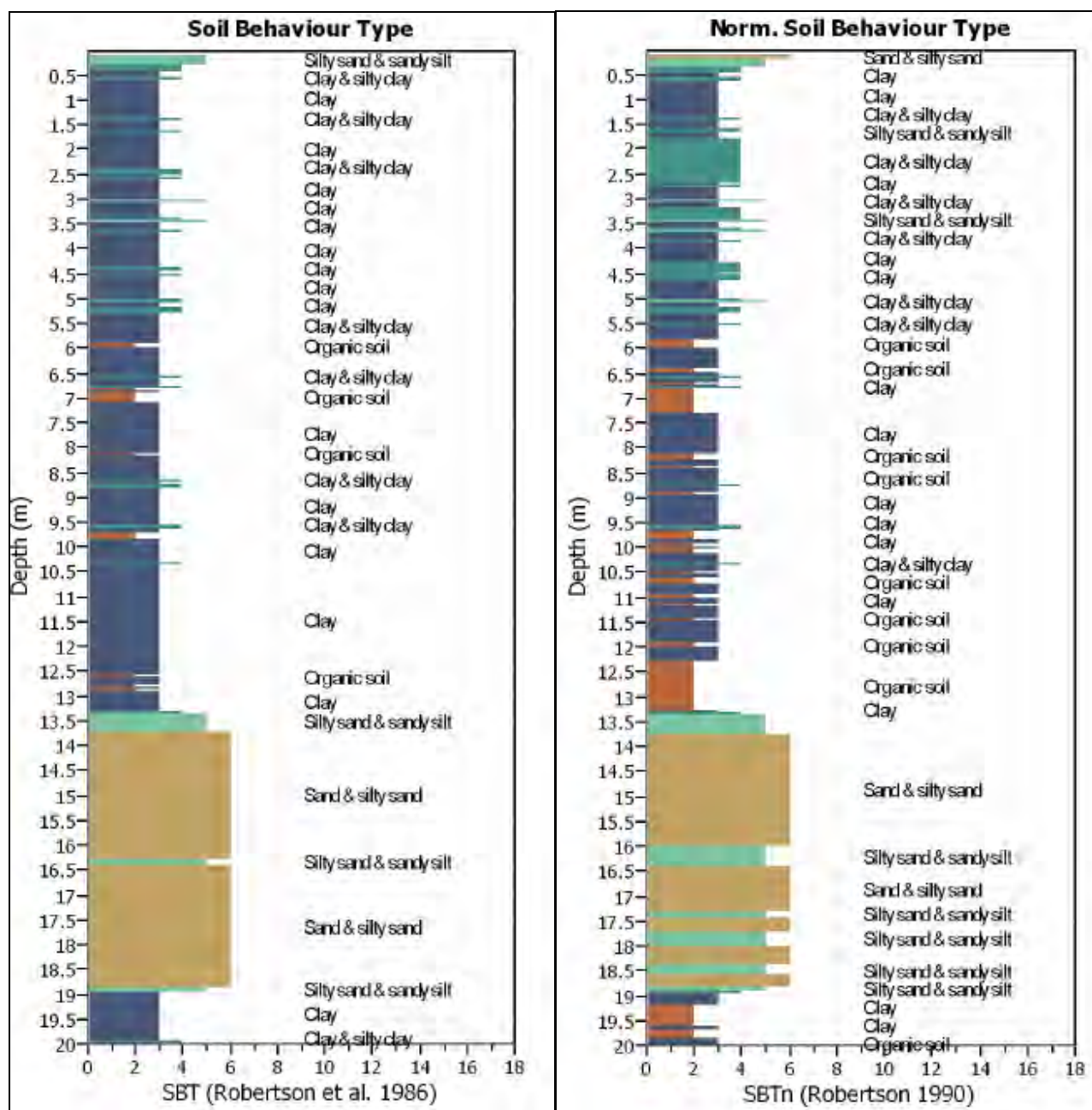


Figura 2.12.5-4

CPTU3 – Tipo di comportamento del terreno in base a Robertson 1986 e normalizzato in base a Robertson 1990

1990

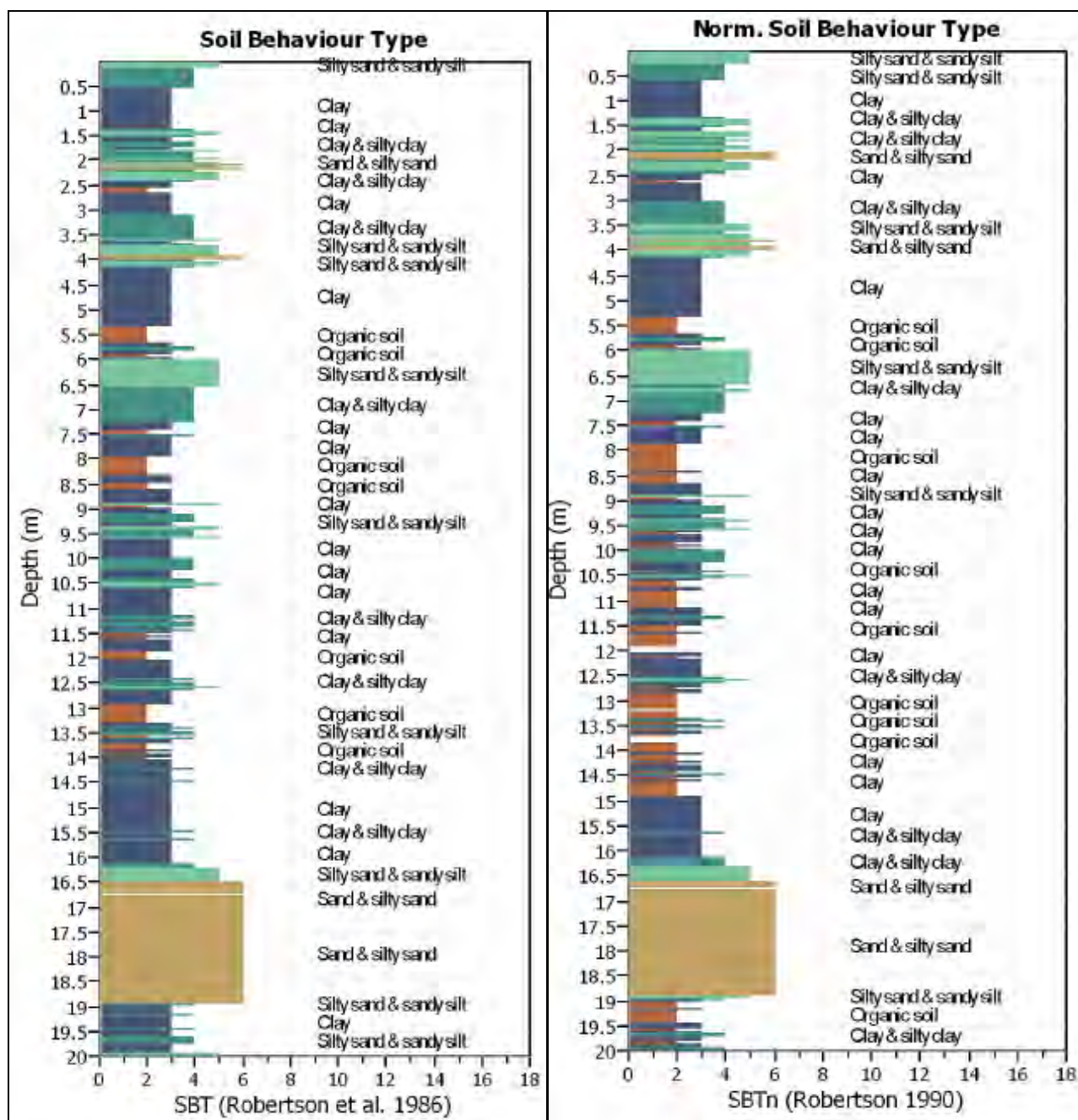


Figura 2.12.5-5

CPTU4 – Tipo di comportamento del terreno in base a Robertson 1986 e normalizzato in base a Robertson 1990

Dal confronto fra le colonne stratigrafiche ottenute con i due metodi applicati, pur notando un incremento della frazione organica in Robertson 1990, si registra una sostanziale correlazione.

A seguire si riportano i grafici esplicativi delle valutazioni relative alle verifiche alla liquefazione.

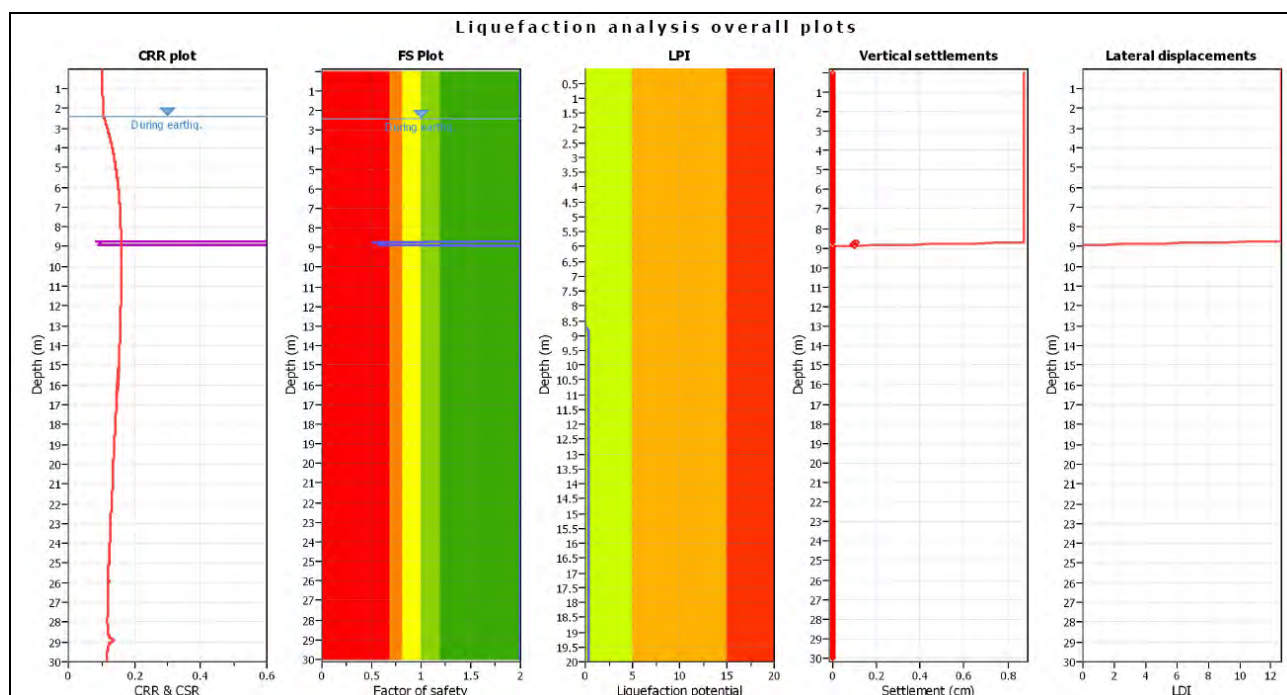


Figura 2.12.5-6
SCPTU1 - Grafici riepilogativi analisi liquefazione

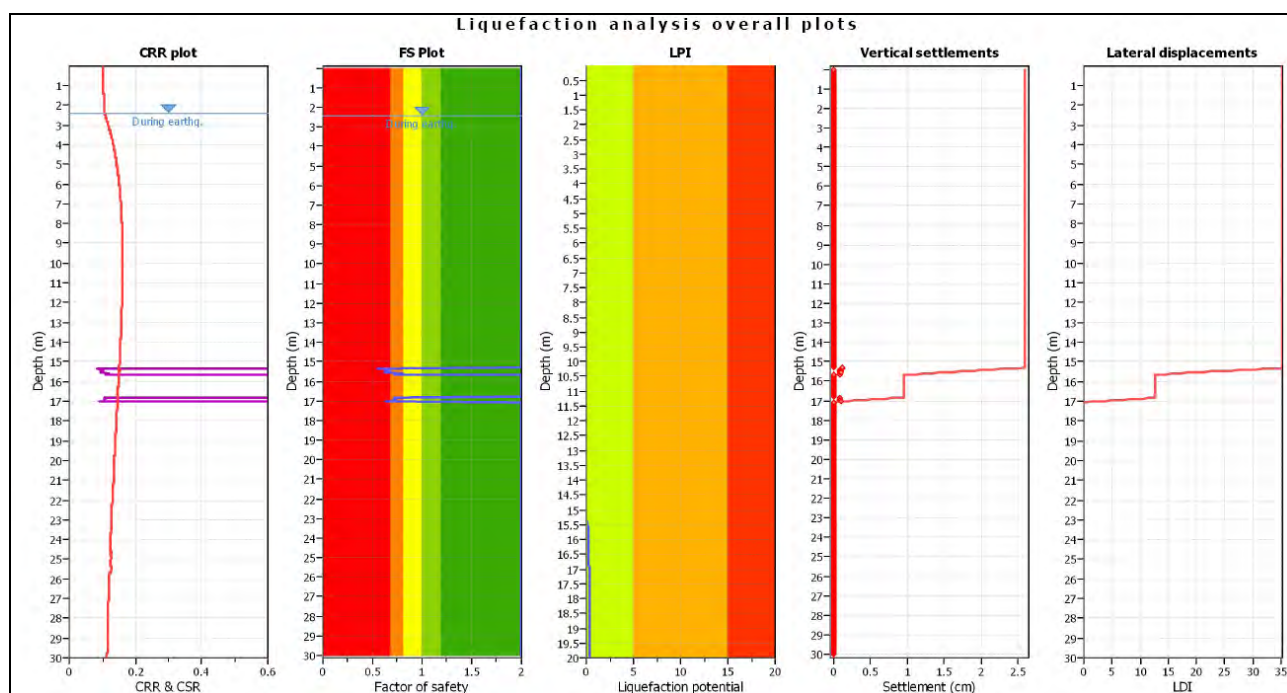


Figura 2.12.5-7
SCPTU2 - Grafici riepilogativi analisi liquefazione

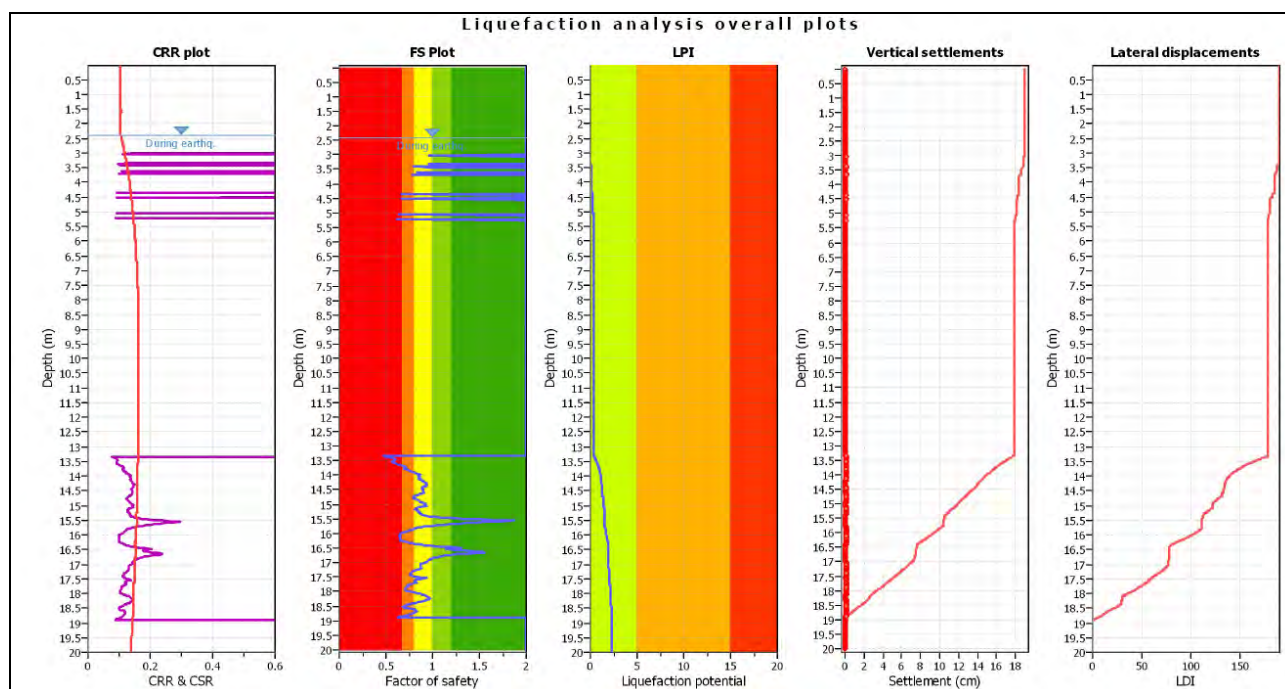


Figura 2.12.5-8
CPTU3 - Grafici riepilogativi analisi liquefazione

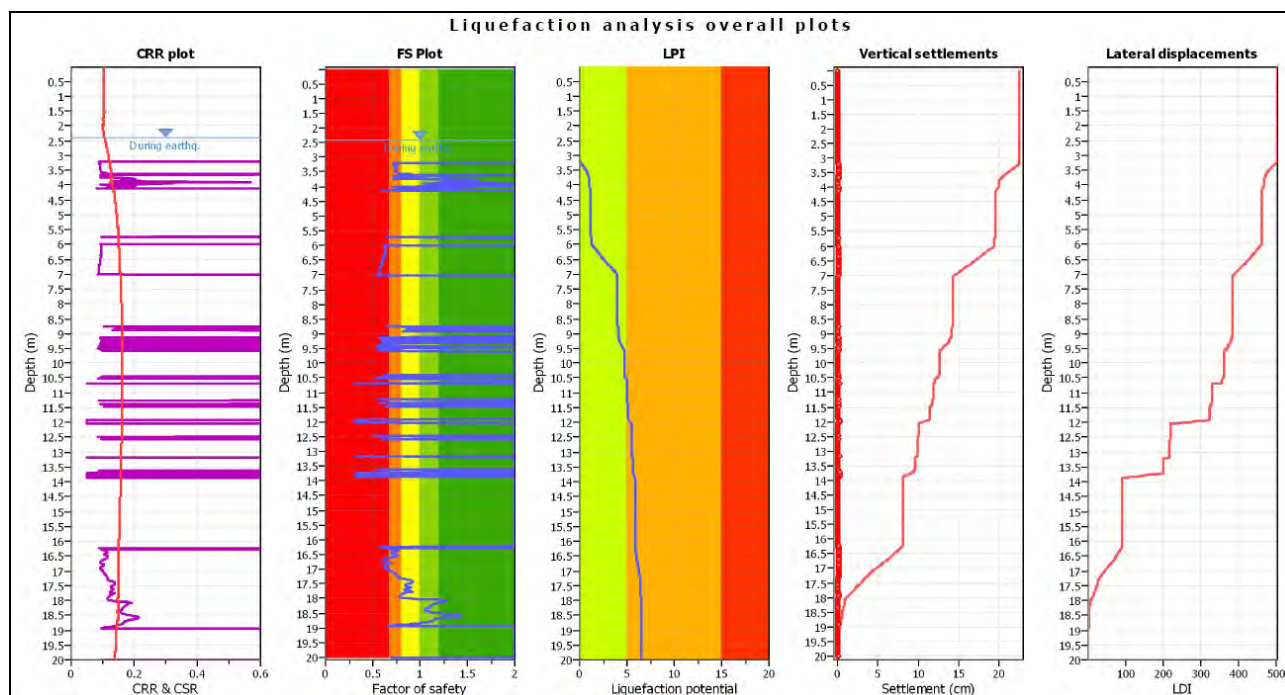


Figura 2.12.5-9
CPTU4 - Grafici riepilogativi analisi liquefazione

Per stimare il grado di severità globale dovuta alla liquefazione del deposito, utilizzando lo stesso software CLiq v. 1.7.6.49 è stato determinato l'Indice del Potenziale di Liquefazione in base a diversi approcci, considerando una magnitudo pari a 6.14, una P.G.A = 0.25g (approssimato per eccesso la P.G.A.

determinata per mezzo della $RSL = 0.247$). Il livello della falda è stato mantenuto invariato nell'ipotesi dell'avvenimento del sisma; a conoscenza dello scrivente, non sono infatti disponibili studi specifici relativi a possibili variazioni del livello della falda durante la fase sismica. Nella verifica alla liquefazione sono stati considerati solamente i terreni sabbiosi, viste le caratteristiche specifiche del sito.

Nella figura successiva sono riportati i grafici di elaborazione dai quali emerge che, in corrispondenza delle prove effettuate, l'Indice del potenziale di Liquefazione, assume i valori di seguito tabulati, variabili in base ai diversi approcci utilizzati.

TABELLA 2.12.5-5

VALORI IPL IN CORRISPONDENZA DELLE PROVE ESEGUITE

Verticale d'indagine	IPL	
	Valore minimo (indicativo)	Valore massimo Indicativo
SCPTU1	0.40	0.50
SCPTU2	0.40	0.50
CPTU3	2.30	8.60
CPTU4	4.50	10.50

In base a tutte le verifiche effettuate, risulta un rischio di liquefazione basso, in corrispondenza della prove SCPTU1 ed SCPTU2. In corrispondenza della verticale CPTU3, il rischio di liquefazione risulta basso, ad eccezione dell'approccio di Robertson (2009) che indica un rischio di liquefazione alto.

Infine, in corrispondenza della prova CPTU4, il rischio risulta alto, ad eccezione del metodo di Robertson (NCEER 2001) che individua un rischio di liquefazione basso.

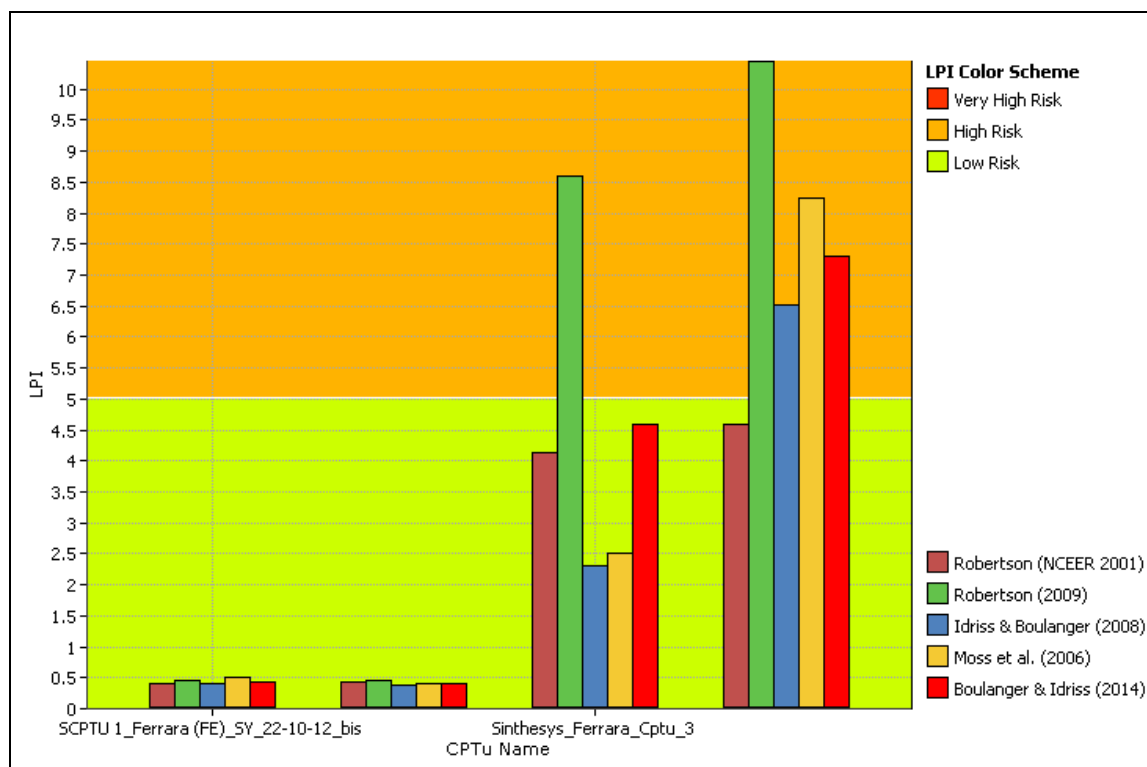


Figura 2.12.5-10

Istogrammi con valori LPI

In base al metodo di Idriss e Boulanger (2008), suggerito dalla determinazione n° 1105 del 03/02/2014 della Regione Emilia Romagna, in corrispondenza delle prove effettuate o analizzate, l'Indice del Potenziale di Liquefazione assume i seguenti valori:

IPL in corrispondenza di SCPTU1 = 0.415

IPL in corrispondenza di SCPTU2 = 0.370

IPL in corrispondenza di CPTU3 = 2.319

IPL in corrispondenza di CPTU4 = 6.516

In relazione agli indici di potenziale liquefazione sopra indicati, il sito si definisce a rischio basso in corrispondenza delle prove SCPTU1, SCPTU2 e CPTU3 e a rischio elevato in corrispondenza della prova CPTU4.

Dal grafico riportato in figura 2.12.5-16, si evince che il valore dell'Indice di Potenziale liquefazione rimane al di sotto della soglia pari a 5 (rischio basso/alto), fino a valori di PGA di 0.50g in corrispondenza delle prove SCPTU1 ed SCPTU2, fino a valori di PGA prossimi a circa 0.34g in corrispondenza della prova CPTU3 e fino a valori di PGA prossimi a circa 0.22g in corrispondenza della prova CPTU4.

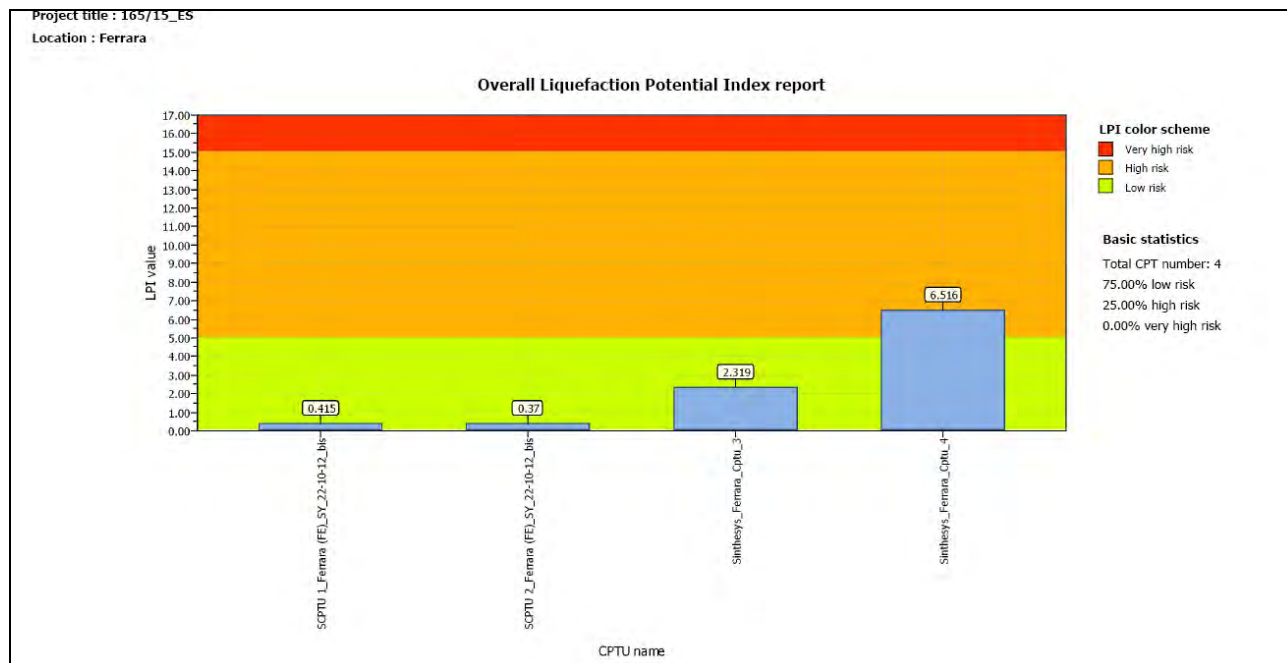


Figura 2.12.5-11

Valori LPI delle prove secondo Idriss & Boulanger (2008)

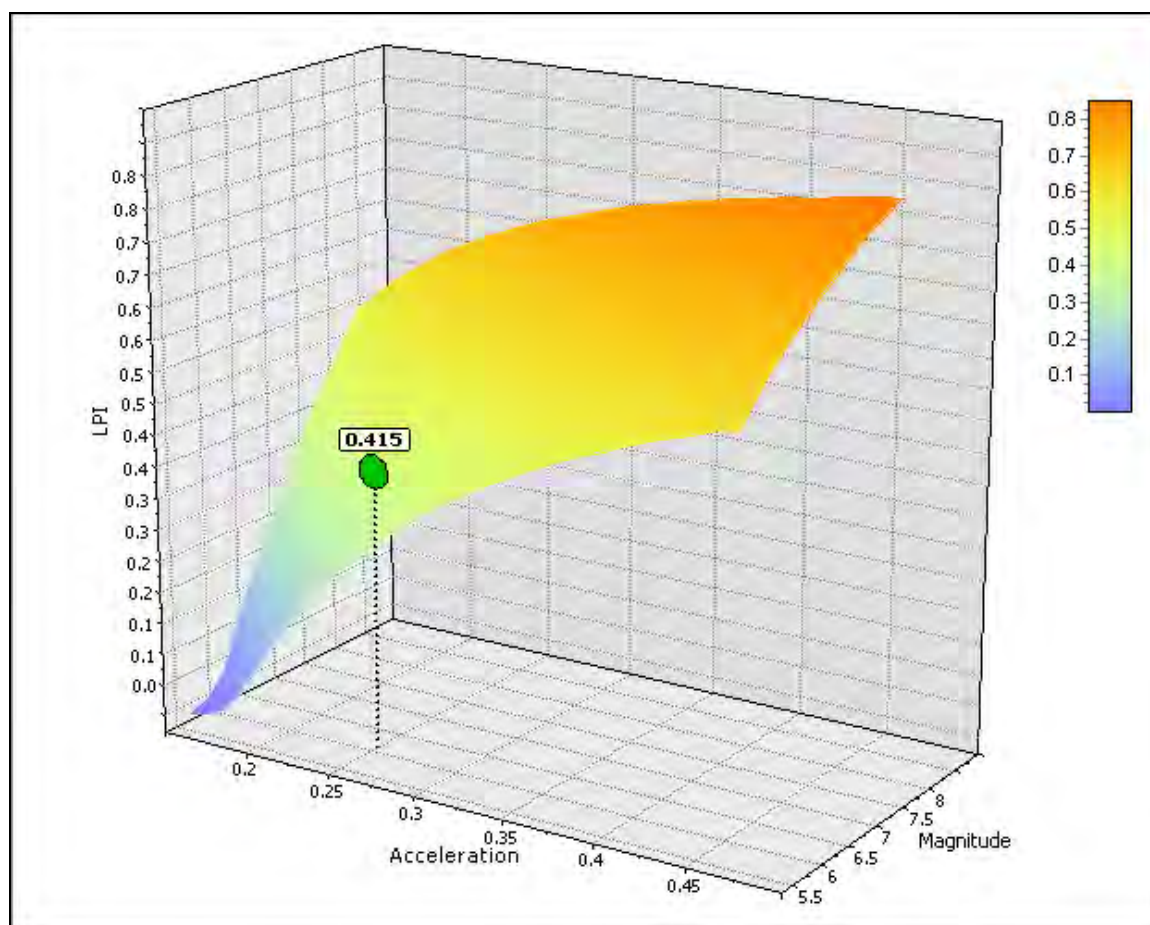


Figura 2.12.5-12

SCPTU1: Grafico LPI – Accelerazione – Magnitudo

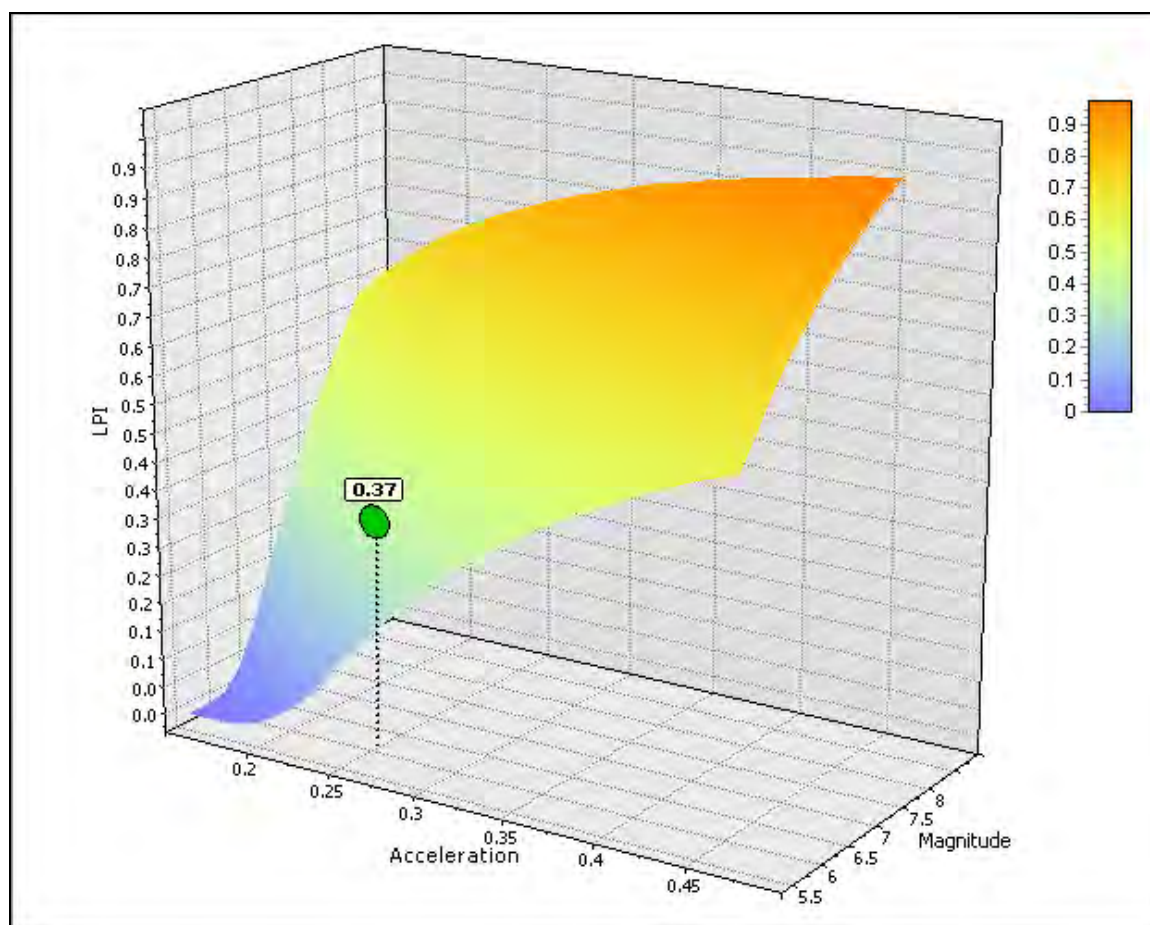


Figura 2.12.5-13

SCPTU2: Grafico LPI – Accelerazione – Magnitudo

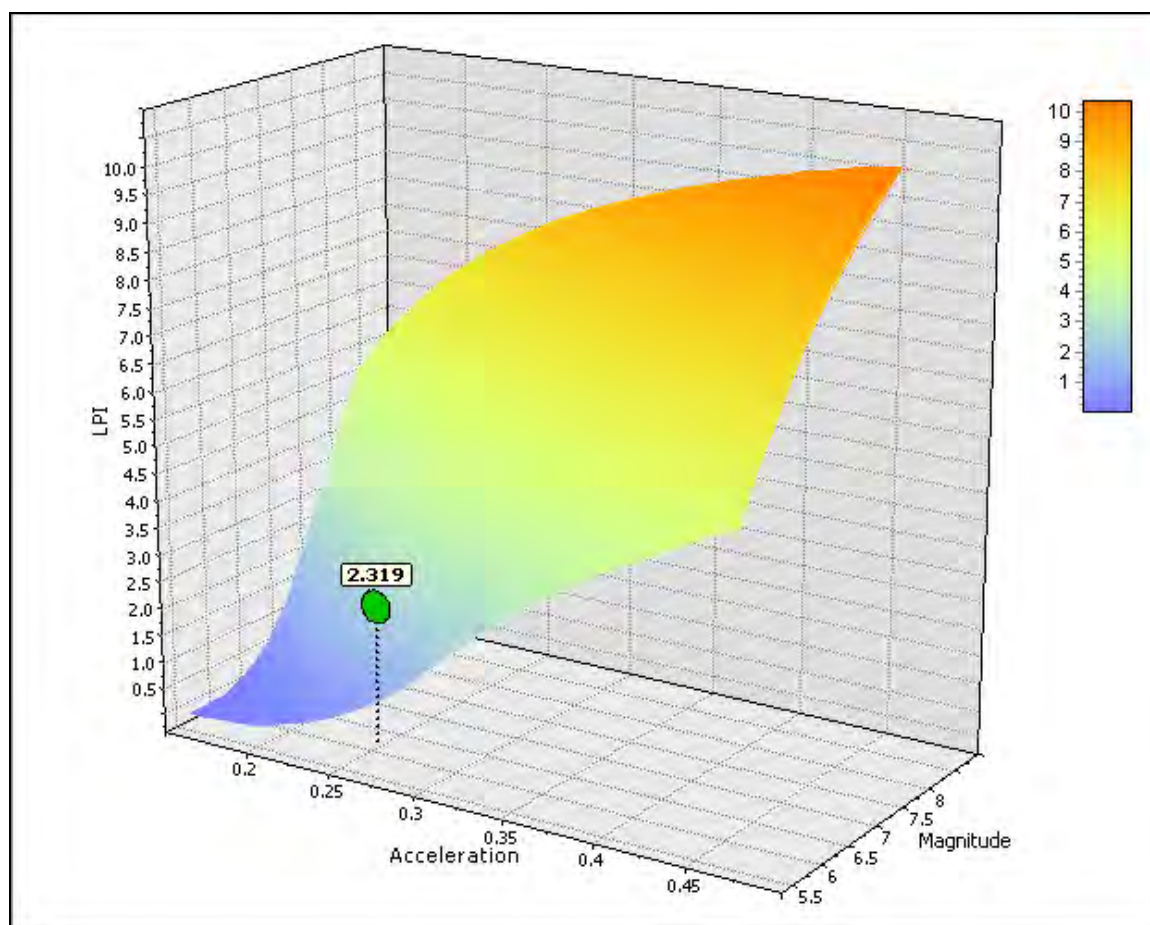


Figura 2.12.5-14

CPTU3: Grafico LPI – Accelerazione – Magnitudo

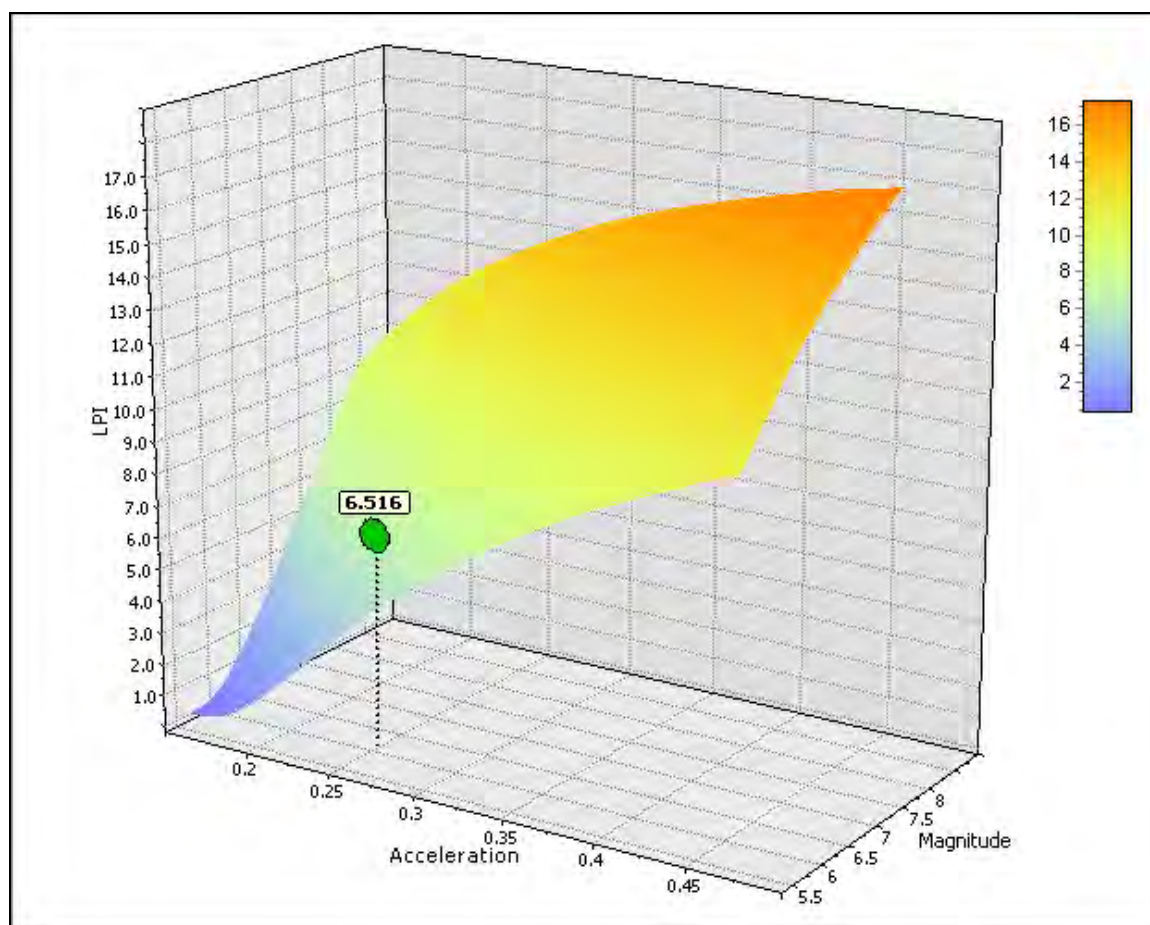


Figura 2.12.5-15

CPTU4: Grafico LPI – Accelerazione – Magnitudo

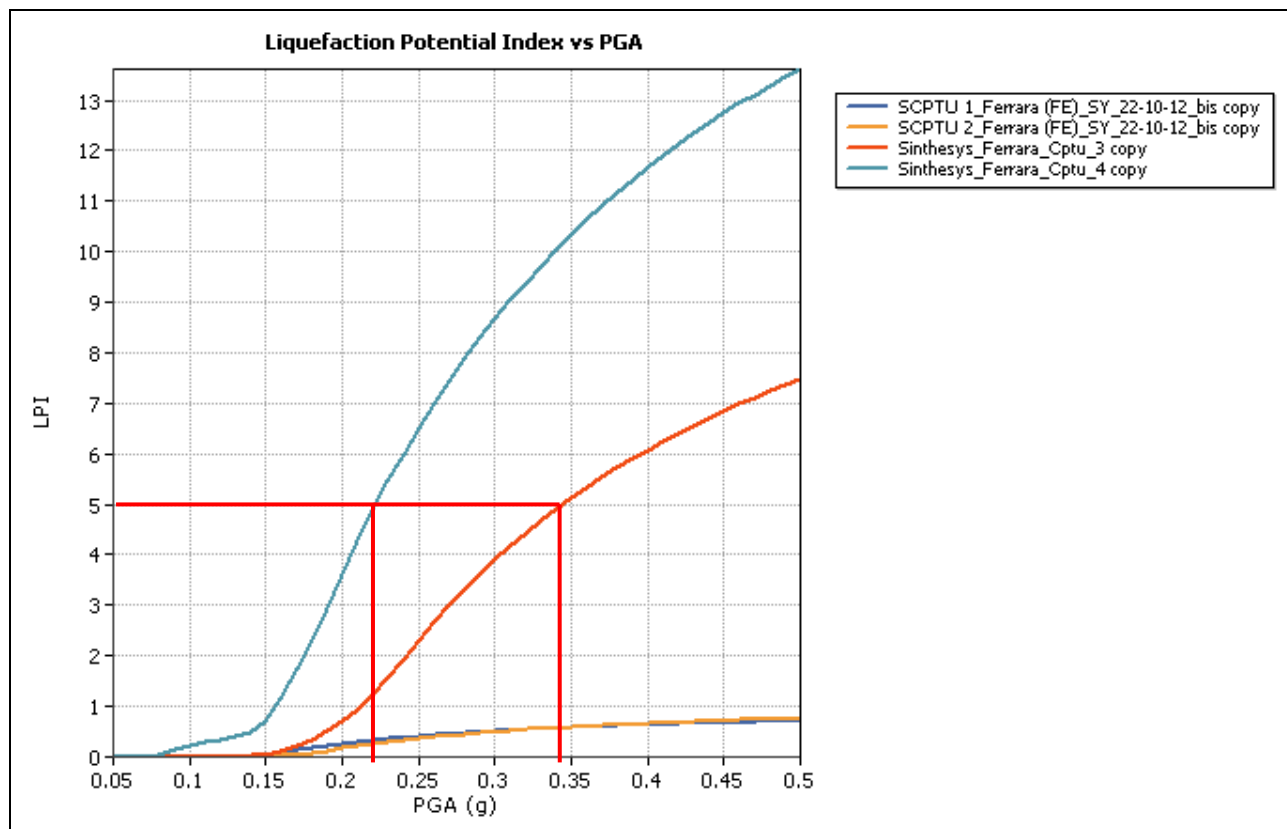


Figura 2.12.5-16

Indice di potenziale liquefazione a confronto con aumento della PGA

Da un confronto degli indici di liquefazione rilevati con gli stessi criteri anche in corrispondenza delle due prove poste ad est del futuro insediamento residenziale emerge che in corrispondenza della CPTU1 il rischio di liquefazione risulta elevato, con un IL pari a 8.421, mentre in corrispondenza della SCPTU2 il rischio di liquefazione risulta basso con valore di IL pari a 3.308.

I valori sopra indicati sono probabilmente sovrastimati, in quanto la quota del piano campagna in corrispondenza del quale sono state effettuate le prove è visibilmente più elevata e difficilmente la falda potrebbe raggiungere la profondità dal piano campagna utilizzata per le verifiche. La tendenza comunque è senz'altro confermata.

Questi valori, se confrontati con quanto evidenziato dalla carta di microzonazione sismica di III° livello del Comune di Ferrara, potrebbero confermare la presenza di un corpo di paleoalveo sepolto nei pressi del Palazzo degli Specchi, così come riportato nella scheda POC n° 4ANS-01. Tale corpo potrebbe essere non esattamente delimitato in carta.

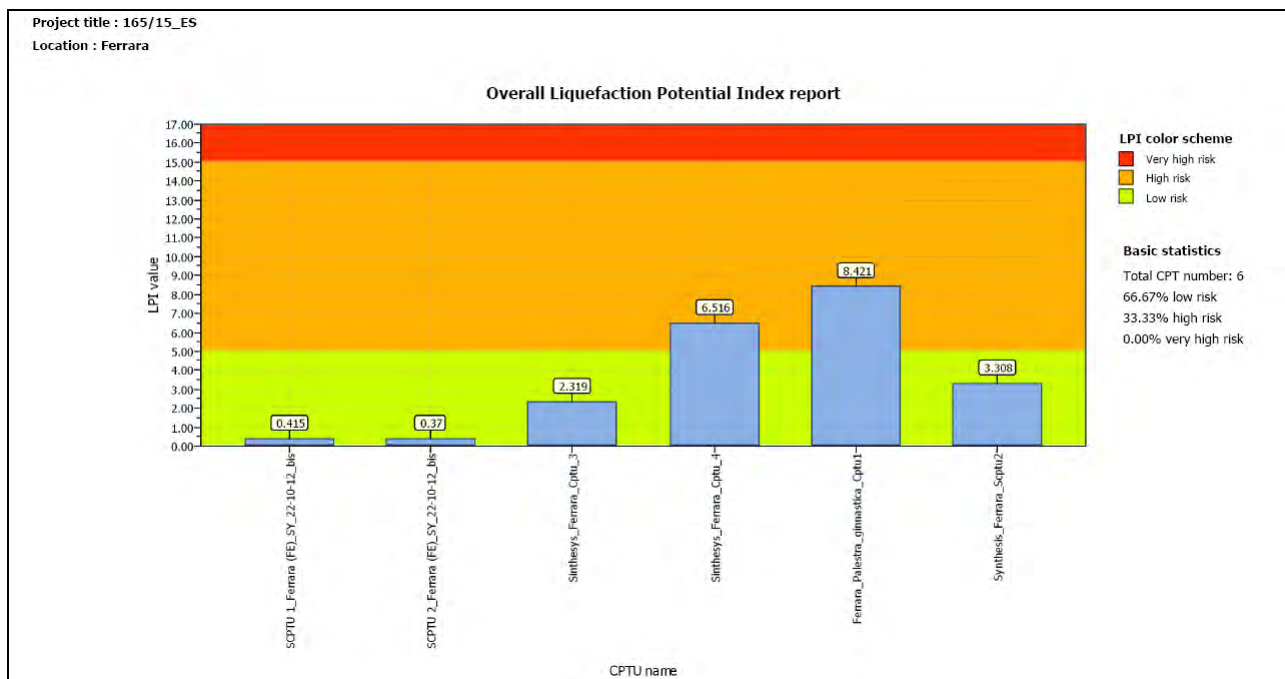


Figura 2.12.5-17
Valori LPI delle prove secondo Idriss & Boulanger (2008)



Figura 2.12.5-18
Indici di potenziale liquefazione posti in corrispondenza delle indagini analizzate

Per mezzo del programma di calcolo è stata anche determinata la probabilità di liquefazione in base a diversi approcci. Nella figura seguente sono riportati gli istogrammi dai quali emerge che, la probabilità di innesco del fenomeno, a seconda dell'approccio utilizzato, assume i seguenti valori:

- SCPTU1, prossima a circa il 5%;
- SCPTU2, prossima a circa il 5%;
- CPTU3, variabile da circa il 7% a circa il 23%;
- CPTU4, variabile da circa l'11% a circa il 30%.

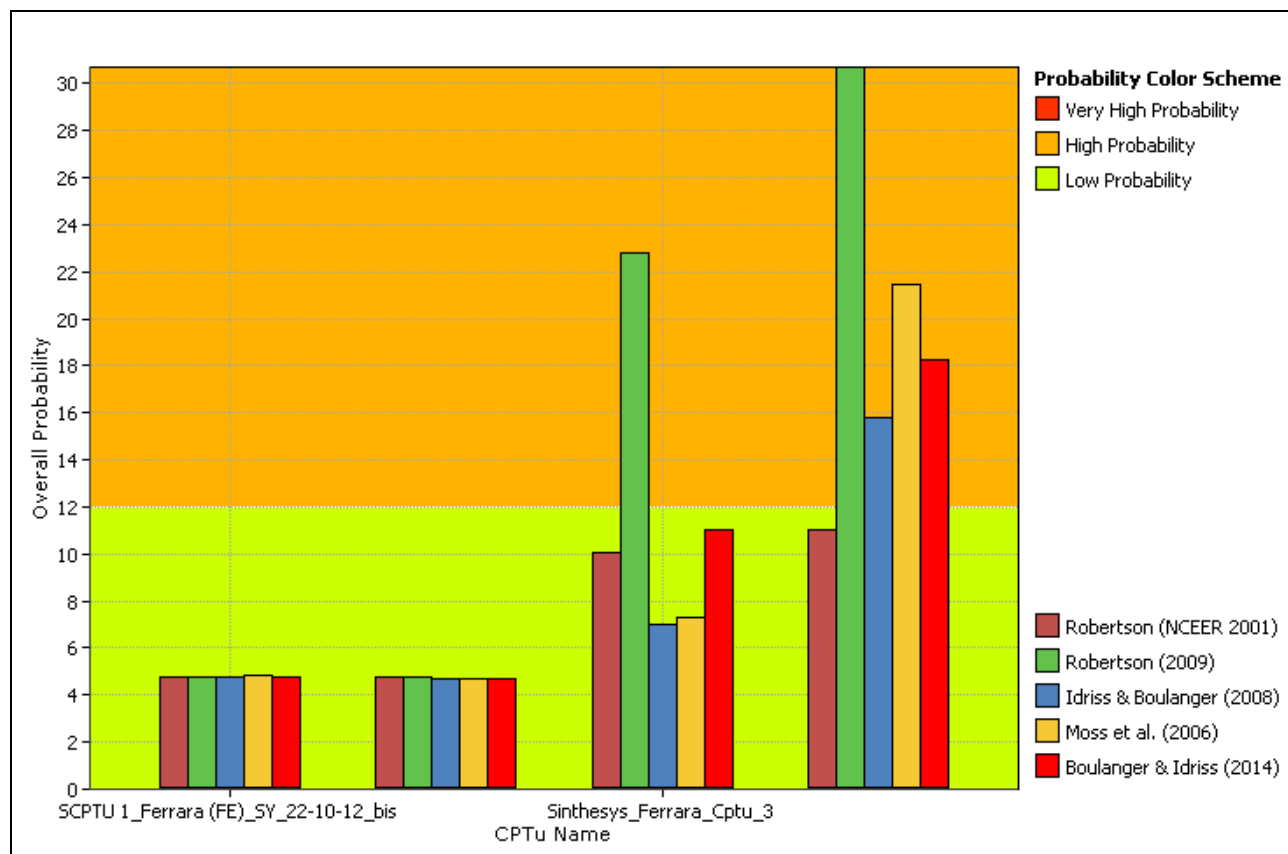


Figura 2.12.5-19

Grafico probabilità di innesco fenomeno della liquefazione



Per quanto riguarda i cedimenti verticali post-sismici dovuti alla liquefazione, le valutazioni effettuate hanno permesso di determinare la variabilità dei relativi valori teorici, a seconda dell'approccio di calcolo utilizzato. Tali cedimenti teorici variano come di seguito elencato:

- SCPTU1: da circa cm 0.50 a circa cm 1.80
- SCPTU2: da circa cm 2.00 a circa cm 3.00
- CPTU3: da circa cm 18.00 a circa cm 21.50
- CPTU4: da circa cm 14.00 a circa cm 23.00

Nello specifico, secondo Idriss & Boulanger (2008), i cedimenti post sismici in corrispondenza delle verticali, assumono i seguenti valori teorici:

- SCPTU1 = cm 0.875
- SCPTU2 = cm 2.593
- CPTU3 = cm 18.982
- CPTU4 = cm 22.541

Da evidenziare come i valori sopra riportati corrispondano di fatto ad una stima di massima, molto teorica e riferita all'areale interessato dal medesimo corpo liquefacibile.

Tali valutazioni devono essere quindi considerate come esclusivamente indicativi di una problematica, e quindi valutazioni meno approssimate dovranno essere effettuate per ogni singolo intervento, utilizzando prove opportunamente ubicate e tenendo anche conto degli spessori degli strati di copertura delle sabbie liquefacibili.

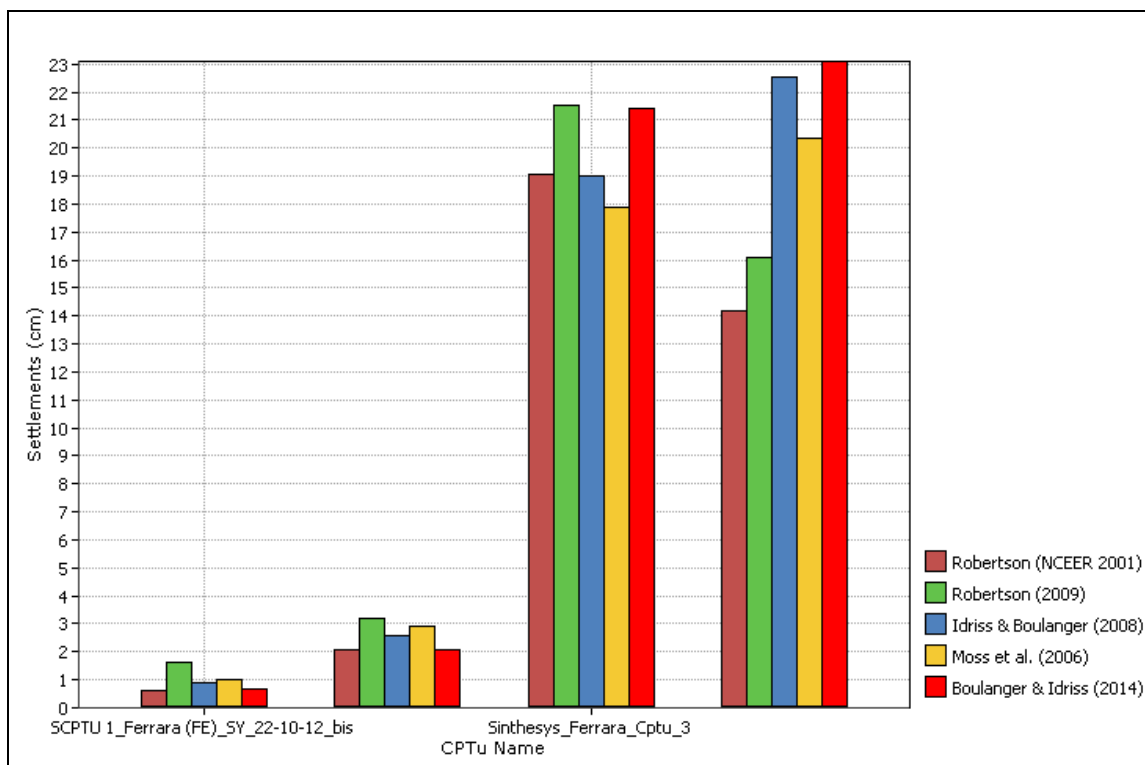


Figura 2.12.5-20

Istogrammi con valori cedimenti

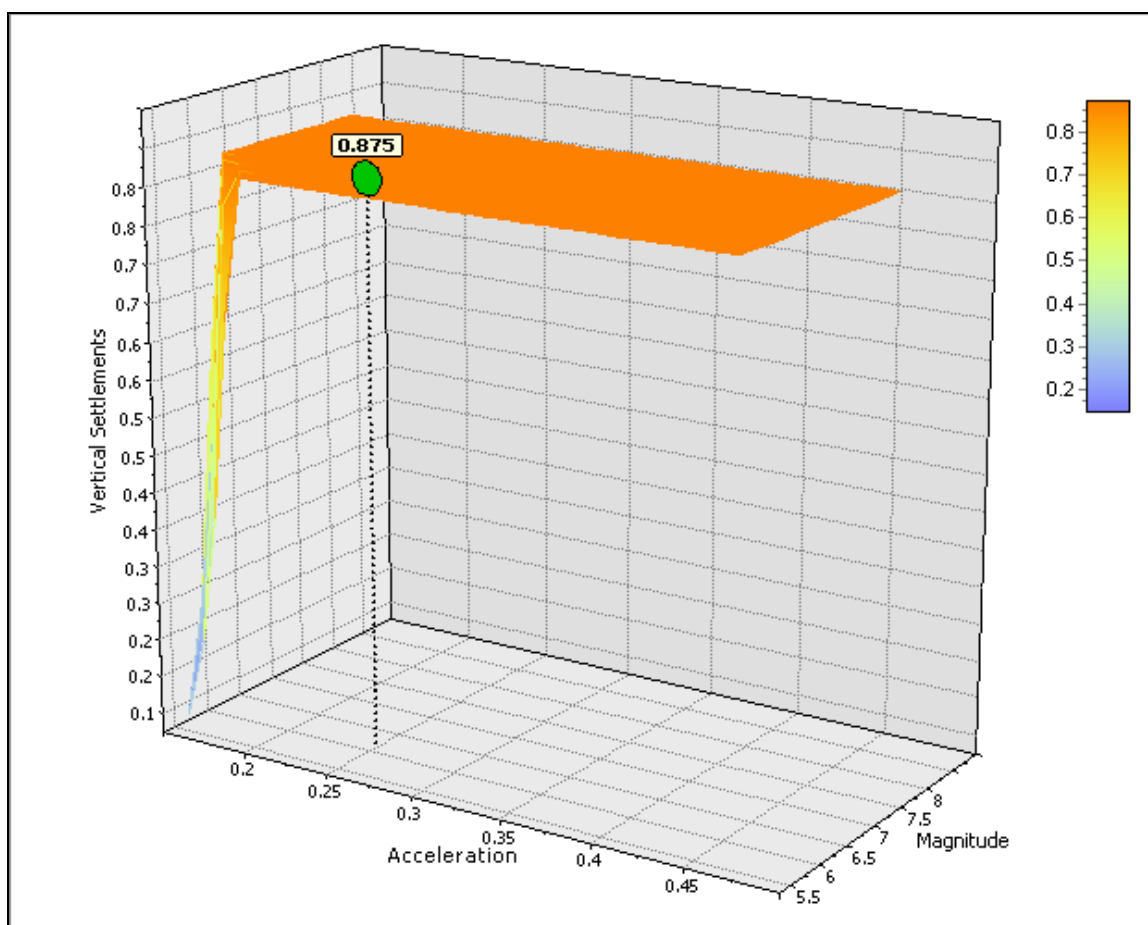


Figura 2.12.5-21

SCPTU1: Grafico cedimenti verticali – Accelerazione

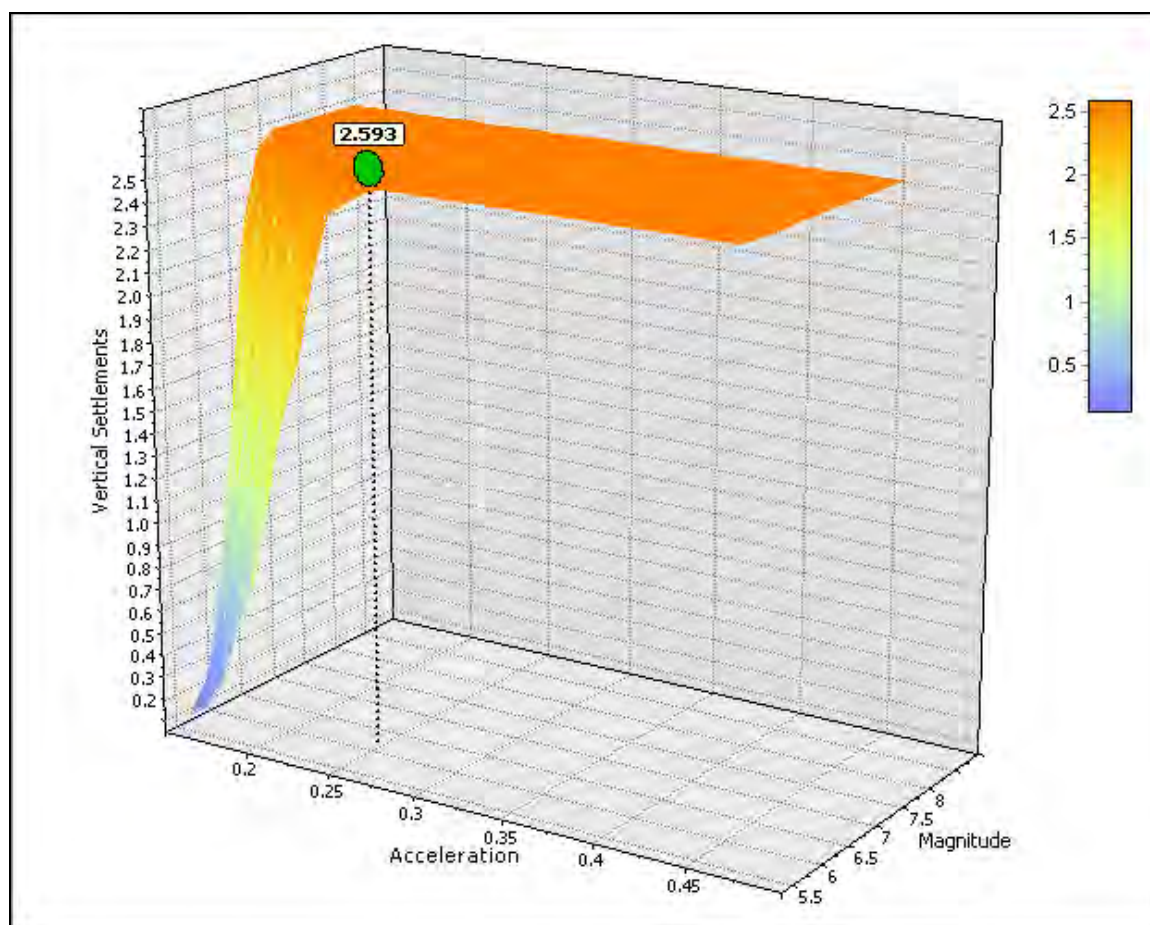


Figura 2.12.5-22

SCPTU2: Grafico cedimenti verticali – Accelerazione

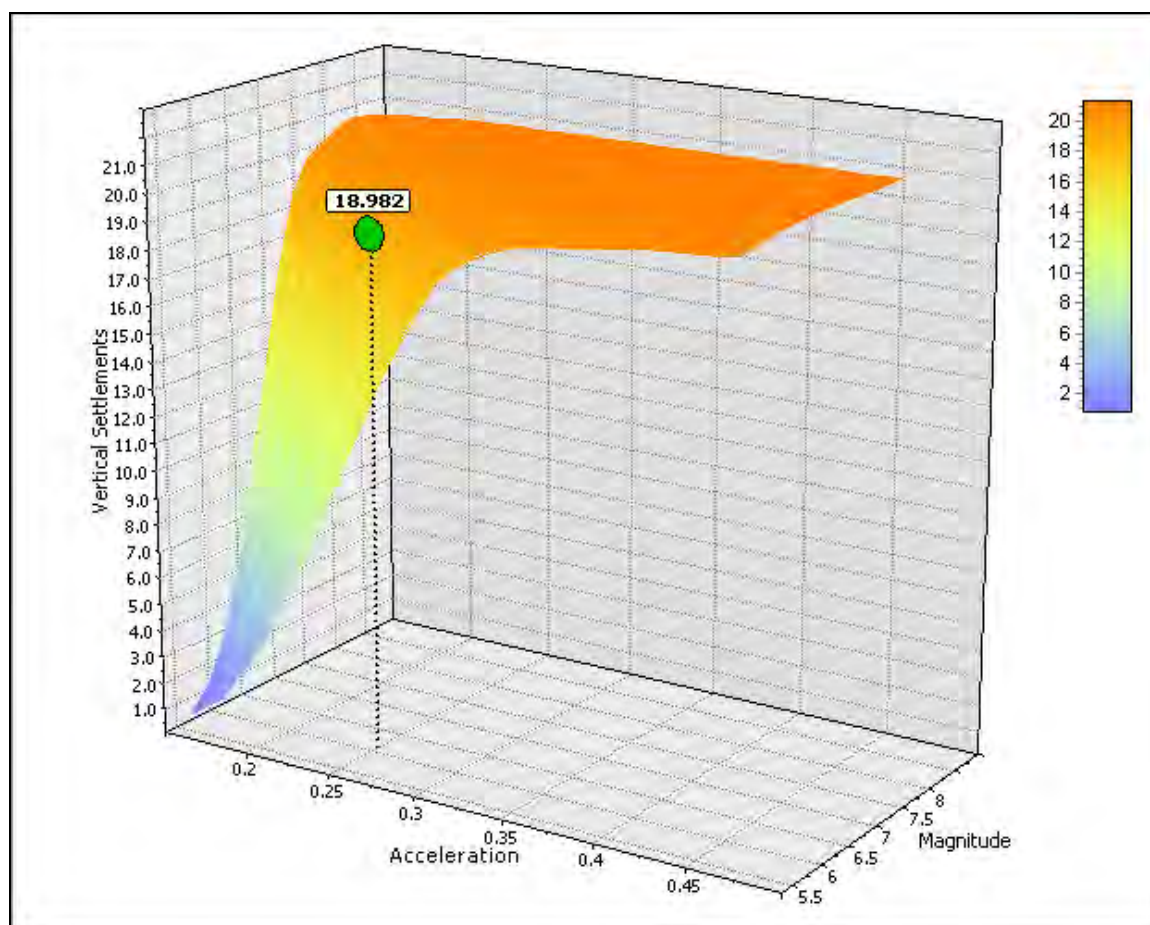


Figura 2.12.5-23

CPTU3: Grafico cedimenti verticali – Accelerazione

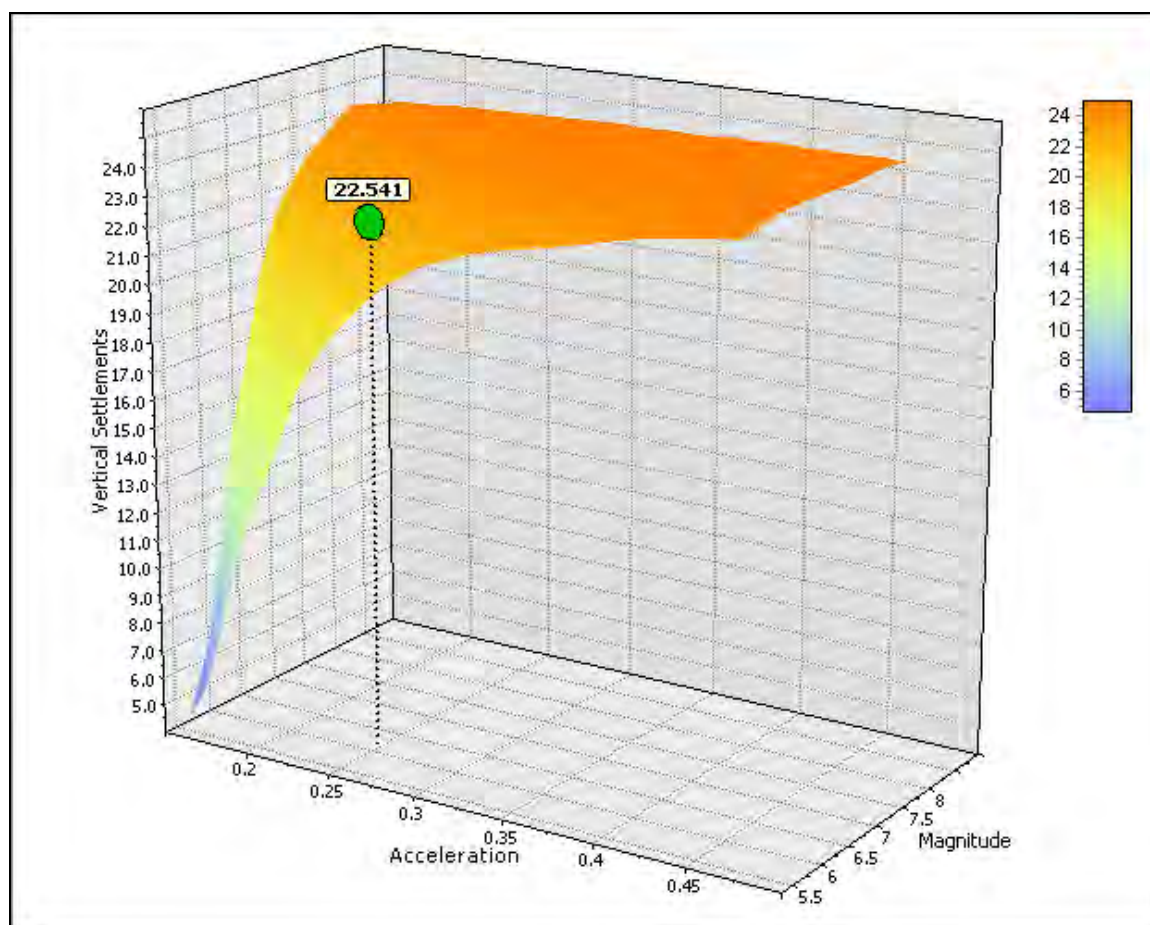


Figura 2.12.5-24

CPTU4: Grafico cedimenti verticali – Accelerazione

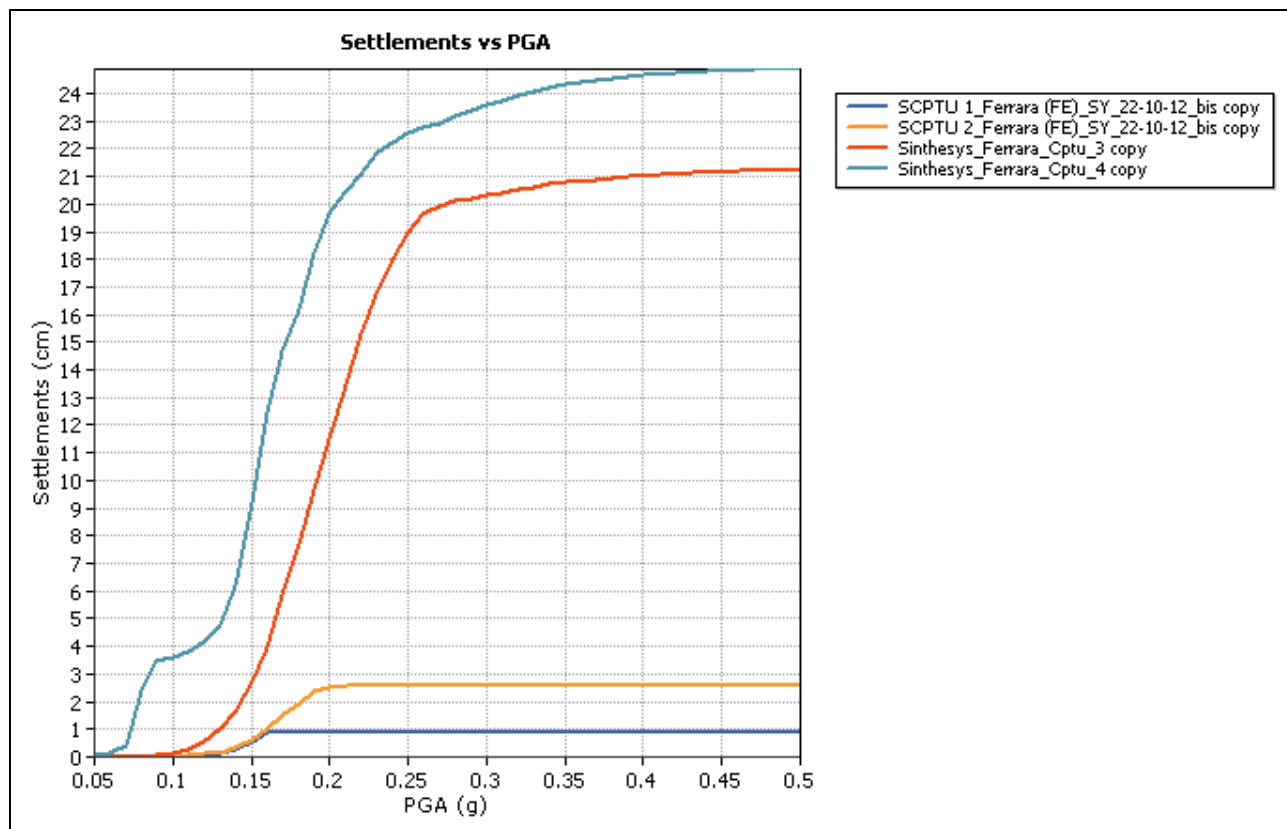


Figura 2.12.5-25

Cedimenti a confronto con aumento della PGA

2.12.6. STIMA DEI CEDIMENTI DEI TERRENI GRANULARI NON SATURI

Non si dispone delle informazioni necessarie per stimare i cedimenti nei terreni granulari non saturi in condizioni sismiche. Ad ogni modo si evidenzia come la loro presenza sia limitata sia arealmente, sia verticalmente, così come desumibile per mezzo delle valutazioni effettuate tramite le prove e le analisi di laboratorio. Eventuali valutazioni potranno eventualmente essere effettuate sulla base degli approcci indicati nel DAL 112/2007 della Regione Emilia Romagna, tramite le risultanze di prove in sito e di prove di laboratorio.

Di fatto terreni granulari superficiali interessano solo parte dell'area di ampliamento del distributore del carburante e per spessori probabilmente inferiori a mt 2.00, portando ad ipotizzare probabili bassi o molto bassi valori dei cedimenti post-sismici.

2.12.7. STIMA DEI CEDIMENTI POST SISMICI DEI TERRENI COESIVI

Come citato nel DAL 112/2007 della Regione Emilia Romagna, nei depositi coesivi molto soffici ($c_u \leq 70$ kPa) e plastici ($I_p \geq 30\%$), in cui si prevede un incremento delle pressioni interstiziali $\Delta u/\sigma'_0 \geq 0.3$ durante il terremoto, deve essere valutata l'entità del cedimento di riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto.

A tal fine, in ragione della sequenza stratigrafica determinata per mezzo delle prove, sono stati prelevati due campioni a profondità comprese fra mt 2.00 e mt 2.60 e, su tali campioni, sono stati determinati i limiti di consistenza. Nella tabella seguente vengono riepilogati i relativi valori.

TABELLA 2.12.7-1

CAMPIONI C3 – C4 - LIMITI DI ATTERBERG

Campione	Limite liquido (%) - w_L	Limite plastico (%) - w_p	Indice plastico $w_L - w_p$
C3	63	41	22
C4	59	37	22

In base ai risultati delle prove di laboratorio e delle prove in sito, ipotizzando che queste siano in linea di massima rappresentative per il principale comparto edificabile, gli strati prevalentemente argillosi individuati da piano campagna a mt 8.64/7.46/13.28, come si vedrà nel capitolo successivo, sono caratterizzati da valori di c_u pari a 44 – 47 - 29 kPa e un Indice Plastico della porzione più superficiale di 22.

In relazione a tali valori, ipotizzando che l'Indice Plastico sia rappresentativo delle intere colonne, non essendo rispettate entrambe le condizioni del DAL 112/2007, non viene valutata l'entità del cedimento di riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto.

Documentazione Allegata:

- Allegato 6. Certificati di laboratorio geotecnico

2.13. Note e prescrizioni

Nel sito, oggetto del presente studio, si rilevano complessivamente depositi di piana inondabile. Tale sito, fino alle massime profondità d'indagine raggiunte (mt 20.00/30.00 dal piano campagna), è caratterizzato da depositi alluvionali costituiti prevalentemente da argille limose e/o limi argillosi interrotti localmente da orizzonti sabbiosi e/o sabbioso limosi.

In corrispondenza dei fori residuali delle indagini eseguite in data 21 settembre 2015, è stata misurata la quota della superficie di saturazione a mt. 2.40/4.00 dal piano campagna.

In seguito all'Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3274/03 il Comune di Ferrara è stato inserito, in base alla classificazione sismica, nella zona 3.

Nell'area di studio, alle condizioni attuali, non è previsto l'innescò del fenomeno della dilatanza. Per quanto riguarda la liquefazione, in base agli indici di potenziale liquefazione rilevati, il sito del futuro insediamento residenziale è definibile a rischio basso, mentre il sito del distributore di carburante è definibile a rischio alto. Indipendentemente dalla quantificazione del rischio, vista la distribuzione e la profondità dei livelli liquefacibili, e gli altri parametri rilevati, nel corso della progettazione delle singole strutture sarà necessario effettuare studi mirati, al fine di stimare gli effetti della liquefazione sulle opere e quindi valutare la necessità o meno di prevedere interventi atti a contrastare tale fenomeno.

È stata condotta, un'analisi di Risposta Sismica Locale ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto e della PGA locale.

Dai dati bibliografici disponibili risulta come l'area di studio non sia stata soggetta ad allagamenti nel tempo.

In allegato 12 è riportata una Scheda Tecnica riassuntiva dei principali parametri geologici e geotecnici relativi al sito in esame, utilizzabili per le successive valutazioni.

	Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisrl.com – info@synthesisrl.com	PIANO URBANISTICO ATTUATIVO AREA VIA FERRARESI – VIA VENEZIANI – VIA RESPIGHI – VIA TASSONI SCHEDA DI POC 4ANS-01 Modello Geologico e Modello Geotecnico	RIF. 165/15-ES-REV00 DEL 22/09/2015 PI194/15-ES-REV00 DEL 08/09/2015
--	---	--	---

- Parte Terza -

MODELLO GEOTECNICO

3. MODELLO GEOTECNICO

3.1. Problemi geotecnici e scelte tipologiche

Come da accordi con il Progettista, nella presente viene fornita l'interpretazione geotecnica in base alle prove effettuate e, separatamente, potranno essere trasmessi i file delle singole prove. Valutazioni in merito alla tipologia di fondazione, ai carichi trasmessi, etc... in relazione alle caratteristiche geotecniche dei terreni, dovranno essere effettuate in relazione ai singoli interventi, utilizzando indagini all'uopo progettate ed eseguite.

3.2. Descrizione del programma delle indagini e delle prove geotecniche

Per quanto riguarda la campagna di indagini, si deve fare riferimento ai paragrafi 2.7 e 2.8 della presente.

3.3. Caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni

3.3.1. CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITÀ LITOTECNICHE INDIVIDUATE

Utilizzando i valori di resistenza misurati per mezzo delle prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono analizzate, sono stati determinati i parametri geotecnici dei terreni indagati.

Di seguito sono elencate le modalità di valutazione dei principali parametri, determinati tramite l'applicazione di un software Geostru. Si ricorda che, viste le modalità di valutazione, i valori ricavati hanno esclusivamente validità orientativa.

Parametri geotecnici (validità orientativa) – correlazioni, bibliografia:

- TERRENI INCOERENTI

Angolo di resistenza al taglio (ϕ): Angolo di resistenza al taglio (Schmertmann 1977-1982) – per varie litologie (correlazione che generalmente sovrastima il valore)

Densità relativa (D_r %): Densità Relativa (Jamiolkowski 1985)

Modulo Edometrico (E_d): Modulo Edometrico (Robertson & Campanella) da Schmertmann

Peso unità di Volume Gamma:

- Peso unità di Volume Gamma (t/m^3) (Meyerhof)
- Peso unità di Volume Gamma saturo (t/m^3) (Meyerhof)

OCR - Grado di Sovraconsolidazione: Grado di Sovraconsolidazione OCR (Larsson 1991 S.G.I.)

- TERRENI COESIVI

Coesione Non Drenata (C_u): Coesione non drenata (Terzaghi - valore minimo)

Modulo Edometrico (E_{ed}) - Metodo generale del modulo edometrico.

Modulo di deformazione non drenato - Modulo di deformazione non drenato Eu (Cancelli ed altri 1980)

Peso unità di Volume Gamma

- Peso unità di Volume terreni coesivi (t/m^3) (Meyerhof)
- Peso unità di Volume saturo terreni coesivi (t/m^3) (Meyerhof)

OCR - Grado di Sovraconsolidazione OCR (Piacentini-Righi Inacos 1978)

Ai fine della modellazione geotecnica, sono state analizzate due prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono sismico e due prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono effettuate in corrispondenza del sito per la formazione del POC; per mezzo di tali indagini è stato possibile individuare gli strati di seguito schematizzati. I dati nominali vengono fatti corrispondere in questo caso ai valori medi, riportati nelle tabelle seguenti.

TABELLA 3.3.1-1

SCPTU1 – PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA UNITÀ LITOTECNICHE

N. strato	Profondità		Descrizione	Parametrizzazione geotecnica
	tetto (mt)	letto (mt)		
1	0.00	0.86	Argille interrotte da argille limose – argille e da limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi molto consistenti</i>	$q_c = 24.27 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 1.03 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 2.00 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.08 \text{ t/m}^3$ $C_u = 1.21 \text{ kg/cm}^2$ $OCR > 9$ $E_u = 906.88 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 48.54 \text{ kg/cm}^2$
2	0.86	8.64	Argille sporadicamente interrotte da livelli di argille limose – argille e secondariamente di terreni organici e torbosi. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$q_c = 8.89 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.55 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.82 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1.90 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.44 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 5.48$ $E_u = 306.53 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 40.94 \text{ kg/cm}^2$
3	8.64	13.46	Argille localmente interrotte da argille limose – argille. Al tetto presenza di limi sabbiosi e limi argillosi, di sabbie limose - limi argillosi e secondariamente di limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$q_c = 8.37 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.36 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.80 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1.88 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.42 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 1.85$ $E_u = 263.59 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 39.52 \text{ kg/cm}^2$
4	13.46	20.36	Alternanza di argille limose – argille con limi argillosi e argille limose e con argille. Secondaria presenza di limi sabbiosi e limi argillosi.	$q_c = 16.77 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.60 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.92 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.00 \text{ t/m}^3$



			<i>Terreni coesivi consistenti</i>	$C_u = 0.84 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 2.16$ $E_u = 557.31 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 47.42 \text{ kg/cm}^2$
5	20.36	21.38	Sabbie - sabbie limose sovrastate da limi sabbiosi e limi argillosi alternati a sabbie limose - limi argillosi. Puntuali livelli di sabbie e di limi argillosi e argille limose. <i>Terreni granulari molto sciolti</i>	$q_c = 58.36 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.36 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $Dr = 11.09\%$ $\phi = 32.01^\circ$ $OCR < 0.5$ $E_d = 51.28 \text{ kg/cm}^2$
6	21.38	25.72	Argille localmente interrotte da argille limose – argille e da limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 17.20 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.97 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.92 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.00 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.86 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 2.59$ $E_u = 548.72 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 46.96 \text{ kg/cm}^2$
7	25.72	28.10	Limi sabbiosi e limi argillosi alternati con limi argillosi e argille limose e con sabbie limose - limi argillosi. Secondaria presenza di sabbie - sabbie limose, argille e argille limose – argille.	$q_c = 35.05 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.82 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma_{coe} = 2.05 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{inc} = 1.80 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat-coe} = 2.13 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat-inc} = 2.10 \text{ t/m}^3$ $C_u = 1.75 \text{ kg/cm}^2$ $Dr = 5\%$ $\phi = 28.70^\circ$ $OCR_{coe} = 1.91$ $OCR_{inc} < 0.5$ $E_u = 1205.43 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 70.10 \text{ kg/cm}^2$ $E_d = 38.99 \text{ kg/cm}^2$
8	28.10	30.00	Sabbie - sabbie limose interrotte da sabbie e secondariamente da sabbie ghiaiose e da sabbie limose - limi argillosi. <i>Terreni granulari sciolti</i>	$q_c = 124.06 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.57 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $Dr = 23\%$ $\phi = 34.69^\circ$ $OCR < 0.5$ $E_d = 78.32 \text{ kg/cm}^2$



TABELLA 3.3.1-2

SCPTU2 – PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA UNITÀ LITOTECNICHE

N. strato	Profondità		Descrizione	Parametrizzazione geotecnica
	tetto (mt)	letto (mt)		
1	0.00	0.68	Argille alternate con argille limose – argille; secondaria presenza di limi argillosi e argille limose e di limi sabbiosi e limi argillosi. <i>Terreni coesivi molto consistenti</i>	$q_c = 26.03 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 1.11 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 2.02 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.10 \text{ t/m}^3$ $C_u = 1.30 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} > 9$ $E_u = 973.56 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 52.06 \text{ kg/cm}^2$
2	0.68	7.46	Argille con puntuale livello di terreni organici e torbosi. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$q_c = 9.41 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.63 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.83 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.91 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.47 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 6.95$ $E_u = 328.59 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 42.23 \text{ kg/cm}^2$
3	7.46	9.30	Argille interrotte da argille limose – argille e da argille limose – argille. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$q_c = 8.51 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.24 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.81 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.89 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.43 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 1.53$ $E_u = 278.95 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 39.92 \text{ kg/cm}^2$
4	9.30	15.26	Argille con puntuali e sporadici livelli di argille limose – argille e di limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$q_c = 8.74 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.46 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.80 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.88 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.44 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 2.19$ $E_u = 273.23 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 40.54 \text{ kg/cm}^2$
5	15.26	17.08	Limi argillosi e argille limose interrotte da argille limose – argille e secondariamente da argille. Presenza di spessori di limi sabbiosi e limi argillosi alternati con sabbie limose - limi argillosi; secondaria presenza di sabbie - sabbie limose.	$q_c = 28.16 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.63 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma_{\text{coe}} = 2.02 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{inc}} = 1.80 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat-coe}} = 2.10 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat-inc}} = 2.10 \text{ t/m}^3$ $C_u = 1.41 \text{ kg/cm}^2$ $\text{Dr} = 5\%$ $\phi = 29.10^\circ$ $\text{OCR}_{\text{coe}} = 2.36$ $\text{OCR}_{\text{inc}} < 0.5$

				$E_u = 986.82 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 56.32 \text{ kg/cm}^2$ $E_d = 28.66 \text{ kg/cm}^2$
6	17.08	20.82	Argille localmente interrotte da argille limose – argille e da limi argillosi e argille limose. Puntuale livello di limi sabbiosi e limi argillosi. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 14.29 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.68 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.89 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1.97 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.71 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 2.20$ $E_u = 456.34 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 48.40 \text{ kg/cm}^2$
7	20.82	21.20	Sabbie limose - limi argillosi. Secondaria presenza di sabbie - sabbie limose e di limi sabbiosi e limi argillosi.	$q_c = 46.85 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.60 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma_{coe} = 2.11 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{inc} = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat-coe} = 2.19 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat-inc} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $C_u = 2.34 \text{ kg/cm}^2$ $Dr = 5\%$ $\phi = 30.84^\circ$ $OCR_{coe} = 1.75$ $OCR_{inc} < 0.5$ $E_u = 1669.68 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 93.70 \text{ kg/cm}^2$ $E_d = 44.65 \text{ kg/cm}^2$
8	21.20	24.66	Argille localmente interrotte da argille limose – argille e da limi argillosi e argille limose. Alla base alternanza di sabbie limose - limi argillosi con limi sabbiosi e limi argillosi e con limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 18.39 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.67 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.93 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.01 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.92 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 1.80$ $E_u = 595.22 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 45.28 \text{ kg/cm}^2$
9	24.66	25.70	Sabbie - sabbie limose poggianti su sabbie. Alla base puntuali livelli di sabbie limose - limi argillosi, limi sabbiosi e limi argillosi e di limi argillosi e argille limose. <i>Terreni granulari sciolti</i>	$q_c = 95.69 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.47 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $Dr = 19.71\%$ $\phi = 33.87^\circ$ $OCR < 0.5$ $E_d = 68.18 \text{ kg/cm}^2$
10	25.70	30.00	Argille interrotte da limi argillosi e argille limose e da argille limose – argille. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 16.38 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.73 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.91 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1.99 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.82 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 1.62$

				$E_u = 500.80 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 47.75 \text{ kg/cm}^2$
--	--	--	--	--

TABELLA 3.3.1-3

CPTU3 – PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA UNITÀ LITOTECNICHE

N. strato	Profondità		Descrizione	Parametrizzazione geotecnica
	tetto (mt)	letto (mt)		
1	0.00	5.84	Argille interrotte da argille limose – argille e da limi argillosi e argille limose; secondariamente sono presenti limi sabbiosi e limi argillosi e sabbie limose - limi argillosi. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 15.22 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.60 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.92 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.00 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.76 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 8.18$ $E_u = 551.02 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 48.35 \text{ kg/cm}^2$
2	5.84	13.28	Argille localmente interrotte da terreni organici e torbosi, da limi argillosi e argille limose e da argille limose – argille. Secondaria presenza di limi sabbiosi e limi argillosi e di terreni fini molto sensibili. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$q_c = 5.79 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.26 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.73 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1.81 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.29 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 1.52$ $E_u = 173.41 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 30.71 \text{ kg/cm}^2$
3	13.28	18.92	Sabbie - sabbie limose localmente interrotte da sabbie e da sabbie limose - limi argillosi. Al tetto e alla base puntuali livelli di limi sabbiosi e limi argillosi e di limi argillosi e argille limose. <i>Terreni granulari sciolti</i>	$q_c = 75.50 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.31 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $Dr = 25.69\%$ $\phi = 34.14^\circ$ $OCR < 0.5$ $E_d = 58.61 \text{ kg/cm}^2$
4	18.92	20.00	Argille con puntuali livelli di argille limose – argille e di limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$q_c = 9.48 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.48 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.80 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1.88 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.47 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 1.44$ $E_u = 271.59 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 42.39 \text{ kg/cm}^2$



TABELLA 3.3.1-4

CPTU4 – PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA UNITÀ LITOTECNICHE

N. strato	Profondità		Descrizione	Parametrizzazione geotecnica
	tetto (mt)	letto (mt)		
1	0.00	1.36	Argille ricoperte da limi sabbiosi e limi argillosi, limi argillosi e argille limose e in minor parte da argille limose – argille. Puntuale livello di terreni organici e torbosi. <i>Terreni coesivi consistenti/molto consistenti</i>	$q_c = 20.52 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 1.05 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.98 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.06 \text{ t/m}^3$ $C_u = 1.03 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} > 9$ $E_u = 764.40 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 41.04 \text{ kg/cm}^2$
2	1.36	4.12	Nel primo metro limi sabbiosi e limi argillosi alternati con sabbie limose - limi argillosi, limi argillosi e argille limose, argille, con argille limose – argille e secondariamente con sabbie - sabbie limose. A seguire argille poggianti su limi argillosi e argille limose e limi sabbiosi e limi argillosi. Il tutto poggiante su una fitta alternanza di sabbie limose - limi argillosi con sabbie - sabbie limose.	$q_c = 31.54 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.58 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma_{\text{coe}} = 2.05 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{inc}} = 1.80 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat-coe}} = 2.13 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat-inc}} = 2.10 \text{ t/m}^3$ $C_u = 1.58 \text{ kg/cm}^2$ $D_r = 51.23\%$ $\phi = 34.47^\circ$ $\text{OCR}_{\text{coe}} = 8.03$ $\text{OCR}_{\text{inc}} = 2.02$ $E_u = 1163.32 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 63.08 \text{ kg/cm}^2$ $E_d = 43.51 \text{ kg/cm}^2$
3	4.12	5.98	Prevalenza di argille su argille limose – argille e su terreni organici e torbosi. Puntuali livelli di limi argillosi e argille limose e di limi sabbiosi e limi argillosi. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$q_c = 5.81 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.25 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.74 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.82 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.29 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 2.33$ $E_u = 189.77 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 30.79 \text{ kg/cm}^2$
4	5.98	7.32	Limi sabbiosi e limi argillosi poggianti su limi argillosi e argille limose e secondariamente su argille limose – argille.	$q_c = 20.26 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.32 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma_{\text{coe}} = 1.97 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{inc}} = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat-coe}} = 2.05 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat-inc}} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $C_u = 1.01 \text{ kg/cm}^2$ $D_r = 13.38\%$ $\phi = 30.11^\circ$ $\text{OCR}_{\text{coe}} = 2.48$ $\text{OCR}_{\text{inc}} < 0.5$ $E_u = 725.88 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 41.34 \text{ kg/cm}^2$

				Ed = 23.07 kg/cm ²
5	7.32	16.30	Fitta alternanza di argille, terreni organici e torbosi, argille limose – argille, limi argillosi e argille limose, limi sabbiosi e limi argillosi, sabbie limose - limi argillosi e terreni fini molto sensitivi. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	qc = 9.54 kg/cm ² fs = 0.29 kg/cm ² γ = 1.82 t/m ³ γ _{sat} = 1.90 t/m ³ C _u = 0.48 kg/cm ² OCR = 1.41 Eu = 305.64 kg/cm ² E _{ed} = 42.53 kg/cm ²
6	16.30	18.94	Sabbie - sabbie limose con locali interruzioni di sabbie. Al tetto presenza di sabbie limose - limi argillosi. Alla base puntuale livello di limi sabbiosi e limi argillosi. <i>Terreni granulari sciolti</i>	qc = 86.99 kg/cm ² fs = 0.27 kg/cm ² γ = 1.90 t/m ³ γ _{sat} = 2.20 t/m ³ Dr = 27.44% φ = 34.64° OCR < 0.5 Ed = 63.11 kg/cm ²
7	18.94	20.00	Argille interrotte da limi argillosi e argille limose, argille limose – argille e secondariamente da limi sabbiosi e limi argillosi. Alla base puntuale livello di sabbie limose - limi argillosi. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	qc = 12.19 kg/cm ² fs = 0.39 kg/cm ² γ = 1.86 t/m ³ γ _{sat} = 1.94 t/m ³ C _u = 0.61 kg/cm ² OCR = 1.19 Eu = 375.42 kg/cm ² E _{ed} = 47.06 kg/cm ²

Note relative alle tabelle:

- i valori dei parametri geotecnici, si riferiscono alle singole medie relative agli spessori corrispondenti;
- ove sintetizzabile, in corsivo è indicato il comportamento prevalente dello strato.

Supporti Grafici:

- Allegato 5. Report SCPTU e CPTU

3.4. Note conclusive

L'elaborazione delle prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono, ha permesso di definire il modello geotecnico principalmente caratterizzato, fino alle massime profondità raggiunte (mt 20.00 e mt 30.00 dal piano campagna), da depositi coesivi moderatamente consistenti e consistenti (argille, argille limose e limi argillosi), interrotti localmente da terreni prevalentemente coesivo-granulari e granulari (sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi).

Come ampiamente descritto, le indagini sono state realizzate con una metodologia che non permette l'analisi diretta dei litotipi e quindi, come si è visto, per tali indagini la ricostruzione litostratigrafica è stata eseguita empiricamente sulla base di teorie tratte da diversi studiosi ed esperienze, così come in base a relazioni empiriche, sono stati valutati tutti i parametri geotecnici. Da notare inoltre come la metodologia utilizzata sia caratterizzata da margini di approssimazione interpretativi per quanto riguarda la ricostruzione

 Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.l.com – info@synthesisr.l.com	PIANO URBANISTICO ATTUATIVO AREA VIA FERRARESI – VIA VENEZIANI – VIA RESPIGHI – VIA TASSONI SCHEDA DI POC 4ANS-01 Modello Geologico e Modello Geotecnico	RIF. 165/15-ES-REV00 DEL 22/09/2015 PI194/15-ES-REV00 DEL 08/09/2015
--	--	---

litologica e per la parametrizzazione geotecnica, per la quale è possibile ottenere valori indicativi, comunque senz'altro meno approssimativi rispetto alle prove penetrometriche meccaniche.

In allegato 10 è riportata una Scheda Tecnica riassuntiva dei principali parametri geologici e geotecnici relativi al sito in esame, utilizzabili per le successive valutazioni.

Quanto riportato nella presente è finalizzato ad un inquadramento generale dell'area interessata dal Piano Urbanistico Attuativo. Nelle fasi di studio relative ai singoli lotti, mediante indagini mirate dovranno essere valutati gli aspetti geologici e geotecnici specifici, in relazione alle caratteristiche progettuali e alle tipologie di fondazioni previste. La valutazione delle azioni trasmesse dalla struttura alla fondazione, deve infatti derivare dall'analisi del comportamento dell'intera opera, in genere condotta esaminando la struttura in elevazione e non, alla quale sono applicate le azioni statiche e sismiche. Tale tipo di approccio dovrà essere condotto unitamente al Progettista, durante le fasi di progettazione preliminare ed esecutiva.

In tale occasione si potranno anche valutare, per ogni singolo lotto, le modalità di smaltimento delle acque meteoriche.

	Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisrl.com – info@synthesisrl.com	PIANO URBANISTICO ATTUATIVO AREA VIA FERRARESI – VIA VENEZIANI – VIA RESPIGHI – VIA TASSONI SCHEDA DI POC 4ANS-01 Modello Geologico e Modello Geotecnico	RIF. 165/15-ES-REV00 DEL 22/09/2015 PI194/15-ES-REV00 DEL 08/09/2015
--	---	--	---

- Parte Quarta -

DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE

4. DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE

Al fine di fornire un dimensionamento preliminare della sovrastruttura stradale, sono stati prelevati n. 2 campioni in corrispondenza di n. 2 punti del tratto in progetto.

Nella figura seguente sono indicate le ubicazioni dei punti di prelievo dei campioni. Da evidenziare come i prelievi siano stati effettuati in corrispondenza del piano campagna attualmente destinato ad uso agricolo, più depresso rispetto al futuro tratto parallelo al confine est, il quale è di fatto ubicato in corrispondenza del tombinamento dello Scolo Fortezza, e per il quale dovranno essere effettuati dimensionamenti specifici che tengano conto anche delle caratteristiche del tombinamento e delle relative quote.

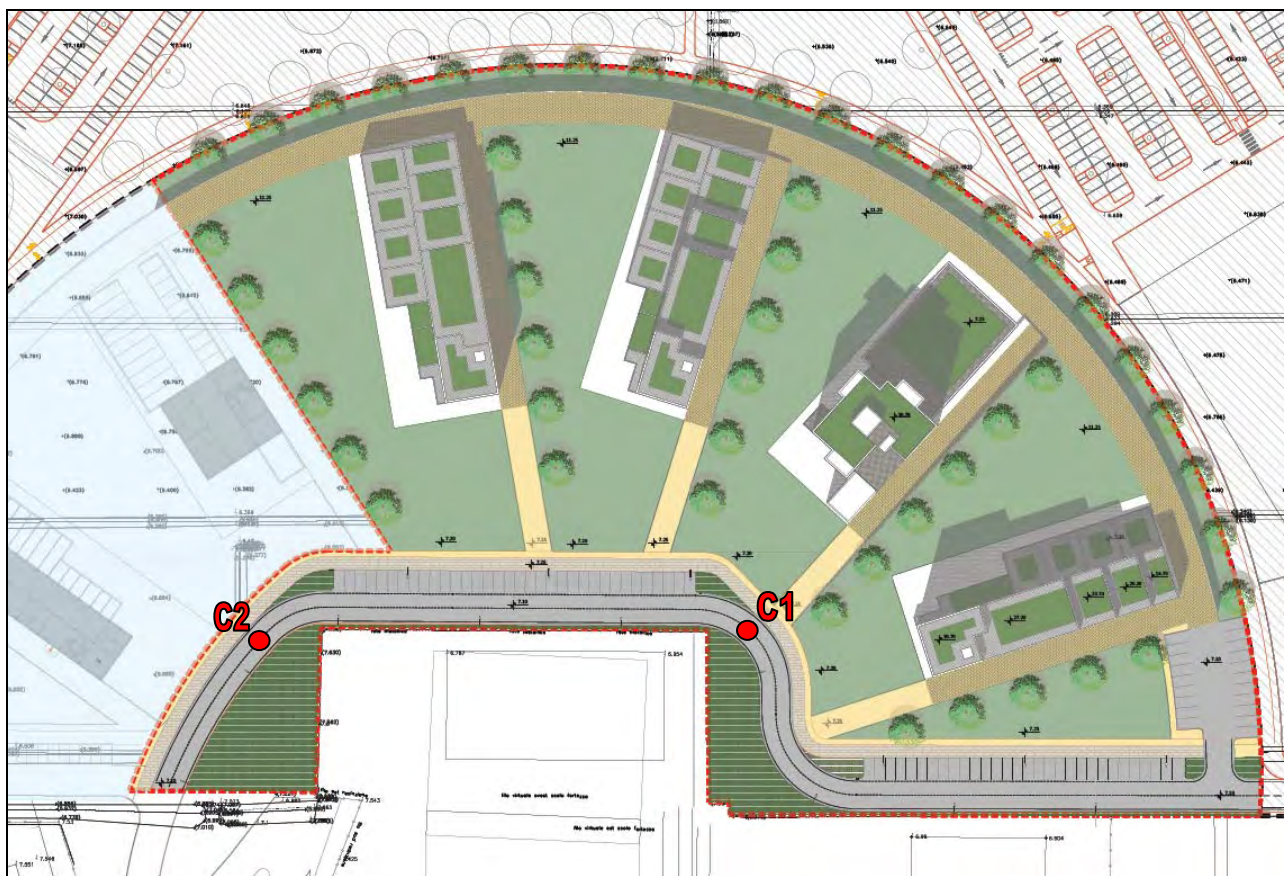


Figura 4-1
Ubicazione punti di campionamento

4.1. Descrizione risultati analisi di laboratorio geotecnico

Nel prospetto seguente, sono riepilogati i principali parametri ricavati per mezzo delle prove eseguite. In base ai dati emersi appare una buona uniformità delle proprietà fisiche dei terreni e delle caratteristiche litologiche di massima. In base alla classificazione ex CNR-UNI 10006, risulta che i terreni campionati con le caratteristiche più penalizzanti per quanto riguarda la realizzazione delle strade, corrispondano alla classificazione A7-6 e siano caratterizzati da:

- qualità portante quale terreno di sottofondo in assenza di gelo da mediocre a scadente;



- media azione del gelo sulla qualità portante del terreno di sottofondo;
- ritiro o rigonfiamento molto elevato;
- permeabilità scarsa o nulla.

TABELLA 4.1-1

RIEPILOGO PRINCIPALI PARAMETRI RICAVATI PER MEZZO DELLE ANALISI DI LABORATORIO

Parametro	Campioni	
	C1 (da mt 0.60 a mt 1.20)	C2 (da mt 0.60 a mt 1.20)
Limite Liquido (%)	55	54
Limite Plastico (%)	29	33
Indice Plastico	26	21
Classificazione CNR-UNI	A7-6	A7-5
Indice di Gruppo	17.4	15.2
Classificazione USCS	CH-OH	MH-OH

A 7-6 = argille fortemente compressibili, fortemente plastiche

A 7-5 = argille fortemente compressibili, mediamente plastiche

CH = argilla inorganica ad alta plasticità, argilla “grassa”

OH = argilla organica a media-alta plasticità, limo organico

MH = limo inorganico, terreni sabbiosi o limosi fini a base di mica o diatomee, limo elastico

4.2. Dimensionamento preliminare della sovrastruttura stradale

La sovrastruttura stradale (o pavimentazione) è la struttura piana, poggiante su rilevato o, in trincea, sul terreno in sito, costituita da strati ciascuno di materiale e spessore diversi.

Utilizzando il diagramma di Steele, è possibile determinare lo spessore della sola fondazione o sottobase e lo spessore complessivo della sovrastruttura (costituita dalla fondazione, dallo strato di base e dallo strato superficiale), sulla scorta del valore dell'Indice di Gruppo riferito al terreno in posto.

Le caratteristiche dei terreni analizzati risultando simili e comunque, per le successive valutazioni, si utilizzerà il valore dell'Indice di Gruppo più penalizzante, corrispondente circa a 17.40.

In tutti i casi, non disponendo di dati effettivi relativi al traffico presunto, vista comunque la destinazione delle opere vengono effettuate le seguenti due ipotesi:

- traffico medio (50/giorno < veicoli pesanti < 300/giorno)
- traffico leggero (< 50 veicoli pesanti/giorno)

L'applicazione del diagramma di Steele si basa sui seguenti dati:

- carico su ruota singola $\approx 4100 \text{ kg}_p$ (9000 libbre);
- sottofondo compattato al 95% della densità massima A.A.S.H.O.;
- fondazione compattata al 100%;
- piano di posa al di sopra del livello di falda;
- sottofondo drenato.

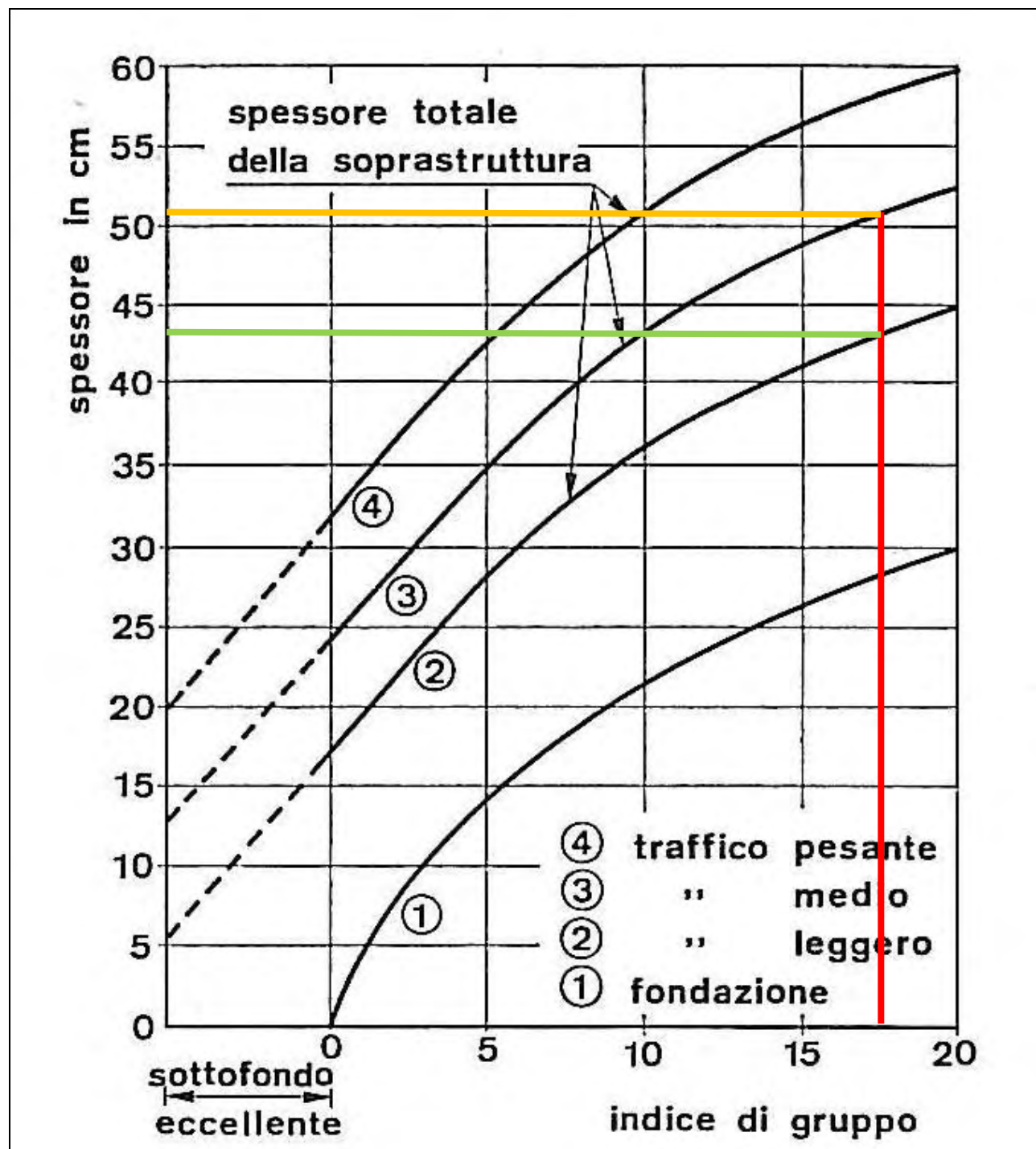
Lo spessore del solo strato di fondazione può ricavarsi usando la formula: $s = 11/4 * IG - 1/16 IG^2$

4.3. Determinazione spessori principali – campione C1 = 17.4

Spessore strato di fondazione $s = 11/4 * 17.4 - 1/16 * 17.4^2 = 28.93 \text{ cm}$

Spessore totale della soprastruttura valutato per traffico medio $\approx 51.00 \text{ cm}$

Spessore totale della soprastruttura valutato per traffico leggero $\approx 43.00 \text{ cm}$



 Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	PIANO URBANISTICO ATTUATIVO AREA VIA FERRARESI – VIA VENEZIANI – VIA RESPIGHI – VIA TASSONI SCHEDA DI POC 4ANS-01 Modello Geologico e Modello Geotecnico	RIF. 165/15-ES-REV00 DEL 22/09/2015 PI194/15-ES-REV00 DEL 08/09/2015
--	--	---

4.4. Spessori progettuali minimi proposti

Con riferimento alla Ex CNR-UNI 10006, si definiscono gli strati di seguito elencati.

Soprastruttura o pavimentazione

Struttura, sovrapposta al sottofondo, destinata a consentire il regolare moto dei veicoli distribuendo sul sottofondo i carichi da questi trasmessi ed a proteggerlo dagli agenti atmosferici (pioggia, gelo, etc...). Essa è costituita da uno o più strati (alcuni autori chiamano pavimentazione soltanto la parte più superficiale della soprastruttura).

Sottofondo (terreno di)

Terreno sul quale è poggiata la soprastruttura e più direttamente interessato dall'azione dei carichi esterni da questa trasmessi; può essere formato da terreno di scavo o di riporto, che abbia o no subito un idoneo processo di miglioramento. La superficie che delimita superiormente il terreno di sottofondo costituisce il piano di posa della soprastruttura. Quando non altrimenti specificato la definizione si riferisce ad uno spessore di terreno dell'ordine di 20 ÷ 50 cm.

Fondazione

Parte della soprastruttura avente principalmente la funzione di distribuire i carichi sul sottofondo. Può essere costituita da uno o più strati: lo strato più profondo viene chiamato primo strato di fondazione e può anche essere destinato a proteggere il sottofondo dall'azione del gelo e ad intercettare la risalita di acqua. Lo strato più superficiale viene chiamato ultimo strato di fondazione o strato di base.

Strato di usura

Parte della soprastruttura che trovasi a diretto contatto con le ruote dei veicoli

Strato di collegamento

Strato di conglomerato bituminoso talora interposto nelle pavimentazioni bituminose tra lo strato di usura e l'ultimo strato di fondazione.

Manto

Insieme dello strato di usura e di collegamento di conglomerato bituminoso nelle pavimentazioni bituminose. Nelle pavimentazioni di calcestruzzo il termine viene usato per indicare la lastra di calcestruzzo.

In terreni argillosi, come parzialmente quello in esame, è preferibile la realizzazione di sovrastrutture flessibili, realizzate per mezzo di terreni granulari di opportune caratteristiche.

In base a quanto determinato nel paragrafo precedente, vengono indicati gli spessori minimi di seguito riportati, valutati considerando cautelativamente lo strato di fondazione identificato nel grafico, corrisponda in realtà al terreno di sottofondo e che quindi non concorra nello spessore totale della soprastruttura.

A – Traffico medio:

- conglomerato bituminoso per manto di usura	spessore reso cm. 4
- conglomerato bituminoso per strato di collegamento	spessore reso cm. 5
- conglomerato bituminoso per strato di base	spessore reso cm. 8
- strato di fondazione in misto stabilizzato	spessore reso cm. 34
- strato di fondazione in sabbia A3/A2-4	spessore reso cm. 29
	<u>spessore totale cm 80</u>

B – Traffico leggero:

- manto di usura in conglomerato bituminoso	spessore reso cm. 4
- strato di collegamento (bynder)	spessore reso cm. 8
- strato di fondazione in misto stabilizzato	spessore reso cm. 31
- strato di fondazione in sabbia A3/A2-4	spessore reso cm. 29
	<u>spessore totale cm 72</u>

4.5. Note conclusive

Quanto riportato nel paragrafo precedente, ha esclusivamente valore indicativo e dovrà essere verificato utilizzando metodologie che tengano conto delle caratteristiche meccaniche dei terreni di sottofondo, delle caratteristiche specifiche dei materiali da utilizzarsi nei vari strati, nonché delle resistenze attese anche in funzione delle modalità di posa. Tali valutazioni dovranno fare riferimento ad una valutazione analitica del traffico presunto, alla vita utile attesa e dell'andamento morfologico attuale e della quota finale di progetto, relativa al piano di scorrimento, dati necessari per stabilire gli spessori minimi successivi alle operazioni di sbancamento.

La particolare localizzazione della strada la quale, salvo errate interpretazioni dello scrivente, dovrà essere realizzata in parte in corrispondenza di un tombinamento con quote vincolate, e in parte in corrispondenza di terreno agricolo più depresso, necessita di uno studio particolare che tenga conto anche di questa specificità e delle condizioni nei punti di transizione fra le due zone.

Viste le caratteristiche dei terreni di sottofondo attualmente destinati ad uso agricolo e, in particolare, delle argille con ritiro/rigonfiamento elevato e molto elevato, sarà opportuno prevedere sia in fase di accantieramento che in fase di esercizio, condizioni tali che favoriscano il rapido smaltimento delle acque meteoriche limitando l'infiltrazione delle stesse, anche al fine di evitare locali innalzamenti della falda. Un aumento di umidità in corrispondenza del piano di sbancamento o a profondità limitate, oltre a condizionare le operazioni di compattazione, potrebbe favorire la plasticizzazione del livello a contatto con lo strato di fondazione in sabbia, il quale potrà quindi eventualmente essere ispessito.

A livello di progettazione definitiva/esecutiva, dovranno inoltre essere stabilite le modalità di controllo dei materiali in ingresso e le modalità di verifica/controllo in corso d'opera, le modalità di allontanamento delle acque meteoriche in fase esecutiva e in fase di esercizio e, in generale, quanto necessario alla buona esecuzione dei lavori e alla durata del tratto stradale nel tempo.

Copparo, 22 settembre 2015

Dr. Geol. Emanuele Stevanin



	Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisrl.com – info@synthesisrl.com	PIANO URBANISTICO ATTUATIVO AREA VIA FERRARESI – VIA VENEZIANI – VIA RESPIGHI – VIA TASSONI SCHEDA DI POC 4ANS-01 Modello Geologico e Modello Geotecnico	RIF. 165/15-ES-REV00 DEL 22/09/2015 PI194/15-ES-REV00 DEL 08/09/2015
--	---	--	---

- Allegati 1/4 -

CERTIFICATI PROVE PENETROMETRICHE CON PUNTA ELETTRICA E PIEZOCONO
E
CERTIFICATI PROVE PENETROMETRICHE CON PUNTA ELETTRICA E PIEZOCONO SISMICO



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

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



COMMITTENTE: **SYNTHESIS S.r.l. - p.zza del Popolo n. 13 int. 5 - Copparo (FE)**

CANTIERE: **Via Ferraesi, Ferrara**

PROVA N°: **CPTU 3** PROF. FALDA (m da p.c.): **2.40**

PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 171013)[a = 0.66]

DATA: **21/09/15**

PREFORO (m da p.c.):

LAT. (WGS 84): **44.820624°**

LONG. (WGS 84): **11.589545°**

COMMESSA: **14589/15**

C. SITO N°: **S150624 del 29.09.15**

OPERATORE: **L. Zanirato**

prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.
m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi
0.02	1.90	0.32		1.97	2.02	1.67	63.07	40.00	3.13	4.02	0.56	19.59	97.33	3.69	6.02	0.45	21.00	161.33	4.06	8.02	0.75	42.59	124.67	4.62
0.04	2.20	0.32		2.13	2.04	1.70	62.40	67.33	3.12	4.04	0.53	19.71	96.67	3.69	6.04	0.49	21.11	162.00	4.08	8.04	0.95	47.36	122.00	4.65
0.06	3.02	0.32	3.33	2.57	2.06	1.68	61.63	74.67	3.13	4.06	0.45	19.26	93.33	3.68	6.06	0.51	20.56	160.00	4.06	8.06	0.87	48.69	122.67	4.65
0.08	3.23	2.10	6.67	2.58	2.08	1.68	59.97	82.00	3.11	4.08	0.88	24.51	90.00	3.68	6.08	0.58	20.45	161.33	4.08	8.08	0.73	48.91	122.00	4.65
0.10	2.67	13.98	3.33	2.41	2.10	1.63	58.08	76.67	3.13	4.10	1.01	27.85	90.67	3.69	6.10	0.56	20.00	160.00	4.07	8.10	0.66	49.80	122.67	4.66
0.12	2.49	8.31	3.33	2.29	2.12	1.61	57.08	73.33	3.14	4.12	0.83	27.85	93.33	3.69	6.12	0.58	20.00	159.33	4.07	8.12	0.49	48.02	123.33	4.66
0.14	2.59	13.31	1.33	2.19	2.14	1.63	57.41	74.00	3.13	4.14	0.71	28.30	92.00	3.70	6.14	0.59	19.89	160.00	4.08	8.14	0.52	46.69	122.00	4.67
0.16	2.74	17.20	1.33	2.24	2.16	1.64	57.52	76.67	3.15	4.16	0.93	32.08	92.00	3.71	6.16	0.66	20.34	159.33	4.09	8.16	0.53	45.69	126.00	4.66
0.18	2.55	32.87	3.33	2.34	2.18	1.58	55.86	78.67	3.15	4.18	1.01	33.63	90.67	3.70	6.18	0.68	20.56	158.67	4.10	8.18	0.55	43.35	144.00	4.66
0.20	2.70	46.08	3.33	2.49	2.20	1.59	54.64	79.33	3.14	4.20	0.99	34.86	92.67	3.70	6.20	0.64	20.56	158.67	4.09	8.20	0.50	40.02	144.67	4.67
0.22	2.76	39.75	4.00	2.29	2.22	1.59	54.53	82.67	3.15	4.22	0.89	34.97	93.33	3.70	6.22	0.64	19.89	159.33	4.10	8.22	0.58	38.13	151.33	4.68
0.24	2.86	34.87	2.00	2.42	2.24	1.62	54.53	82.00	3.13	4.24	0.78	34.31	96.00	3.71	6.24	0.51	18.12	162.00	4.12	8.24	0.57	35.24	150.67	4.69
0.26	2.91	38.53	4.00	2.44	2.26	1.62	53.98	88.67	3.16	4.26	1.10	35.53	99.33	3.69	6.26	0.60	18.79	161.33	4.12	8.26	0.59	33.35	148.67	4.70
0.28	3.06	40.53	4.67	2.38	2.28	1.59	53.09	88.00	3.16	4.28	1.24	35.53	97.33	3.71	6.28	0.54	19.34	162.00	4.12	8.28	0.55	32.79	134.00	4.71
0.30	3.22	44.53	4.00	2.41	2.30	1.61	52.76	88.00	3.17	4.30	0.89	31.54	97.33	3.71	6.30	0.70	21.23	162.67	4.14	8.30	0.52	32.02	136.00	4.72
0.32	2.91	58.64	4.00	2.48	2.32	1.61	52.32	90.00	3.15	4.32	1.08	30.76	99.33	3.70	6.32	0.45	20.67	162.00	4.13	8.32	0.66	32.91	136.67	4.73
0.34	2.60	72.75	4.00	2.56	2.34	1.58	47.10	88.00	3.19	4.34	1.02	29.98	98.00	3.71	6.34	0.51	22.78	160.00	4.16	8.34	0.57	32.35	141.33	4.74
0.36	2.70	89.30	4.00	2.45	2.36	1.55	47.77	86.67	3.18	4.36	1.88	36.09	98.00	3.71	6.36	0.46	23.67	159.33	4.16	8.36	0.46	31.35	148.00	4.75
0.38	2.96	96.97	5.33	2.52	2.38	1.58	48.77	84.00	3.16	4.38	0.43	24.10	96.67	3.71	6.38	0.36	23.79	159.33	4.15	8.38	0.87	32.35	148.00	4.77
0.40	3.15	107.41	6.67	2.48	2.40	1.62	48.55	82.00	3.18	4.40	1.54	34.10	98.00	3.73	6.40	0.34	22.56	158.67	4.17	8.40	0.70	28.91	148.00	4.76
0.42	3.05	133.30	6.67	2.46	2.42	1.63	48.88	82.00	3.17	4.42	0.88	30.10	98.00	3.70	6.42	0.31	20.67	156.67	4.16	8.42	0.59	26.24	144.00	4.79
0.44	3.03	148.97	5.33	2.40	2.44	1.60	48.55	78.67	3.19	4.44	1.05	30.99	98.00	3.72	6.44	0.36	20.34	156.67	4.18	8.44	0.71	27.13	144.67	4.77
0.46	2.91	162.74	5.33	2.43	2.46	1.58	48.33	74.67	3.20	4.46	0.40	25.99	95.33	3.73	6.46	0.46	19.35	156.67	4.17	8.46	0.83	26.68	144.67	4.80
0.48	2.84	172.17	6.67	2.47	2.48	1.60	48.33	66.67	3.22	4.48	0.53	27.66	97.33	3.74	6.48	0.48	17.56	156.67	4.19	8.48	0.93	25.02	144.00	4.78
0.50	2.90	177.51		2.49	2.50	1.60	49.22	66.00	3.19	4.50	2.36	45.11	94.00	3.76	6.50	0.58	17.46	158.67	4.20	8.50	1.01	24.68	145.33	4.79
0.52	2.78	178.72		2.41	2.52	1.60	50.33	64.00	3.20	4.52	1.94	40.89	93.33	3.76	6.52	0.51	16.34	158.67	4.19	8.52	0.90	22.35	146.67	4.80
0.54	2.84	179.49		2.41	2.54	1.69	50.78	64.67	3.18	4.54	0.96	34.44	94.00	3.74	6.54	0.59	16.35	159.33	4.20	8.54	0.73	20.35	146.67	4.80
0.56	3.52	168.56	0.67	2.47	2.56	1.69	51.34	64.67	3.22	4.56	1.13	34.67	93.33	3.76	6.56	1.04	19.79	160.00	4.20	8.56	0.58	18.46	145.33	4.81
0.58	3.54	169.23	0.67	2.50	2.58	1.70	52.11	71.33	3.20	4.58	1.23	34.67	92.00	3.74	6.58	0.36	14.46	160.00	4.22	8.58	0.38	15.79	146.67	4.82
0.60	3.38	175.89	2.00	2.50	2.60	1.62	62.46	95.33	3.23	4.60	1.11	33.42	94.00	3.76	6.60	0.75	19.12	158.00	4.21	8.60	0.47	14.57	144.00	4.81
0.62	3.36	186.56	2.67	2.54	2.62	1.68	60.90	105.33	3.22	4.62	1.05	32.44	94.00	3.77	6.62	0.46	19.68	162.00	4.22	8.62	0.43	13.02	144.67	4.83
0.64	3.18	186.22	2.67	2.56	2.64	1.69	60.01	110.67	3.23	4.64	1.00	30.90	102.67	3.74	6.64	0.41	20.90	159.33	4.23	8.64	0.41	9.91	144.00	4.83
0.66	3.08	181.55	5.33	2.56	2.66	1.68	59.35	100.00	3.24	4.66	0.88	28.45	106.67	3.74	6.66	0.47	24.67	159.33	4.24	8.66	0.76	11.46	146.67	4.84
0.68	3.01	174.99	8.00	2.55	2.68	1.48	59.01	92.67	3.24	4.68	0.97	27.01	106.67	3.74	6.68	0.31	24.90	156.00	4.25	8.68	0.43	8.46	146.67	4.84
0.70	2.98	171.87	7.33	2.60	2.70	1.16	57.46	90.67	3.26	4.70	0.59	21.23	110.00	3.75	6.70	0.40	26.57	154.67	4.24	8.70	0.47	10.91	147.33	4.83
0.72	2.93	167.54	8.00	2.62	2.72	1.53	60.02	100.00	3.27	4.72	0.55	19.90	112.67	3.75	6.72	0.42	27.68	154.67	4.26	8.72	0.49	10.80	148.00	4.84
0.74	2.89	165.09	7.33	2.61	2.74	1.15	57.02	106.67	3.27	4.74	0.53	19.57	116.00	3.76	6.74	0.75	29.35	156.00	4.26	8.74	0.80	10.24	147.33	4.85
0.76	2.70	163.20	8.00	2.66	2.76	1.30	58.02	110.67	3.29	4.76	0.50	18.80	121.33	3.77	6.76	0.63	27.24	155.33	4.26	8.76	1.54	17.35	137.33	4.88
0.78	2.45	156.75	12.67	2.64	2.78	1.13	56.35	110.67	3.29	4.78	0.53	19.25	122.00	3.76	6.78	1.23	29.57	156.67	4.30	8.78	0.88	15.58	110.00	4.88
0.80	2.21	148.85	20.00	2.68	2.80	1.19	55.91	110.00	3.29	4.80	0.56	20.36	122.67	3.77	6.80	0.38	22.24	155.33	4.31	8.80	0.63	17.91	100.00	4.88
0.82	1.97	142.41	21.33	2.67	2.82	1.19	55.25	105.33	3.28	4.82	0.56	21.69	129.33	3.78	6.82	0.30	20.90	154.67	4.30	8.82	0.54	20.14	97.33	4.89
0.84	1.82	133.40	21.33	2.72	2.84	1.17	54.80	103.33	3.29	4.84	0.59	21.14	134.67	3.80	6.84	0.29	18.79	155.33	4.30	8.84	0.36	17.02	100.67	4.90
0.86	2.31	134.04	20.67	2.70	2.86	0.87	53.47	93.33	3.29	4.86	0.66	20.81	134.67	3.79	6.86	0.37	19.68	152.00	4.31	8.86	0.49	14.		

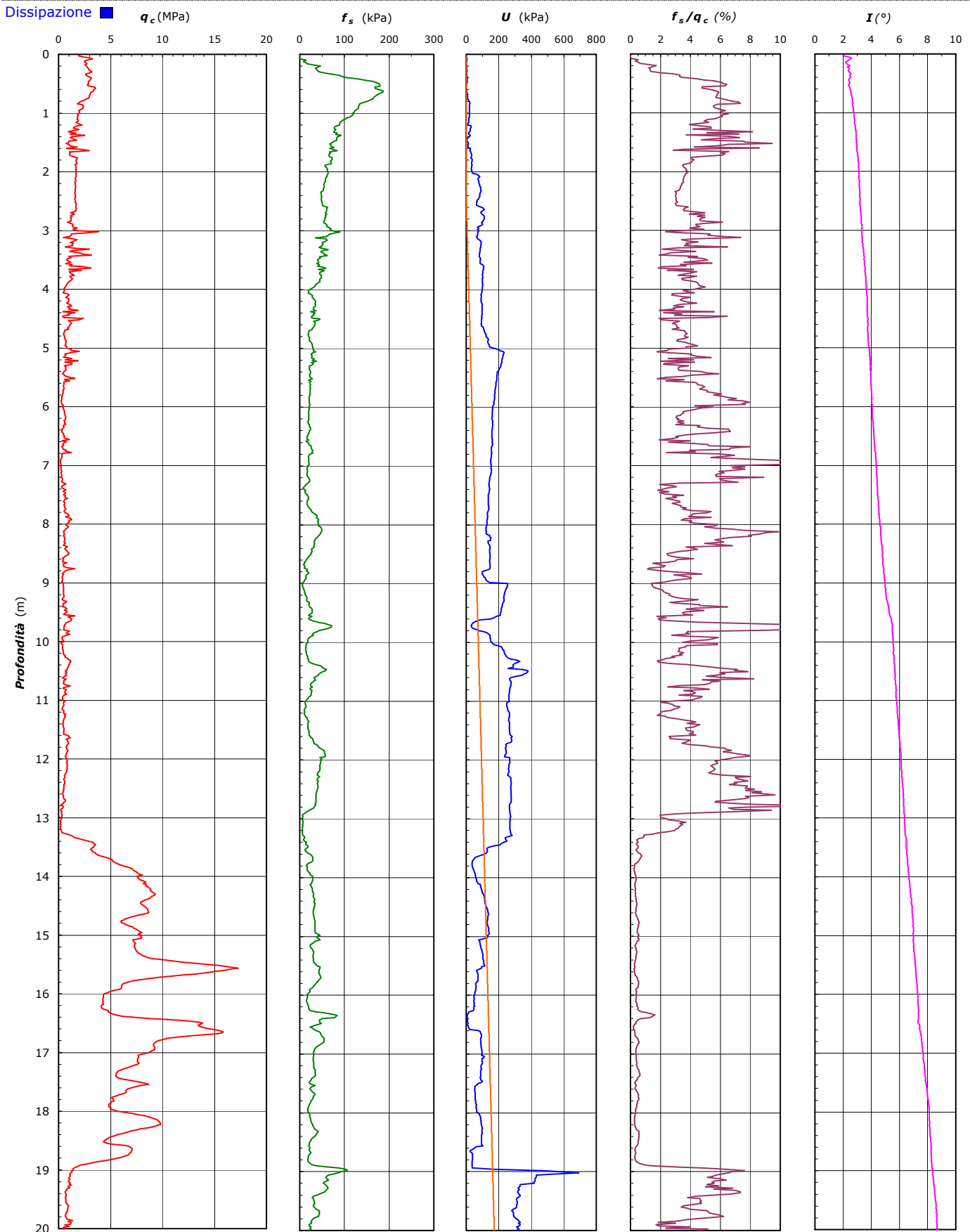
COMMITTENTE: SYNTHESIS S.r.l. - p.zza del Popolo n. 13 int. 5 - Copparo (FE)**CANTIERE: Via Ferraesi, Ferrara****PROVA N°: CPTU 3 PROF. FALDA (m da p.c.): 2.40****PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 171013)[a = 0.66]****DATA: 21/09/15 PREFORO (m da p.c.):****LAT. (WGS 84): 44.820624° LONG. (WGS 84): 11.589545°****COMMESSA: 14589/15 C. SITO N°: S150624 del 29.09.15 OPERATORE: L. Zanirato**

prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi
10.02	0.27	15.57	164.00	5.54	12.02	0.83	46.92	267.33	6.10	14.02	7.65	28.91	60.67	6.67	16.02	4.33	17.43	47.33	7.32	18.02	6.56	21.65	79.33	8.11
10.04	0.25	14.35	171.33	5.56	12.04	0.81	46.48	267.33	6.14	14.04	7.72	28.91	64.00	6.69	16.04	4.30	16.65	48.00	7.33	18.04	7.10	21.65	82.67	8.12
10.06	0.38	14.24	203.33	5.55	12.06	0.79	45.81	266.00	6.14	14.06	7.88	28.47	64.67	6.70	16.06	4.33	15.65	48.67	7.31	18.06	7.71	22.43	86.00	8.11
10.08	0.38	13.91	216.67	5.57	12.08	0.81	45.03	263.33	6.12	14.08	8.12	27.24	69.33	6.70	16.08	4.30	15.21	48.00	7.32	18.08	8.26	23.54	88.67	8.11
10.10	0.40	13.02	222.67	5.58	12.10	0.83	44.48	262.67	6.13	14.10	8.39	26.13	72.00	6.70	16.10	4.26	15.54	46.00	7.32	18.10	8.73	23.99	88.00	8.12
10.12	0.40	13.14	225.33	5.59	12.12	0.83	45.48	262.67	6.13	14.12	8.14	23.33	85.33	6.73	16.12	4.29	15.99	48.00	7.33	18.12	9.10	24.21	88.67	8.12
10.14	0.42	13.69	232.00	5.58	12.14	0.82	45.59	261.33	6.14	14.14	8.45	24.88	88.67	6.74	16.14	4.29	17.54	48.67	7.33	18.14	9.38	24.76	90.00	8.12
10.16	0.43	13.80	232.00	5.59	12.16	0.81	45.59	261.33	6.14	14.16	8.41	26.21	88.00	6.75	16.16	4.24	18.54	48.00	7.33	18.16	9.63	26.10	92.00	8.14
10.18	0.42	14.91	236.67	5.57	12.18	0.81	44.59	262.00	6.14	14.18	8.56	28.33	92.00	6.74	16.18	4.33	18.65	51.33	7.33	18.18	9.67	27.43	92.67	8.14
10.20	0.46	15.14	238.00	5.57	12.20	0.79	42.59	262.00	6.15	14.20	8.76	27.88	94.00	6.77	16.20	4.10	19.87	47.33	7.35	18.20	9.79	28.88	95.33	8.15
10.22	0.46	16.02	242.67	5.60	12.22	0.78	40.59	261.33	6.15	14.22	8.86	27.77	96.00	6.77	16.22	4.10	20.43	46.00	7.36	18.22	9.82	29.21	94.00	8.13
10.24	0.67	18.47	247.33	5.61	12.24	0.71	38.92	258.67	6.15	14.24	8.85	28.88	98.00	6.78	16.24	4.17	20.65	46.00	7.36	18.24	9.56	31.43	97.33	8.14
10.26	0.59	17.36	254.00	5.61	12.26	0.64	39.48	256.00	6.16	14.26	8.94	30.21	100.00	6.77	16.26	4.28	22.87	45.33	7.36	18.26	9.22	32.32	99.33	8.15
10.28	0.81	18.81	273.33	5.61	12.28	0.55	44.37	265.33	6.17	14.28	9.14	30.88	104.00	6.78	16.28	4.75	35.65	18.67	7.37	18.28	8.56	34.65	97.33	8.16
10.30	0.89	18.81	306.67	5.61	12.30	0.58	40.81	273.33	6.17	14.30	9.31	30.43	106.67	6.79	16.30	4.76	52.32	14.00	7.36	18.30	7.91	38.76	97.33	8.16
10.32	1.12	20.03	328.67	5.62	12.32	0.55	39.37	274.00	6.20	14.32	9.24	30.21	110.00	6.80	16.32	4.87	69.98	9.33	7.35	18.32	7.38	41.53	97.33	8.17
10.34	1.17	21.70	318.00	5.62	12.34	0.53	39.48	274.00	6.20	14.34	9.00	31.09	111.33	6.81	16.34	5.12	83.65	6.67	7.34	18.34	6.99	39.42	97.33	8.18
10.36	1.06	28.59	298.00	5.64	12.36	0.52	40.81	274.67	6.20	14.36	8.85	33.20	112.67	6.84	16.36	5.49	81.31	5.33	7.35	18.36	6.59	37.20	96.67	8.18
10.38	1.02	37.92	288.67	5.65	12.38	0.58	40.59	278.00	6.21	14.38	8.70	32.86	112.67	6.86	16.38	6.11	78.87	4.67	7.35	18.38	6.12	35.75	95.33	8.18
10.40	1.00	45.92	288.67	5.65	12.40	0.55	39.03	276.67	6.21	14.40	8.39	31.97	114.67	6.86	16.40	7.16	50.09	6.67	7.35	18.40	5.68	33.19	95.33	8.19
10.42	0.97	49.92	291.33	5.66	12.42	0.60	40.03	278.00	6.22	14.42	8.11	32.53	115.33	6.84	16.42	8.64	44.42	7.33	7.35	18.42	5.32	29.75	94.00	8.19
10.44	0.89	53.48	257.33	5.65	12.44	0.52	40.59	274.67	6.24	14.44	7.90	33.74	117.33	6.84	16.44	10.44	44.53	8.00	7.32	18.44	5.03	27.30	94.00	8.20
10.46	0.83	59.03	344.00	5.66	12.46	0.53	41.03	274.67	6.24	14.46	7.88	33.30	118.67	6.88	16.46	12.29	44.31	9.33	7.33	18.46	4.78	25.41	94.00	8.21
10.48	0.83	57.59	378.67	5.68	12.48	0.52	39.81	274.00	6.24	14.48	8.05	33.41	122.00	6.87	16.48	13.52	48.64	10.67	7.33	18.48	4.57	23.74	93.33	8.22
10.50	0.66	51.59	379.33	5.67	12.50	0.48	39.36	274.67	6.25	14.50	8.20	32.74	124.67	6.89	16.50	13.86	38.31	9.33	7.37	18.50	4.43	22.41	93.33	8.21
10.52	0.78	46.48	372.00	5.68	12.52	0.50	38.25	276.00	6.25	14.52	8.37	30.85	126.67	6.89	16.52	13.64	30.86	12.00	7.40	18.52	4.31	21.63	93.33	8.23
10.54	0.67	42.14	350.67	5.69	12.54	0.43	37.80	274.00	6.25	14.54	8.44	30.95	129.33	6.90	16.54	13.41	23.42	14.67	7.43	18.54	4.48	20.96	95.33	8.23
10.56	0.73	41.59	342.67	5.69	12.56	0.46	37.69	276.00	6.26	14.56	8.56	30.51	132.00	6.90	16.56	13.62	27.97	16.00	7.43	18.56	5.04	20.63	102.67	8.25
10.58	0.72	36.70	298.00	5.70	12.58	0.40	36.47	276.00	6.27	14.58	8.58	30.28	134.00	6.90	16.58	14.11	31.31	19.33	7.43	18.58	6.39	22.08	60.00	8.26
10.60	0.53	32.58	278.00	5.70	12.60	0.38	36.47	274.67	6.28	14.60	8.66	29.84	134.67	6.89	16.60	14.56	37.53	78.67	7.45	18.60	6.74	21.86	50.00	8.27
10.62	0.40	32.91	266.00	5.70	12.62	0.47	36.47	276.00	6.27	14.62	8.67	30.28	136.67	6.91	16.62	15.32	43.41	84.67	7.47	18.62	6.98	21.53	38.00	8.25
10.64	0.73	35.02	268.67	5.70	12.64	0.45	35.80	276.67	6.26	14.64	8.24	30.72	136.67	6.92	16.64	15.79	46.08	89.33	7.49	18.64	7.12	22.19	26.00	8.26
10.66	0.53	31.36	274.67	5.71	12.66	0.47	36.35	277.33	6.29	14.66	7.66	31.39	133.33	6.92	16.66	15.82	47.63	92.67	7.50	18.66	7.05	23.64	25.33	8.26
10.68	0.52	27.80	276.00	5.71	12.68	0.54	36.58	277.33	6.28	14.68	7.22	31.72	132.67	6.94	16.68	15.22	47.85	94.00	7.52	18.68	7.03	24.97	33.33	8.25
10.70	0.47	25.24	276.00	5.72	12.70	0.63	36.35	276.00	6.29	14.70	6.89	32.61	132.67	6.93	16.70	13.96	50.07	93.33	7.54	18.70	6.97	23.08	38.00	8.26
10.72	0.48	23.69	274.67	5.72	12.72	0.64	36.35	274.00	6.30	14.72	6.49	33.27	130.00	6.95	16.72	12.43	52.96	90.67	7.54	18.72	6.85	20.42	38.00	8.26
10.74	0.76	24.91	272.67	5.74	12.74	0.49	34.57	270.00	6.28	14.74	6.22	34.04	130.67	6.96	16.74	11.16	54.73	88.67	7.57	18.74	6.70	19.31	38.67	8.25
10.76	1.11	27.69	270.67	5.75	12.76	0.42	34.80	266.67	6.30	14.76	6.04	34.38	128.67	6.96	16.76	10.45	54.28	88.00	7.57	18.76	6.47	18.64	38.67	8.26
10.78	0.54	22.91	268.67	5.76	12.78	0.27	34.57	265.33	6.31	14.78	6.04	34.71	130.67	6.96	16.78	9.99	54.17	89.33	7.58	18.78	6.09	18.09	38.00	8.28
10.80	0.45	23.80	267.33	5.75	12.80	0.41	32.57	266.00	6.31	14.80	6.20	34.15	130.67	6.98	16.80	9.59	53.49	90.00	7.58	18.80	5.70	18.20	38.00	8.28
10.82	0.75	26.80	266.67	5.77	12.82	0.46	30.35	265.33	6.31	14.82	6.50	34.38	133.33	6.96	16.82	9.36	50.27	89.33	7.60	18.82	5.17	18.09	36.67	8.27
10.84	0.64	26.58	264.67	5.75	12.84	0.37	25.24	266.67	6.32	14.														

COMMITTENTE: SYNTHESIS S.r.l. - p.zza del Popolo n. 13 int. 5 - Copparo (FE)

CANTIERE: Via Ferraresi, Ferrara

PROVA N°: CPTU 3 PROF. FALDA (m da p.c.): 2.40 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 171013)[a = 0.66]
DATA: 21/09/15 PREFORO (m da p.c.): LAT. (WGS 84): 44.820624° LONG. (WGS 84): 11.589545°
COMMESSA: 14589/15 C. SITO N°: S150624 del 29.09.15 OPERATORE: L. Zanirato



COMMITTENTE: **SYNTHESIS S.r.l. - p.zza del Popolo n. 13 int. 5 - Copparo (FE)**

CANTIERE: **Via Ferraresi, Ferrara**

PROVA N°:	CPTU 3	PROF. FALDA (m da p.c.):	2.40	PUNTA:	Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 171013)[a = 0.66]		
DATA:	21/09/15	PREFORO (m da p.c.):		LAT. (WGS 84):	44.820624°	LONG. (WGS 84):	11.589545°
COMMESSA:	14589/15	C. SITO N°:	S150624 del 29.09.15	OPERATORE:	L. Zanirato		

UBICAZIONE

Località: Via Ferraresi, Ferrara



NOTE: Utilizzato 1 anello allargatore da inizio prova

COMMITTENTE: SYNTHESIS S.r.l. - p.zza del Popolo n. 13 int. 5 - Copparo (FE)

CANTIERE: Via Ferraresi, Ferrara

PROVA N°: CPTU 4 PROF. FALDA (m da p.c.): 4.00

PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 171013)[a = 0.66]

DATA: 21/09/15

PREFORO (m da p.c.):

LAT. (WGS 84): 44.827080°

LONG. (WGS 84): 11.591729°

COMMESSA: 14589/15

C. SITO N°: S150625 del 29.09.15

OPERATORE: L. Zanirato

prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi
0.02	1.60	5.77	11.33	1.51	2.02	8.68	113.17	29.33	0.86	4.02	7.10	82.43	14.67	1.21	6.02	2.36	31.35	184.67	1.46	8.02	0.30	35.35	140.67	1.69
0.04	1.74	9.89	3.33	0.68	2.04	6.62	96.40	25.33	0.87	4.04	3.03	50.32	16.67	1.21	6.04	2.39	32.02	184.00	1.45	8.04	0.30	35.46	140.00	1.69
0.06	1.57	10.23	0.67	0.44	2.06	8.08	101.06	34.00	0.86	4.06	6.47	72.43	15.33	1.23	6.06	2.29	32.57	182.00	1.46	8.06	0.30	35.24	139.33	1.68
0.08	1.69	13.23	6.00	0.61	2.08	11.59	131.62	28.00	0.88	4.08	4.19	47.87	18.67	1.24	6.08	2.31	32.24	181.33	1.46	8.08	0.35	35.24	140.00	1.69
0.10	1.89	14.89	6.00	0.47	2.10	6.56	93.74	18.67	0.88	4.10	2.70	31.99	18.67	1.23	6.10	2.30	32.35	180.67	1.46	8.10	0.33	35.46	139.33	1.69
0.12	1.83	19.78	9.33	0.82	2.12	7.66	93.63	25.33	0.88	4.12	1.21	16.10	18.67	1.22	6.12	2.37	32.35	178.00	1.46	8.12	0.36	35.13	139.33	1.70
0.14	1.73	23.00	5.33	0.71	2.14	13.91	136.96	30.67	0.89	4.14	0.44	16.66	198.67	1.21	6.14	2.37	32.79	177.33	1.46	8.14	0.38	35.02	140.00	1.67
0.16	1.94	30.56	6.00	0.82	2.16	9.13	106.08	22.67	0.86	4.16	0.45	16.22	258.00	1.21	6.16	2.33	32.91	175.33	1.46	8.16	0.37	34.46	137.33	1.70
0.18	2.24	37.23	8.00	0.71	2.18	2.37	55.63	19.33	0.86	4.18	0.44	16.66	198.67	1.21	6.18	2.39	33.35	175.33	1.46	8.18	0.35	33.24	133.33	1.69
0.20	2.27	39.27	16.67	0.77	2.20	2.26	54.41	60.67	0.85	4.20	0.45	16.22	258.00	1.21	6.20	2.36	33.80	175.33	1.47	8.20	0.33	33.24	134.67	1.69
0.22	2.50	51.17	13.33	0.68	2.22	2.56	56.30	104.67	0.85	4.22	0.51	15.99	250.67	1.23	6.22	2.40	34.02	174.00	1.46	8.22	0.33	32.80	134.67	1.69
0.24	2.63	62.83	13.33	0.74	2.24	3.02	56.97	142.00	0.83	4.24	0.52	15.44	232.00	1.21	6.24	2.36	33.91	174.00	1.45	8.24	0.36	32.57	136.67	1.70
0.26	2.68	71.06	13.33	0.60	2.26	2.64	50.31	137.33	0.82	4.26	0.52	14.88	230.00	1.23	6.26	2.48	34.68	174.00	1.46	8.26	0.41	31.80	136.67	1.67
0.28	2.69	75.39	14.00	0.72	2.28	2.79	46.65	124.67	0.83	4.28	0.51	14.33	226.67	1.24	6.28	2.45	34.68	174.00	1.46	8.28	0.37	30.57	134.67	1.70
0.30	2.66	82.51	13.33	0.83	2.30	3.29	49.65	112.00	0.83	4.30	0.41	19.21	180.00	1.21	6.30	2.46	34.02	173.33	1.46	8.30	0.42	29.91	133.33	1.70
0.32	2.56	86.51	12.67	0.72	2.32	4.27	59.65	108.00	0.80	4.32	0.37	17.44	181.33	1.21	6.32	2.46	34.24	172.67	1.46	8.32	0.43	28.69	130.67	1.69
0.34	2.75	94.40	12.67	0.74	2.34	4.20	60.88	100.67	0.81	4.34	0.40	16.99	182.00	1.21	6.34	2.46	34.47	172.00	1.46	8.34	0.45	27.69	126.67	1.70
0.36	2.92	100.51	10.67	0.75	2.36	4.58	67.21	77.33	0.82	4.36	0.44	16.66	198.67	1.21	6.36	2.25	32.02	168.00	1.46	8.36	0.47	27.02	124.67	1.71
0.38	3.04	101.51	10.00	0.78	2.38	3.80	65.44	69.33	0.82	4.38	0.45	16.22	258.00	1.21	6.38	2.33	32.35	167.33	1.47	8.38	0.53	27.24	121.33	1.70
0.40	3.20	104.30	9.33	0.75	2.40	1.97	56.78	67.33	0.80	4.40	0.51	15.99	250.67	1.23	6.40	2.35	32.69	165.33	1.46	8.40	0.59	28.13	118.67	1.70
0.42	3.32	109.85	8.00	0.78	2.42	1.88	58.11	63.33	0.79	4.42	0.52	15.44	232.00	1.21	6.42	2.35	32.80	163.33	1.48	8.42	0.61	29.24	118.00	1.71
0.44	3.40	113.07	7.33	0.80	2.44	1.64	56.34	57.33	0.81	4.44	0.52	14.88	230.00	1.23	6.44	2.33	32.80	160.00	1.46	8.44	0.57	38.91	118.00	1.70
0.46	3.52	115.30	7.33	0.85	2.46	1.53	58.23	54.67	0.79	4.46	0.51	14.33	226.67	1.24	6.46	2.29	33.35	159.33	1.47	8.46	0.69	40.57	123.33	1.72
0.48	3.59	116.52	6.67	0.81	2.48	1.18	58.12	51.33	0.82	4.48	0.53	14.22	221.33	1.22	6.48	2.29	33.57	158.67	1.47	8.48	0.40	37.46	125.33	1.72
0.50	3.56	109.74	6.00	0.80	2.50	1.01	58.01	48.67	0.80	4.50	0.54	14.10	213.33	1.23	6.50	2.29	33.91	158.00	1.46	8.50	0.41	38.24	125.33	1.72
0.52	2.24	81.33	10.00	0.89	2.52	0.88	55.79	48.00	0.83	4.52	0.57	14.22	204.67	1.24	6.52	2.27	33.91	156.67	1.47	8.52	0.40	37.02	126.67	1.72
0.54	2.11	80.89	10.67	0.88	2.54	0.77	53.91	44.67	0.82	4.54	0.56	14.77	209.33	1.21	6.54	2.27	34.13	155.33	1.47	8.54	0.58	35.69	129.33	1.72
0.56	1.93	78.00	10.67	0.89	2.56	0.60	53.80	44.00	0.83	4.56	0.56	14.99	208.00	1.23	6.56	2.25	34.02	155.33	1.49	8.56	0.41	33.35	130.00	1.74
0.58	1.88	89.89	10.67	0.89	2.58	0.52	49.25	42.00	0.83	4.58	0.59	15.44	206.67	1.24	6.58	2.24	34.47	156.00	1.49	8.58	0.42	33.24	130.00	1.72
0.60	2.07	103.78	10.67	0.88	2.60	0.49	46.14	38.67	0.85	4.60	0.59	15.22	206.00	1.23	6.60	2.23	34.69	156.67	1.47	8.60	0.41	34.46	144.00	1.74
0.62	2.03	117.00	10.67	0.91	2.62	0.53	43.47	38.67	0.85	4.62	0.59	15.11	206.67	1.25	6.62	2.19	34.24	155.33	1.48	8.62	0.49	33.91	147.33	1.75
0.64	1.89	126.11	10.67	0.90	2.64	0.85	36.18	26.67	0.88	4.64	0.58	15.11	214.00	1.24	6.64	2.19	34.24	155.33	1.47	8.64	0.58	32.68	146.67	1.74
0.66	2.08	125.55	9.33	0.89	2.66	0.73	35.96	25.33	0.89	4.66	0.57	14.88	212.00	1.25	6.66	2.22	34.02	156.67	1.49	8.66	0.61	33.24	144.67	1.75
0.68	1.99	136.66	10.00	0.92	2.68	0.61	35.18	25.33	0.91	4.68	0.59	15.44	211.33	1.25	6.68	2.02	32.02	155.33	1.49	8.68	0.99	39.57	136.67	1.76
0.70	2.01	141.77	9.33	0.89	2.70	0.71	35.96	23.33	0.91	4.70	0.62	15.99	207.33	1.24	6.70	2.01	32.35	154.67	1.49	8.70	0.66	40.57	134.67	1.75
0.72	2.10	142.77	7.33	0.90	2.72	0.66	35.96	22.67	0.89	4.72	0.65	16.78	204.67	1.26	6.72	2.04	32.24	154.67	1.49	8.72	0.96	46.24	134.67	1.77
0.74	2.10	151.54	8.00	0.92	2.74	0.62	35.52	22.00	0.91	4.74	0.68	17.56	199.33	1.26	6.74	2.02	31.80	154.67	1.49	8.74	0.84	47.46	133.33	1.77
0.76	2.14	157.31	8.00	0.94	2.76	0.89	38.19	20.67	0.91	4.76	0.66	18.44	194.67	1.26	6.76	2.10	32.02	154.00	1.50	8.76	3.15	69.12	134.00	1.78
0.78	2.11	161.31	9.33	0.93	2.78	0.72	36.08	19.33	0.92	4.78	0.65	19.33	192.00	1.25	6.78	2.05	31.58	152.67	1.50	8.78	1.51	56.24	132.67	1.78
0.80	2.01	165.42	17.33	0.91	2.80	0.75	35.64	18.00	0.91	4.80	0.69	20.89	192.67	1.26	6.80	2.05	31.69	152.00	1.50	8.80	2.27	63.24	134.00	1.79
0.82	1.75	168.75	24.67	0.93	2.82	0.70	34.75	18.00	0.91	4.82	0.68	21.56	194.67	1.28	6.82	2.06	31.69	151.33	1.51	8.82	1.33	54.45	128.67	1.78
0.84	1.59	170.63	24.00	0.89	2.84	0.70	33.19	16.00	0.95	4.84	0.71	22.11	196.00	1.26	6.84	2.06	32.13	151.33	1.51	8.84	5.25	79.45	128.67	1.79
0.86	1.50	170.40	22.67	0.90	2.86	0.83	34.86	16.67	0.95	4.86	0.64	22.78	195.33	1.26	6.86	2.06	32.14	152.00	1.50	8.86	1.71	56.56	111.33	1.78
0.88	1.58	164.29	24.00	0.90	2.8																			



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

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



COMMITTENTE: **SYNTHESIS S.r.l. - p.zza del Popolo n. 13 int. 5 - Copparo (FE)**

CANTIERE: **Via Ferraesi, Ferrara**

PROVA N°: **CPTU 4** PROF. FALDA (m da p.c.): **4.00**

DATA: **21/09/15** PREFORO (m da p.c.):

COMMESSA: **14589/15**

PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 171013)[a = 0.66]

LAT. (WGS 84): **44.827080°** LONG. (WGS 84): **11.591729°**

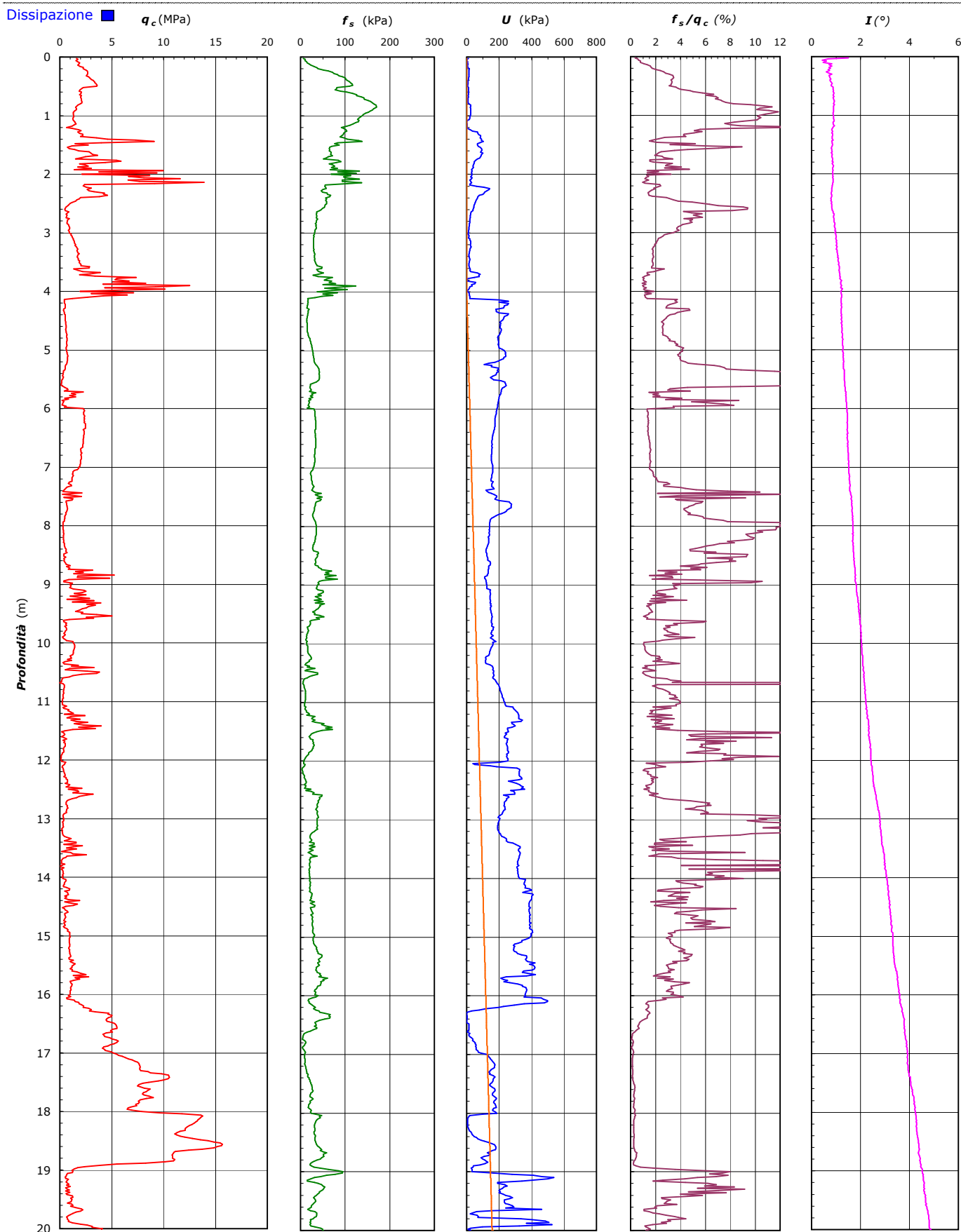
C. SITO N°: **S150625 del 29.09.15** OPERATORE: **L. Zanirato**

prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi
10.02	1.39	14.47	161.33	2.05	12.02	0.15	7.02	202.67	2.43	14.02	0.29	20.91	364.00	3.08	16.02	0.82	34.45	353.33	3.60	18.02	9.61	34.47	97.33	4.25
10.04	1.42	15.80	156.67	2.05	12.04	0.58	7.25	38.00	2.45	14.04	0.55	19.91	360.67	3.09	16.04	1.04	26.46	460.00	3.59	18.04	11.78	46.91	19.33	4.26
10.06	1.42	16.36	152.67	2.04	12.06	0.50	10.02	49.33	2.45	14.06	0.59	22.24	357.33	3.10	16.06	0.64	18.24	474.67	3.59	18.06	13.60	42.36	14.67	4.27
10.08	1.42	16.47	148.67	2.06	12.08	0.41	9.03	145.33	2.45	14.08	0.53	22.13	354.67	3.10	16.08	0.71	16.90	498.00	3.63	18.08	13.79	43.81	9.33	4.28
10.10	1.37	15.80	147.33	2.05	12.10	0.24	6.81	184.67	2.47	14.10	0.41	21.58	354.00	3.11	16.10	1.36	19.12	497.33	3.61	18.10	13.61	38.59	6.67	4.28
10.12	1.35	16.02	144.67	2.06	12.12	0.23	4.03	310.67	2.48	14.12	0.42	21.69	358.67	3.10	16.12	1.49	19.24	479.33	3.62	18.12	13.47	36.36	5.33	4.28
10.14	1.31	16.36	142.00	2.06	12.14	0.29	3.25	328.00	2.48	14.14	0.37	21.35	364.00	3.13	16.14	1.80	22.35	353.33	3.61	18.14	13.33	34.15	5.33	4.29
10.16	1.29	17.25	140.67	2.05	12.16	0.35	3.59	325.33	2.48	14.16	0.37	20.58	360.67	3.11	16.16	1.87	26.57	294.00	3.66	18.16	13.25	33.15	6.67	4.28
10.18	1.29	18.92	139.33	2.06	12.18	0.36	5.14	324.00	2.48	14.18	0.66	21.24	388.67	3.11	16.18	2.06	29.91	228.00	3.66	18.18	13.11	31.93	6.67	4.29
10.20	1.27	21.03	136.67	2.08	12.20	0.38	5.25	322.67	2.50	14.20	0.96	21.25	401.33	3.12	16.20	2.30	33.02	200.00	3.67	18.20	12.95	31.48	6.67	4.29
10.22	1.00	23.14	119.33	2.08	12.22	0.44	6.03	324.67	2.50	14.22	0.92	20.02	362.00	3.13	16.22	2.25	29.69	120.00	3.69	18.22	12.74	31.48	5.33	4.29
10.24	1.02	24.36	117.33	2.09	12.24	0.47	7.59	324.00	2.49	14.24	0.48	23.13	344.67	3.15	16.24	2.75	33.80	78.00	3.70	18.24	12.50	31.71	8.00	4.28
10.26	1.13	23.70	118.00	2.10	12.26	0.53	8.70	327.33	2.52	14.26	0.73	26.02	404.67	3.15	16.26	3.02	40.80	29.33	3.71	18.26	12.31	32.15	10.67	4.29
10.28	0.75	19.14	116.00	2.09	12.28	0.38	8.26	337.33	2.52	14.28	0.77	25.58	409.33	3.15	16.28	2.87	43.14	4.00	3.69	18.28	12.12	32.26	12.67	4.29
10.30	1.12	19.92	115.33	2.09	12.30	0.62	10.26	340.67	2.52	14.30	0.84	25.36	402.67	3.15	16.30	3.41	53.24	0.67	3.72	18.30	12.07	32.59	15.33	4.29
10.32	0.49	14.81	115.33	2.09	12.32	0.62	11.37	321.33	2.52	14.32	0.50	22.80	401.33	3.16	16.32	4.74	66.02		3.73	18.32	12.06	30.04	25.33	4.29
10.34	0.31	12.03	120.00	2.09	12.34	0.72	12.37	258.67	2.51	14.34	0.66	24.36	400.00	3.17	16.34	4.63	63.35	3.33	3.74	18.34	11.61	30.37	30.67	4.32
10.36	0.42	9.69	144.00	2.10	12.36	0.72	13.37	280.00	2.52	14.36	0.49	22.14	398.00	3.16	16.36	5.01	66.35	4.00	3.75	18.36	11.30	31.26	33.33	4.31
10.38	1.79	20.36	156.67	2.10	12.38	0.72	12.37	306.00	2.53	14.38	0.80	21.36	392.00	3.17	16.38	4.94	65.46	2.67	3.76	18.38	11.09	33.37	38.00	4.31
10.40	1.14	15.03	160.00	2.11	12.40	0.50	8.37	326.00	2.53	14.40	1.92	31.36	388.00	3.18	16.40	4.68	54.35	2.00	3.78	18.40	11.25	32.92	47.33	4.32
10.42	3.29	32.36	163.33	2.13	12.42	0.96	11.81	333.33	2.54	14.42	0.50	22.25	385.33	3.18	16.42	4.51	41.79	0.67	3.79	18.42	11.61	32.25	60.00	4.34
10.44	0.97	14.59	161.33	2.11	12.44	0.88	11.37	349.33	2.53	14.44	0.87	26.25	384.67	3.18	16.44	4.45	35.46		3.79	18.44	12.02	31.92	70.00	4.34
10.46	0.52	10.47	165.33	2.11	12.46	0.62	9.37	338.67	2.56	14.46	1.71	32.58	384.67	3.21	16.46	4.52	32.24		3.79	18.46	12.78	31.92	88.00	4.35
10.48	2.63	27.81	166.67	2.13	12.48	2.12	22.92	357.33	2.57	14.48	1.29	31.36	384.67	3.19	16.48	5.07	34.57	12.67	3.77	18.48	13.53	33.14	108.67	4.36
10.50	3.83	37.92	164.00	2.15	12.50	0.84	12.48	272.00	2.58	14.50	0.58	22.47	392.00	3.18	16.50	5.30	34.79	14.00	3.77	18.50	14.31	33.80	136.67	4.37
10.52	3.54	37.91	167.33	2.15	12.52	1.69	24.59	289.33	2.59	14.52	0.27	23.14	385.33	3.19	16.52	5.42	31.56	14.00	3.78	18.52	14.85	35.02	158.67	4.37
10.54	2.13	25.92	168.00	2.13	12.54	1.81	29.70	295.33	2.60	14.54	0.43	24.58	384.67	3.21	16.54	5.46	36.01	12.67	3.80	18.54	15.47	36.35	172.67	4.38
10.56	1.27	19.70	162.67	2.14	12.56	1.25	27.48	296.67	2.60	14.56	0.54	25.58	385.33	3.22	16.56	5.48	36.67	12.67	3.79	18.56	15.67	38.57	177.33	4.38
10.58	0.89	15.03	160.00	2.13	12.58	1.18	48.59	226.00	2.62	14.58	0.73	27.13	387.33	3.22	16.58	5.48	28.01	14.00	3.80	18.58	15.57	41.45	180.67	4.39
10.60	0.32	9.25	166.67	2.14	12.60	2.58	47.70	258.00	2.64	14.60	0.78	27.69	387.33	3.23	16.60	5.07	21.89	5.33	3.81	18.60	15.22	44.34	178.67	4.39
10.62	0.22	7.14	176.67	2.15	12.62	1.84	42.03	261.33	2.64	14.62	0.50	23.02	392.00	3.22	16.62	4.88	15.11	6.67	3.81	18.62	14.87	47.23	176.67	4.40
10.64	0.16	6.36	180.67	2.15	12.64	1.61	43.04	247.33	2.65	14.64	0.47	25.58	388.67	3.23	16.64	5.07	8.89	20.00	3.81	18.64	13.70	44.00	158.00	4.40
10.66	0.19	6.36	185.33	2.15	12.66	1.22	41.59	247.33	2.65	14.66	0.53	26.80	387.33	3.25	16.66	4.46	7.22	14.00	3.82	18.66	12.41	51.00	142.00	4.38
10.68	0.01	5.36	188.00	2.16	12.68	0.82	39.59	240.00	2.66	14.68	0.55	26.58	390.00	3.23	16.68	4.17	5.99	12.67	3.82	18.68	11.13	57.99	126.00	4.36
10.70	0.32	6.80	195.33	2.17	12.70	0.70	40.15	233.33	2.68	14.70	0.53	26.24	388.00	3.24	16.70	4.26	4.55	22.67	3.83	18.70	11.02	50.99	143.33	4.37
10.72	0.43	7.69	198.67	2.16	12.72	0.61	38.48	232.00	2.69	14.72	0.42	26.80	387.33	3.24	16.72	4.33	4.77	29.33	3.83	18.72	10.90	50.87	136.00	4.39
10.74	0.41	8.36	202.00	2.18	12.74	0.61	37.48	231.33	2.68	14.74	0.40	27.13	388.67	3.27	16.74	4.85	4.10	38.00	3.83	18.74	10.83	52.21	107.33	4.41
10.76	0.42	9.36	204.00	2.17	12.76	0.58	37.70	230.00	2.70	14.76	0.58	25.80	395.33	3.25	16.76	4.97	8.99	36.67	3.86	18.76	10.88	47.76	89.33	4.41
10.78	0.40	10.25	206.00	2.16	12.78	0.72	38.25	236.00	2.70	14.78	0.41	26.47	388.00	3.25	16.78	5.45	11.21	45.33	3.87	18.78	10.85	44.53	100.67	4.44
10.80	0.38	10.70	206.67	2.20	12.80	0.71	36.48	236.67	2.71	14.80	0.45	26.58	388.67	3.25	16.80	5.64	11.77	51.33	3.88	18.80	10.86	37.53	110.00	4.45
10.82	0.36	10.92	209.33	2.17	12.82	0.79	34.59	237.33	2.72	14.82	0.53	27.02	392.67	3.28	16.82	5.49	9.99	52.00	3.88	18.82	11.07	29.76	122.00	4.43
10.84	0.36	11.36	213.33	2.18	12.84	0.64	36.48	228.67	2.72	14.84	0.36	28.35	388.00	3.29	16.84	5.24	8.76	57.33						

COMMITTENTE: **SYNTHESIS S.r.l. - p.zza del Popolo n. 13 int. 5 - Copparo (FE)**

CANTIERE: **Via Ferraresi, Ferrara**

PROVA N°: CPTU 4 PROF. FALDA (m da p.c.): 4.00 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 171013)[a = 0.66]
DATA: 21/09/15 PREFORO (m da p.c.): LAT. (WGS 84): 44.827080° LONG. (WGS 84): 11.591729°
COMMESSA: 14589/15 C. SITO N°: S150625 del 29.09.15 OPERATORE: L. Zanirato



COMMITTENTE: **SYNTHESIS S.r.l. - p.zza del Popolo n. 13 int. 5 - Copparo (FE)**

CANTIERE: **Via Ferraresi, Ferrara**

PROVA N°: CPTU 4 PROF. FALDA (m da p.c.): 4.00 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 171013)[a = 0.66]
DATA: 21/09/15 PREFORO (m da p.c.): LAT. (WGS 84): 44.827080° LONG. (WGS 84): 11.591729°
COMMESSA: 14589/15 C. SITO N°: S150625 del 29.09.15 OPERATORE: L. Zanirato

UBICAZIONE

Località: Via Ferraresi, Ferrara



NOTE: Utilizzato 1 anello allargatore da inizio prova