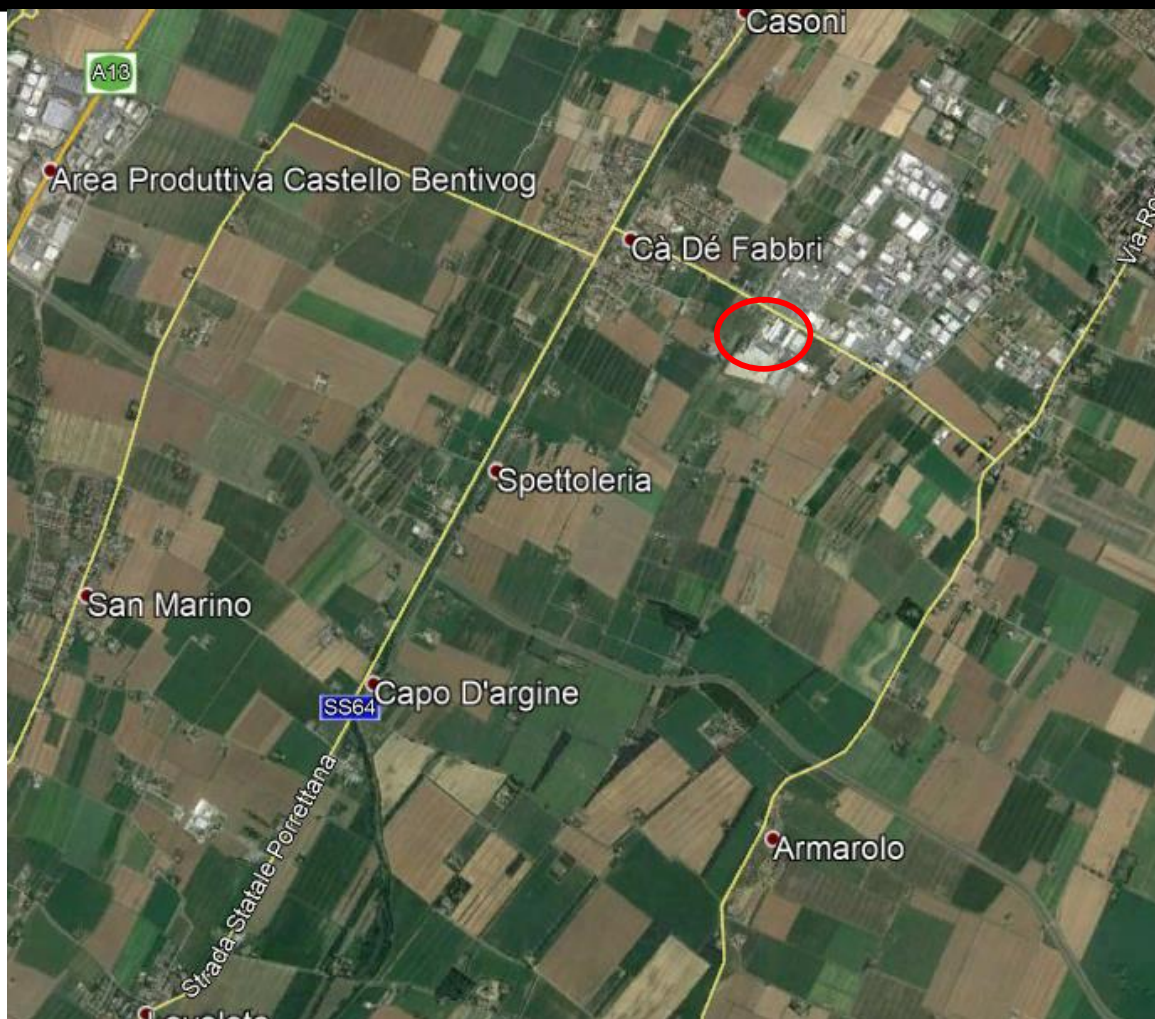


Relazione geologica



Tecnico incaricato:

dott. geol. Raffaele Sandrelli



Pianoro (Bo) dicembre 2017



acque superficiali, con una profondità del letto di scorrimento di circa -0.50m. L'accessibilità al fondo avviene tramite un accesso ricavato sul retro dello stabilimento RENNER.

Scopo della campagna geognostica è stato quello di identificare la successione stratigrafica, ricostruendone un modello geologico, analizzando le resistenze meccaniche offerte dai terreni in termini medi. Sulla scorta del D.M. 14.01.2008 la presente relazione, seguendo le disposizioni della norma vigente, analizzerà dal punto di vista sismico l'area, verificandone il potenziale alla liquefazione e valutandone la categoria di terreno nei primi trenta metri, utilizzando lo stendimento sismico per l'acquisizione delle onde di taglio, già realizzato nel giugno 2010.

Nel procedere per le valutazioni sopra esposte del sito ci si rifà alle indagini geognostiche e sismiche del giugno 2010, integrandole con una prova penetrometrica statica spinta a 20.0m di profondità. Schematicamente in relazione si troveranno:

- acquisizione dei termini generali del problema, con esame delle informazioni disponibili in letteratura specializzata;
- analisi delle indagini geognostiche realizzate nel 2010 (tre prove penetrometriche statiche CPT);
- indagine sismica per l'assegnazione della categoria di suolo, eseguita nel 2010;
- prova penetrometrica statica eseguita il nel dicembre 2017;
- creazione di un modello geologico;
- valori medi dei parametri fisico-meccanici;
- presentazione dei tabulati dei dati disaggregati.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area di progetto del presente studio si trova nella zona nord-orientale della città di Bologna all'interno del dominio di pianura. Morfologicamente pianeggiante e di forte antropizzazione, con una quota media sul livello medio del mare (s.l.m.) di circa 13,0 ÷ 14,00 m.

I terreni di questa zona sono superficialmente formati da depositi alluvionali di età Quaternaria, come sabbie e limi, strutturati in strati lenticolari che spesso si interdigitano tra loro in passaggi laterali. I terreni più superficiali sono anche parte della bonifica che ha interessato tutta la zona della bassa pianura padana. Comprensivi anche di livelli piuttosto potenti (1,50÷2,00 m) di argille torbose a basse caratteristiche gomeccaniche.

Attraverso prospezioni sismiche, si è rilevato che a diversi chilometri di profondità dalla superficie, questa regione del territorio, che appartiene alla regione più esterna degli Appennini Settentrionali, è in massima parte composta da un potente accumulo di sedimenti plio-pleistocenici, realizzato in seguito all'infossamento strutturale che ha interessato la zona dal Quaternario in poi. Di fatti la base del pliocene si viene a trovare a oltre 7 km di profondità nella pianura di fronte a Parma e Reggio, entro una zona interposta fra i due archi principali di pieghe padane. Lo stesso livello [pliocenico] si trova ad oltre 8,00 km dalla superficie, all'interno del sistema di pieghe ferraresi.

Ricerche più approfondite hanno inoltre evidenziato la presenza di importanti strutture sepolte a notevole profondità, come faglie inverse e accavallamenti, che contribuirono ad amplificare i movimenti di abbassamento. Tuttavia, a causa della profondità in cui si trovano, gli effetti di tali strutture sono irrilevanti sugli strati più superficiali oggetto del presente studio.

La porzione di territorio che più interessa il presente lavoro è caratterizzata da una cospicua copertura di materiali fini (argille e/o argille limose intercalati a livelli più o meno sabbiosi), principalmente rappresentati dal sub sistema di Ravenna e dalle unità di Modena (figura 2).

SUCCESSIONE NEOGENICO-QUATERNARIA:

Subsistema di Ravanne (AES8): nei settori intravallivi ghiaie passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Negli sbocchi vallivi e nella piana alluvionale ghiaie, sabbie, limi ed argille. Limite superiore dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0,5 ad 1,5 m, contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. Limite inferiore erosivo sui depositi



Figura 2: carta geologica della pianura (ubicazione area di studio)

marini e alluvionali sottostanti. Subsistema contenente una unità a limiti inconformi di rango gerarchico inferiore (AES8a) che, dove presente, ne costituisce il tetto stratigrafico. Spessore massimo in pianura di 25 metri circa. Pleistocene sup. - Olocene (14 ka - attuale; datazione 14C).

Unità di Modena (AES8a): nei settori intravallivi ghiaie prevalenti organizzate in due ordini di terrazzi alluvionali. Negli sbocchi vallivi e nella piana alluvionale ghiaie, sabbie, limi ed argille. Limite superiore sempre affiorante dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro privo di reperti archeologici romani, o più antichi, non rimaneggiati. Limite inferiore dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intra. Spessore massimo in pianura 7 metri, nel sottosuolo circa 10m. Età post-romana (IV-VI sec. d.C. - Attuale; datazione archeologica).

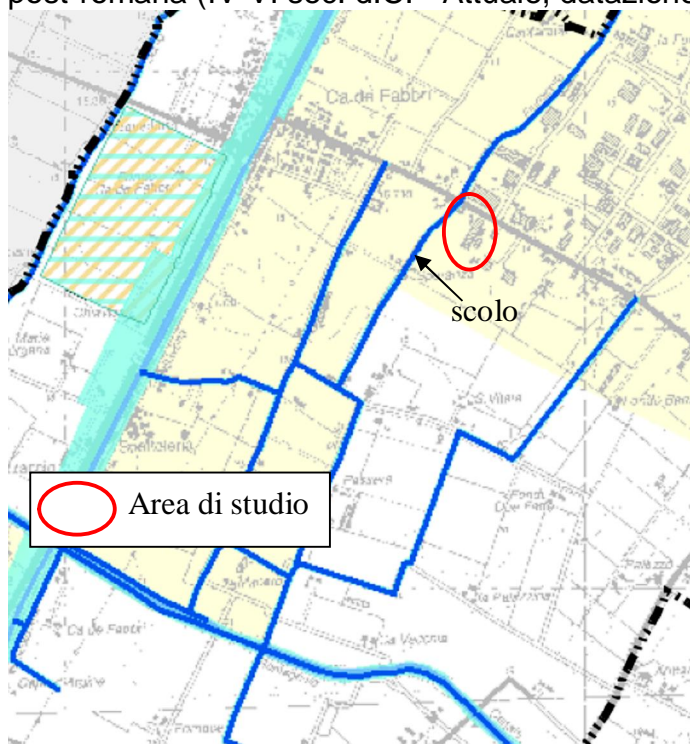


Figura 3: stralcio PSC-RETE IDROGRAFICA

Idrologicamente l'area di pianura ha assunto una propria individualità, specialmente nella bassa pianura, che è il risultato di numerose modificazioni naturali ed artificiali. In passato, i corsi d'acqua non arginati in occasione delle piene debordavano, sommergendo la pianura circostante, creando così una serie di valli e paludi e colmandola naturalmente di sedimenti. Molti corsi d'acqua della pianura bolognese hanno tutti, nella alta e nella media pianura, direzione Nord-Sud. Solo nella bassa pianura assumono direzione Est-Ovest, in relazione all'influenza

della pendenza della vecchia valle del Fiume Po ed altre opere di bonifica.

In particolare il terreno in oggetto si trova in destra del corso d'acqua, denominato scolo del Savena Abbandonato, che altro non è che una porzione di bonifica del Torrente Savena che si immette nella pianura alluvionale. Altro canale di



scolo, limitrofo all'area, dove si raccolgono anche le acque provenienti dai fossi è Scolo Fiumicello delle Bruciate.

Breve cenno si fa per l'aspetto geomorfologico, che resta comunque un aspetto sicuramente e fortemente mitigato dalla intensa antropizzazione di cui il territorio è soggetto e che è ancora in forte espansione. Unico aspetto morfologico presente e limitrofo all'area è la riva del vicino corso d'acqua Savena Abbandonato.

3. INDAGINE GEOGNOSTICA DI CAMPAGNA

Le indagini geognostiche, volte alla ricostruzione e all'inquadramento generale dell'area dal punto di vista lito-stratigrafico del sottosuolo, ed alla caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni di fondazione, sono consistite: nelle tre prove penetrometriche statiche CPT del 2010 (Cone Penetrometer Test) ed una CPT spinta ad una profondità maggiore eseguita nel dicembre 2017.

Le profondità raggiunte dalle prove sono da considerare sufficienti per il tipo di progetto in essere. Anche il loro numero e la loro distribuzione rispecchiano il buon uso per un accurato inquadramento.

Lo strumento utilizzato per le CPT è un penetrometro statico-dinamico Tipo PAGANI da 20 t Munito di punta meccanica tipo Begemann con le seguenti caratteristiche:

apertura conica di 60° e superficie di 10 cm² per la misurazione della resistenza alla punta; manicotto di frizione (friction jacket) con superficie di 150 cm² per la misurazione dell'attrito locale laterale.

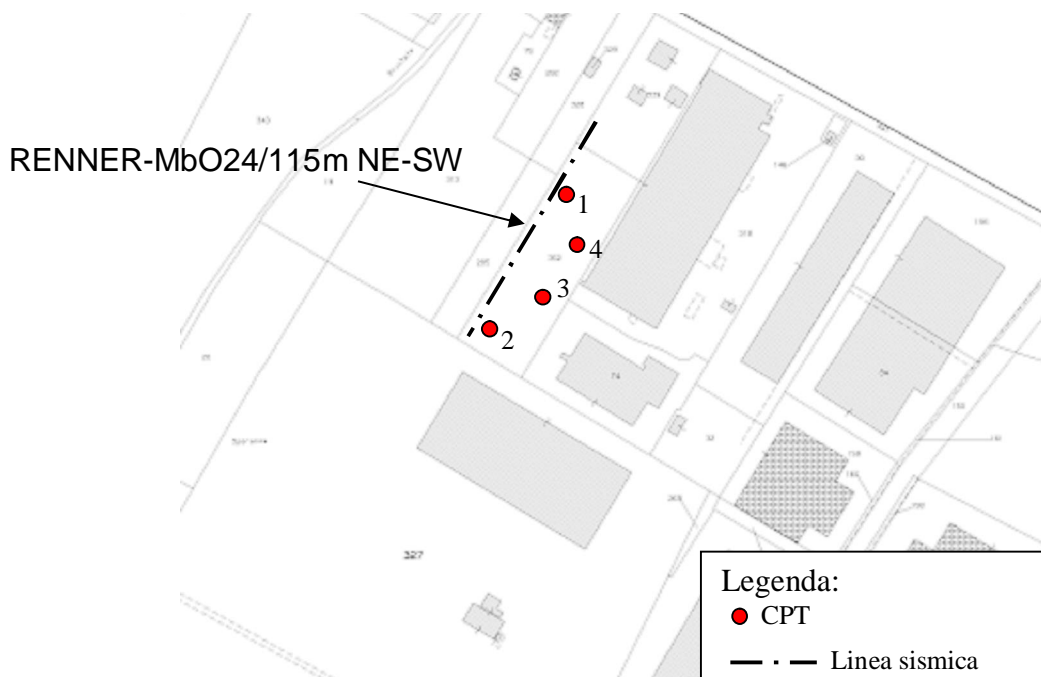
La punta viene infissa nel terreno ad una velocità costante (2,0 cm/sec) per mezzo di aste cave del diametro \varnothing 36 mm. Le letture della resistenza alla punta (qc) e dell'attrito laterale (fs) vengono effettuate ogni 20 cm di avanzamento ed annotate direttamente su elaboratore elettronico.

Le quote raggiunte dalle prove penetrometriche, riferite all'attuale piano campagna (p.c.), sono come di seguito tabellate:

tipo di indagine (2010)	quota inizio (m)	quota fine prova (m)
CPT1	p.c.	- 12.20
CPT2	p.c.	- 12.00
CPT2	p.c.	- 12.60
tipo di indagine (2017)	quota inizio (m)	quota fine prova (m)
CPT4	p.c.	- 20.00

Per lubicazione delle stesse prove si riferisca alla figura sotto riportata, dove viene indicato anche lo stendimento sismico in metodologia MASW.

Figura 4: estratto di mappa (scala 1:2.000)



Al termine della campagna geognostica con l'ausilio di un freatimetro elettronico è stato possibile registrare la presenza di acqua al disotto del piano campagna. Di seguito vengono riportate le quote dell'acqua riferite al p.c., le quali danno solo un'indicazione schematica delle stesse, infatti in fase di estrazione delle aste in presenza di materiali impermeabili (come quelli incontrati), in attraversamento del livello freatico, si ha un effetto risalita per una sorta di sottovuoto che si crea durante l'esecuzione della CPT.

data	Rif. CPT	Q. acqua riferita al p.c.	Q. chius. Foro riferita al p.c.
25 - 06 - 2010	p.to 1	- 2,20	- 9,00
25 - 06 - 2010	p.to 2+piezo	- 0,40	- 10,00
25 - 06 - 2010	p.to 3	- 0,60	- 1,20
data	Rif. CPT	Q. acqua riferita al p.c.	Q. chius. Foro riferita al p.c.
18 - 12 - 2017	p.to 4	- 0,70	- 7,20

In letteratura vengono riportate comunque come quote piezometriche valori che oscillano tra i -1,50m e i -2,50m, anche nel piezometro installato nel 2010 all'interno del foro della CPT2 si legge una quota di falda di -1.20m, pertanto si ritiene come media delle letture effettuate di -1.00m dal p.c..

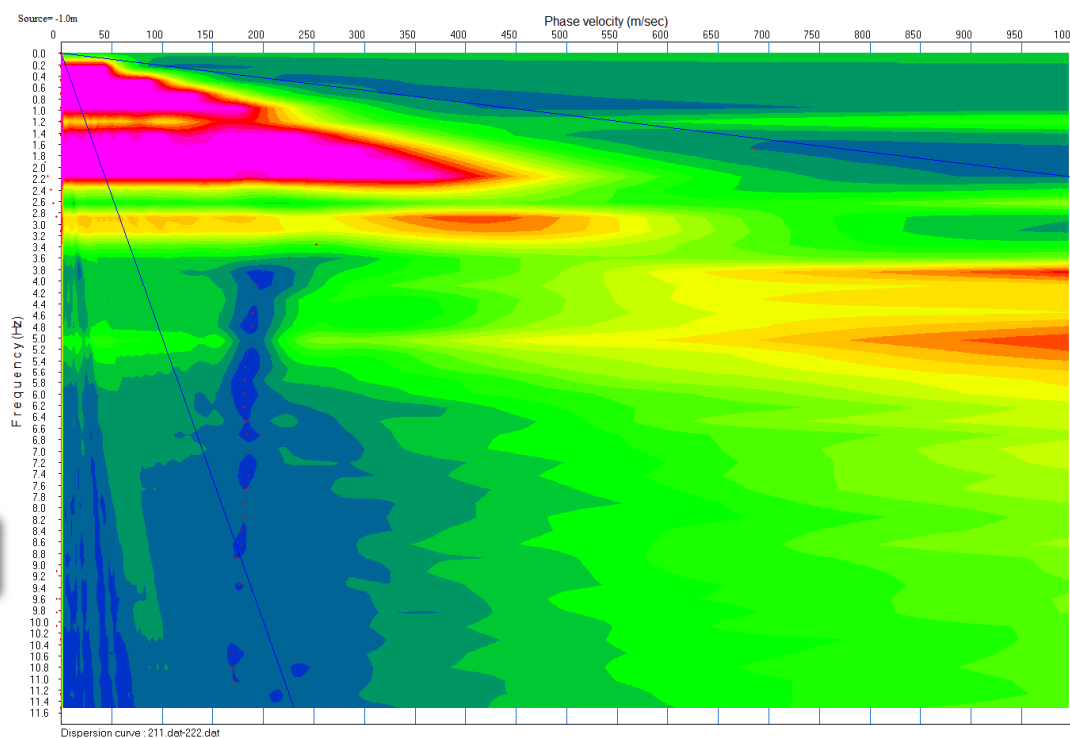
4. ANALISI SISMICA SITO DIPENDENTE

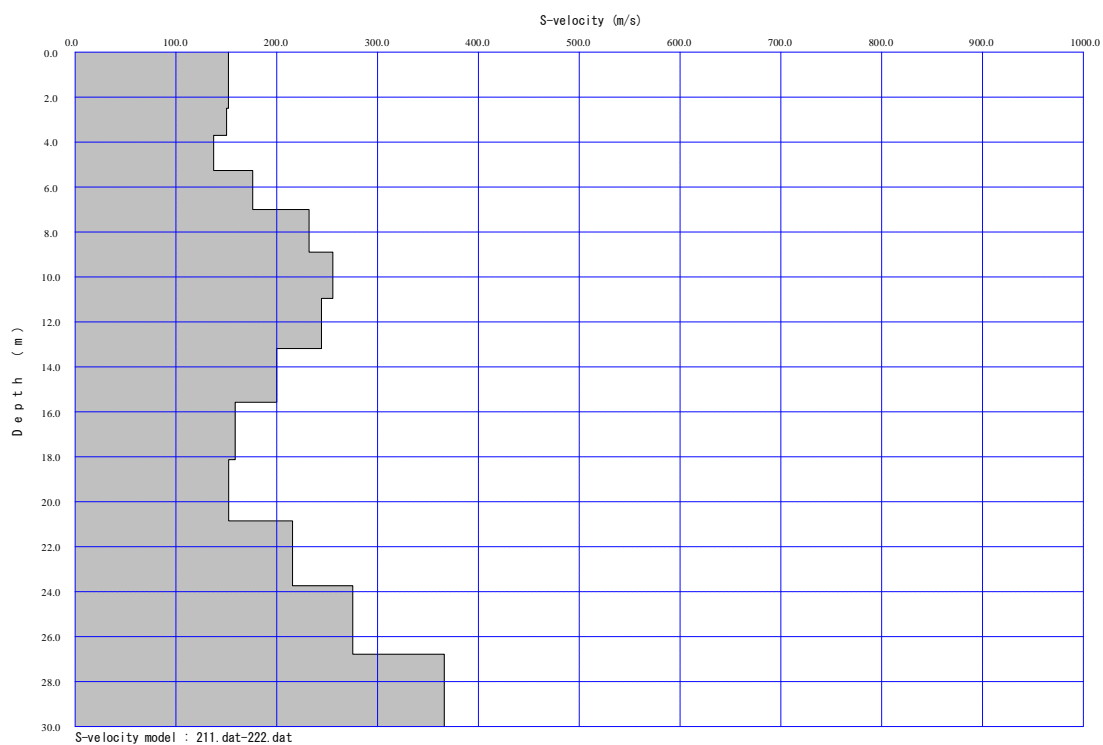
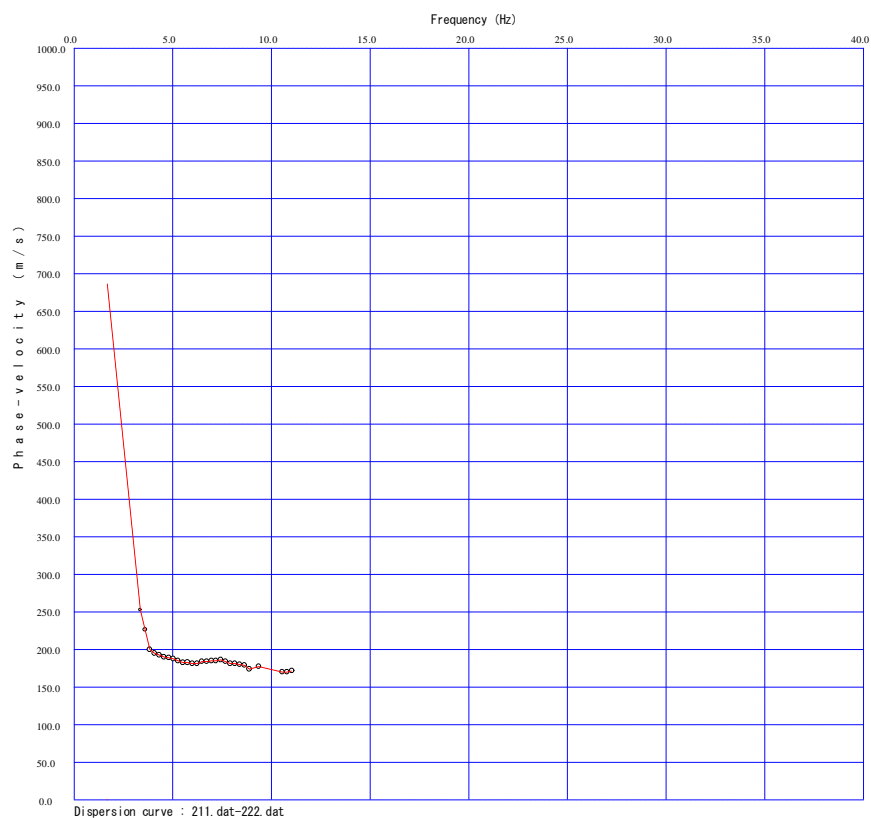
Come già indicato in premessa l'analisi sismica sito dipendente, è stata realizzata nel 2010 tramite uno stendimento sismico (MASW) per l'acquisizione delle onde di taglio, nei primi trenta metri di spessore dei terreni in loco, con denominazione dello stendimento: RENNER-MbO24/115m NE-SW.

4.1 CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE

I dati sono stati registrati mediante un sismografo RAS della SEISTRONIX con filtri disinseriti, velocità di campionamento (sample-rate) di 0,5 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di circa 2 secondi con collegamenti elettrici realizzati mediante cavi De Regt, i geofoni utilizzati sono del tipo verticale SM-4. La metodologia teorica utilizzata è quella delle onde superficiali di Rayleigh per la determinazione dei parametri di comportamento meccanico dei terreni a bassi livelli di deformazione, modulo di taglio e coefficiente di smorzamento. Si basa sulle proprietà dispersive che queste onde subiscono durante l'attraversamento dei terreni.

Di seguito vengono riportati i grafici ottenuti con la metodologia utilizzata e l'analisi delle velocità sui trenta metri indagati.





I tre grafici sopra riportati rappresentano: lo spettro di frequenza/fase di velocità, la curva di dispersione e il profilo di velocità Vs, desunti ed elaborati dalle registrazioni dei microtremiti acquisiti in campagna secondo un modello predefinito che vede i ricevitori (geofoni) posizionati in modo equidistante lungo una linea retta.

L'elaborazione della velocità media delle onde di taglio nei primi trenta metri risulta pari a 210m/sec, il dato ricade quindi nella categoria di sottosuolo C.

4.2 PARAMETRI SISMICI

Di seguito vengono riportati i parametri sismici, riferiti ad una classe di suolo II, come comunicato allo scrivente dal progettista delle strutture, riguardante opere il cui uso preveda affollamento normale; assenza di funzioni pubbliche e sociali. Come già assunto in precedenza la categoria di suolo, nei primi trenta metri di profondità è la C e come fattore topografico si adotta T1:

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 44,6160811694325

longitudine: 11,4647202021364

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 16288 Lat: 44,6174 Lon: 11,4542 Distanza: 845,502

Sito 2 ID: 16289 Lat: 44,6186 Lon: 11,5244 Distanza: 4729,782

Sito 3 ID: 16511 Lat: 44,5686 Lon: 11,5260 Distanza: 7168,889

Sito 4 ID: 16510 Lat: 44,5675 Lon: 11,4559 Distanza: 5451,252

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C



Categoria topografica: T1
 Periodo di riferimento: 50anni
 Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
 Tr: 30 [anni]
 ag: 0,049 g
 Fo: 2,467
 Tc*: 0,258 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
 Tr: 50 [anni]
 ag: 0,061 g
 Fo: 2,502
 Tc*: 0,273 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 475 [anni]
 ag: 0,165 g
 Fo: 2,538
 Tc*: 0,278 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
 Tr: 975 [anni]
 ag: 0,216 g
 Fo: 2,504
 Tc*: 0,284 [s]



Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,500
 Cc: 1,640
 St: 1,000
 Kh: 0,015
 Kv: 0,007
 Amax: 0,723
 Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
 Cc: 1,610
 St: 1,000
 Kh: 0,018
 Kv: 0,009
 Amax: 0,892
 Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,450
 Cc: 1,600
 St: 1,000
 Kh: 0,057
 Kv: 0,029
 Amax: 2,344
 Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,370
 Cc: 1,590
 St: 1,000
 Kh: 0,083
 Kv: 0,042
 Amax: 2,908
 Beta: 0,280

Coordinate WGS84

latitudine: 44.615146

longitudine: 11.463728

5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DI SITO

Come accennato in premessa, il numero di prove penetrometriche e la loro distribuzione è stata progettata per dare un sufficiente inquadramento geologico dell'area oggetto di studio e per completare l'inserimento dell'area nella variante urbanistica. Per fare quanto affermato è stata realizzata nel dicembre 2017 un prova penetrometrica aggiuntiva, spinta a -20.0m di profondità dal piano campagna, per valutare lo spessore dei terreni incoerenti compresi tra i -10.0m e i -20.0, limite di pericolosità dovuta alla liquefazione. Di seguito verrà data indicazione sul modello geologico.

5.1 MODELLO GEOLOGICO

Il modello geologico viene delineato sui risultati ottenuti dalle prove penetrometriche statiche CPT, con le quali è stato possibile ricostruire una successione geologica come da seguente tabella:

modello geologico		
N. strato	profondità	descrizione
1	0,00-0,50	antropico
2	0,50-1,60	argille limose
3	1,60-3,40	strato composito limi argillosi
4	3,40-8,80	argille limose
5	8,80-9,60	strato composito limi argillosi
6	9,60-10,80	argille limose
7	10,80-12,00	sabbie limose limi sabbiosi
8	12,00-15,20	argille limose
9	15,20-17,80	sabbie limose
10	17,80-20,00	argille limose

Tabella 1

5.2 MODELLO GEOLOGICO: VALORI MEDI

La litologia caratteristica dei terreni del primo sottosuolo, come visto in tabella 1 è essenzialmente costituita da un'alternanza di argille limosa con strati composti di argille limose limi argillosi, nella porzione più a Sud della sezione sono presenti due livelli, alle quote di circa -10,0m e -16,0m, due orizzonti di sabbie sabbie-limose. Schematicamente i valori geotecnici medi, ottenuti dalle prove penetrometriche di progetto, sono riassunti come segue:

CPT 1						
	profondità	qc kg/cm2	γ t/m3	Cu kg/cm2	φ°	E kg/cm2
1	0.00-2.20	11	1.90	0.46	--	
2	2.20-4.60	22	1.95	0.88	--	
3	4.60-6.00	14	1.95	0.57	--	
4	6.00-8.60	28	1.95	1.14	--	
5	8.60-9.00	84	2.00	-	35	
6	9.00-10.60	30	1.98	1.20	--	
7	10.60-11.80	16	1.85	0.62	--	
8	11.80-12.20	50	2.00	2.02	--	

CPT 2						
	profondità	qc kg/cm2	γ t/m3	Cu kg/cm2	φ°	E kg/cm2
1	0.00-1.00	8	1.80	0.30	--	28
2	1.00-2.60	15	1.95	0.61	--	44
3	2.60-5.00	21	1.98	0.85	--	55
4	5.00-6.00	12	1.90	0.47	--	37
5	6.00-6.80	23	1.95	0.92	--	58
6	6.80-8.80	32	1.95	1.26	--	71
7	8.80-9.40	48	2.00	1.93	--	94
8	9.40-10.40	23	1.95	0.91	--	57
9	10.40-12.00	68	1.95	-	32	118

CPT 3						
	profondità	qc kg/cm2	γ t/m3	Cu kg/cm2	ϕ°	E kg/cm2
1	0.00-1.60	5	1.80	0.21	--	22
2	1.60-2.80	13	1.90	0.53	--	40
3	2.80-4.00	19	1.95	0.75	--	52
4	4.00-5.00	26	1.95	1.03	--	62
5	5.00-6.20	14	1.95	0.55	--	42
6	6.20-8.60	33	1.95	1.31	--	73
7	8.60-9.40	66	2.00	> 2.00	--	115
8	9.40-10.80	28	1.95	1,14	--	66
9	10.80-12.60	120	2.00	-	34	171

CPT 4						
	profondità	qc kg/cm2	γ t/m3	Cu kg/cm2	ϕ°	E kg/cm2
1	0.00-2.60	13	1.95	0.54	--	40
2	2.60-4.80	20	1.95	0.81	--	53
3	4.80-6.40	15	1.95	0.59	--	44
4	6.40-10.40	33	1.85	1.33	--	73
5	10.40-15.40	14	1.90	0.54	--	42
6	15.40-16.60	24	1.95	0.95	--	59
7	16.60-17.80	151	2.00	--	33	199
8	17.80-20.00	17	1.95	0.67	--	47

Con:

qc = resistenza media alla punta

γ = peso di volume dei terreni

Cu = coesione non drenata

E = modulo di compressibilità

6. LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Tutta l'area comunale è stata sottoposta a vincoli sia di carattere paesaggistico che di carattere per la tutela relativa alla vulnerabilità e sicurezza del territorio, stralcio del quale è espresso in figura 9, dove sono ben evidenti due fasce, una soggetta a liquefazione potenziale e una soggetta a liquefazione probabile.

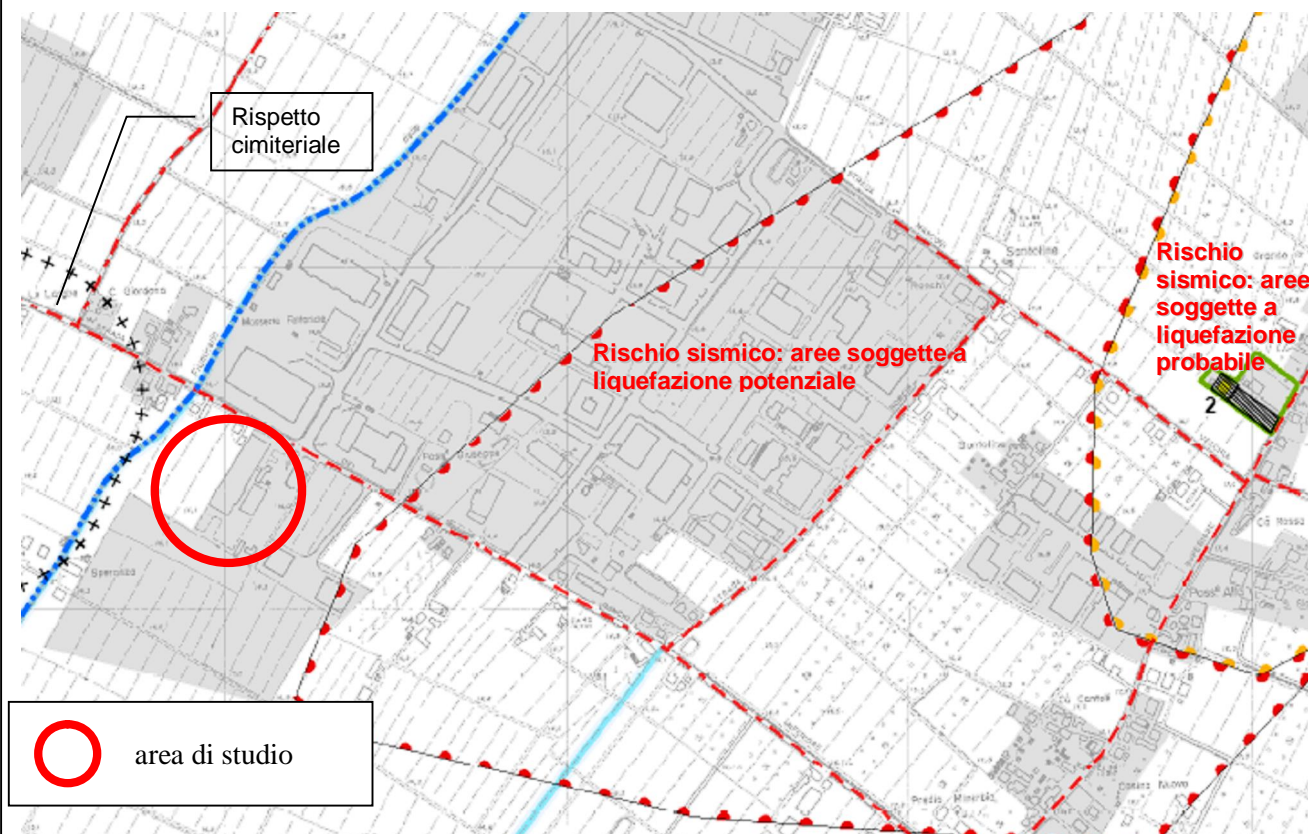


Figura 3: estratto PSC Minerbio: sistema dei vincoli

Nel seguente paragrafo, pur che l'area in oggetto non ricada all'interno delle due fasce di potenziale e/o probabile liquefazione dei suoli, si analizzeranno quegli strati di natura incoerente sotto falda, per il potenziale alla liquefazione.

Dalle prove eseguite risultano nei primi 20.0m due strati potenzialmente liquefacibile, l'orizzonte che si trova a circa -10.00m di profondità tra la CPT2, 3, 4 e uno, di cui comunque non si conosce la continuità laterale perché rilevato solo con la CPT4, spinta ad una profondità maggiore rispetto alle alte prove, compreso tra i -15.0

e i -17.0m circa, questi litologicamente ascrivibile a delle sabbie sabbie-limose mediamente addensate. Ottenuta la categoria di suolo, come da paragrafo 4.1 e che risulta essere un terreno di tipo C, si calcola il potenziale alla liquefazione.

6.1 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Vista la presenza nel sito di indagine di materiali ascrivibili a delle argille sabbioso limose sature, anche se dai risultati delle CPT questi terreni sono più spostati verso i limi, si procede alla valutazione del fenomeno della liquefazione, assumendo come valori di accelerazione quelli esplicitati nel precedente paragrafo.

I metodi semplificati si basano sul rapporto che intercorre fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto; hanno perciò bisogno di valutare i parametri relativi sia all'evento sismico sia al deposito, determinati questi ultimi privilegiando metodi basati su correlazioni della resistenza alla liquefazione con parametri desunti da prove in situ. La resistenza del deposito alla liquefazione viene quindi valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione

$$(1.0)F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

dove CRR (Cyclic Resistance Ratio) indica la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico e CSR (Cyclic Stress Ratio) la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma.

I metodi semplificati proposti differiscono fra loro soprattutto per il modo con cui viene ricavata CRR, la resistenza alla liquefazione. Il parametro maggiormente utilizzato è il numero dei colpi nella prova SPT anche se oggi, con il progredire delle conoscenze, si preferisce valutare il potenziale di liquefazione utilizzando prove statiche (CPT) o prove di misurazione delle onde di taglio Vs. Questi metodi sono in genere utilizzati per la progettazione di opere di media importanza. Il metodo di calcolo del potenziale di liquefazione adottato è:

- Metodo di Robertson e Wride modificato, riferiti ai valori medi delle quattro prove penetrometriche statiche eseguite sia nel 2010 che nel 2017;

6.1 METODO DI ROBERTSON E WRIDE MODIFICATO

DATI GENERALI:

Numero di strati di riferimento = 7

Profondità della falda = 1,0 m

Magnitudo del sisma = 6.0

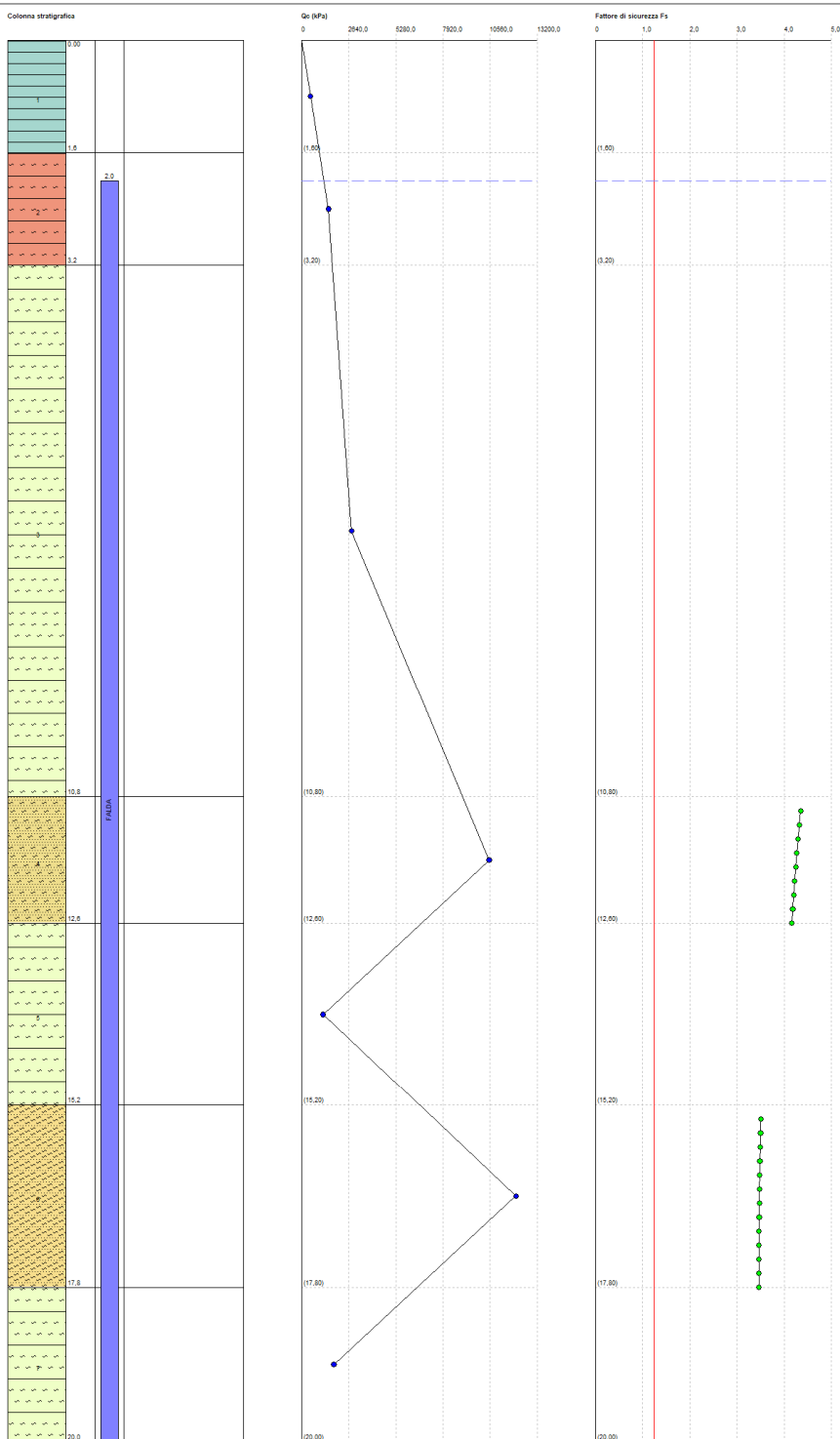
Accelerazione massima al suolo = 0,29

Strato Nr	Descrizione	quota iniziale (m)	quota finale (m)	γ (KN/mc)	resistenza qc (KPa)	resistenza fs (KPa)
1	argilla limosa	0	1,6	18	500	47
2	argille limose	1,6	3,2	19	1500	89
3	limi argillosi	3,2	10,8	19,5	2800	214
4	sabbie limose	10,8	12,6	20	10500	277
5	argille limose	12,6	15,2	19	1200	90
6	sabbie sabb. lim.	15,2	17,8	20	12000	237
7	argille limose	17,8	20	19,5	1800	114

Il grafico di seguito riportato evidenzia la scarsa suscettibilità al fenomeno della liquefazione, ottenendo un fattore di sicurezza maggiore all'unità, pone quindi i terreni analizzati sopra la linea del Fattore di Sicurezza quindi classificandoli come non liquefabili.

Ampliamento di un capannone
Villanova di Castenaso
Via Pedersana 4
NewRubber

1.93



7. CONCLUSIONI

Dall'analisi condotta per la caratterizzazione geologica e idrologica dell'area oggetto di studio, si deduce che principalmente i terreni attraversati dalle prove penetrometriche statiche e per le profondità di progetto raggiunte, risultano essere principalmente di natura coesiva. Ci si trova infatti di fronte ad un'alternanza di strati composti di limi argillosi e/o argille limose. Solo nella porzione più a sud della proprietà, si attraversano due orizzonti di sabbie limose e/o limi sabbiosi; il più superficiale è compreso tra i 10.0 e i 12.0m di profondità dove però in alcuni tratti aumenta la matrice limoso argillosa (CPT4), l'altro strato più profondo si attraversa tra i 15.0 e i 18.0m di profondità, la cui estensione laterale non è nota.

Come evidenziato sia dai valori disaggregati delle prove e dai valori medi ricavati dalle stesse, si nota una discreta correlabilità tra la CPT2, CPT3 e CPT4, così come per i primi metri della CPT1, questo a vantaggio di una coerente fattibilità di progetto.

Ai fini della definizione dell'azione sismica, è stato utilizzato per la classificazione dei terreni, per i primi trenta metri, un lineamento sismico eseguito nel 2010, sul lato più lungo dell'area, facendo ricadere gli stessi nella categoria di suolo C. La definizione della categoria di suolo ha permesso di risalire ai dati sismici per il calcolo della liquefazione dei suoli che risultano non liquefacibili (per il dettaglio si rimanda al paragrafo specifico).

Ideologicamente l'area presenta un livello piezometrico, che per le osservazioni limitate al periodo delle indagini geognostiche, risulta attestarsi ad una quota media di circa -1.0m.

In conclusione da quanto emerso dalle osservazioni geologiche, l'area di progetto risulta comunque idonea, unico accorgimento è per la presenza di acqua a pochi metri dal piano campagna.

Bologna, dicembre 2017

In fede:
(Dott. Geol. Raffaele Sandrelli)



Via A. Costa 82/c
40067 Pianoro-Bologna
+39 051 74 26 11

ALLEGATI

Pianoro (Bo) dicembre 2017

PROVA PENETROMETRICA STATICA**CPT 4****LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

2.01PG05-101

- committente : RENNER Spa
 - lavoro : PSC
 - località : Minerbio-Via Ronchi Inferiore
 - note :

- data : 18/12/2017
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 0,60 m da quota inizio
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	12,0	23,0	12,0	1,27	9,0	10,20	50,0	87,0	50,0	1,53	33,0
0,40	8,0	27,0	8,0	1,20	7,0	10,40	36,0	59,0	36,0	2,20	16,0
0,60	9,0	27,0	9,0	1,20	7,0	10,60	21,0	54,0	21,0	1,27	17,0
0,80	12,0	30,0	12,0	1,07	11,0	10,80	20,0	39,0	20,0	1,07	19,0
1,00	13,0	29,0	13,0	0,87	15,0	11,00	14,0	30,0	14,0	0,53	26,0
1,20	12,0	25,0	12,0	0,93	13,0	11,20	23,0	31,0	23,0	1,73	13,0
1,40	13,0	27,0	13,0	1,13	11,0	11,40	11,0	37,0	11,0	0,80	14,0
1,60	15,0	32,0	15,0	0,93	16,0	11,60	47,0	59,0	47,0	1,13	41,0
1,80	16,0	30,0	16,0	1,27	13,0	11,80	24,0	41,0	24,0	1,47	16,0
2,00	18,0	37,0	18,0	1,20	15,0	12,00	17,0	39,0	17,0	1,33	13,0
2,20	15,0	33,0	15,0	1,53	10,0	12,20	13,0	33,0	13,0	0,87	15,0
2,40	18,0	41,0	18,0	1,47	12,0	12,40	11,0	24,0	11,0	0,67	16,0
2,60	20,0	42,0	20,0	1,47	14,0	12,60	13,0	23,0	13,0	0,93	14,0
2,80	25,0	47,0	25,0	1,73	14,0	12,80	11,0	25,0	11,0	0,67	16,0
3,00	21,0	47,0	21,0	1,60	13,0	13,00	13,0	23,0	13,0	1,00	13,0
3,20	19,0	43,0	19,0	1,53	12,0	13,20	12,0	27,0	12,0	0,93	13,0
3,40	18,0	41,0	18,0	1,40	13,0	13,40	10,0	24,0	10,0	0,87	12,0
3,60	20,0	41,0	20,0	1,47	14,0	13,60	13,0	26,0	13,0	0,93	14,0
3,80	16,0	38,0	16,0	1,40	11,0	13,80	14,0	28,0	14,0	1,07	13,0
4,00	22,0	43,0	22,0	1,60	14,0	14,00	16,0	32,0	16,0	0,93	17,0
4,20	23,0	47,0	23,0	1,93	12,0	14,20	17,0	31,0	17,0	1,20	14,0
4,40	23,0	52,0	23,0	1,93	12,0	14,40	13,0	31,0	13,0	0,87	15,0
4,60	20,0	49,0	20,0	1,93	10,0	14,60	10,0	23,0	10,0	0,87	12,0
4,80	22,0	51,0	22,0	1,80	12,0	14,80	11,0	24,0	11,0	0,80	14,0
5,00	15,0	42,0	15,0	1,13	13,0	15,00	10,0	22,0	10,0	0,67	15,0
5,20	14,0	31,0	14,0	0,87	16,0	15,20	11,0	21,0	11,0	1,00	11,0
5,40	12,0	25,0	12,0	0,67	18,0	15,40	18,0	33,0	18,0	1,27	14,0
5,60	15,0	25,0	15,0	0,73	20,0	15,60	69,0	88,0	69,0	1,80	38,0
5,80	13,0	24,0	13,0	0,67	19,0	15,80	24,0	51,0	24,0	1,40	17,0
6,00	16,0	26,0	16,0	1,00	16,0	16,00	26,0	47,0	26,0	0,80	32,0
6,20	19,0	34,0	19,0	1,40	14,0	16,20	82,0	94,0	82,0	2,47	33,0
6,40	21,0	42,0	21,0	1,67	13,0	16,40	16,0	53,0	16,0	1,20	13,0
6,60	25,0	50,0	25,0	1,73	14,0	16,60	21,0	39,0	21,0	1,80	12,0
6,80	28,0	54,0	28,0	2,07	14,0	16,80	157,0	184,0	157,0	2,27	69,0
7,00	34,0	65,0	34,0	2,27	15,0	17,00	149,0	183,0	149,0	2,27	66,0
7,20	36,0	70,0	36,0	2,47	15,0	17,20	139,0	173,0	139,0	2,73	51,0
7,40	38,0	75,0	38,0	2,47	15,0	17,40	139,0	180,0	139,0	2,87	48,0
7,60	32,0	69,0	32,0	2,67	12,0	17,60	174,0	217,0	174,0	2,13	82,0
7,80	26,0	66,0	26,0	2,13	12,0	17,80	56,0	88,0	56,0	2,40	23,0
8,00	25,0	57,0	25,0	2,07	12,0	18,00	14,0	50,0	14,0	0,93	15,0
8,20	33,0	64,0	33,0	2,40	14,0	18,20	17,0	31,0	17,0	1,00	17,0
8,40	29,0	65,0	29,0	2,07	14,0	18,40	23,0	38,0	23,0	1,20	19,0
8,60	27,0	58,0	27,0	1,40	19,0	18,60	24,0	42,0	24,0	1,07	22,0
8,80	35,0	56,0	35,0	2,13	16,0	18,80	13,0	29,0	13,0	0,87	15,0
9,00	30,0	62,0	30,0	1,40	21,0	19,00	18,0	31,0	18,0	1,27	14,0
9,20	40,0	61,0	40,0	2,00	20,0	19,20	15,0	34,0	15,0	1,20	12,0
9,40	25,0	55,0	25,0	2,00	12,0	19,40	17,0	35,0	17,0	1,07	16,0
9,60	17,0	47,0	17,0	1,33	13,0	19,60	20,0	36,0	20,0	1,40	14,0
9,80	30,0	50,0	30,0	1,93	16,0	19,80	21,0	42,0	21,0	1,20	17,0
10,00	38,0	67,0	38,0	2,47	15,0	20,00	21,0	39,0	21,0	1,33	16,0

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA****CPT 4**

2.01PG05-101

- committente : RENNER Spa
- lavoro : PSC
- località : Minerbio-Via Ronchi Inferiore

- data : 18/12/2017
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 0,60 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 150

