

COMUNE DI ZOLA PREDOSA (BO)

STUDIO GEOLOGICO TECNICO DEI
TERRENI DEL PRIMO SOTTOSUOLO DI
UN'AREA SITA TRA LE VIE COLOMBO
E GARIBALDI, SULLA QUALE È IN
PROGETTO LA REALIZZAZIONE DI
DUE FABBRICATI AD USO CIVILE
ABITAZIONE.

Committente:

– Sig.ri Cini Enrico e Guidetti Grazia



Codice Lavoro: 2018.078/RG

Revisione 0.0 Ottobre 2018

GEO-PROBE

– *Studio Geologico Associato* –

Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051.613.51.18

Email: geoprobe@geo-probe.com

INDICE

1. PREMESSA	1
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3. SITUAZIONE MORFOLOGICA E GEO-LITOLOGICA GENERALE	4
4. INDAGINE GEOGNOSTICA	6
5. LITOLOGIA E CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE DEI TERRENI	9
6. LAVORI IN PROGETTO E SCELTA DEL SISTEMA FONDALE	10
7. MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO.....	11
8. PARAMETRIZZAZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE.....	12
9. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE	14
10. PERICOLOSITÀ E CLASSIFICAZIONE SISMICA	15
11. MODELLAZIONE SISMICA	17
12. RISCHIO DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI.....	23
13. RESISTENZA DI PROGETTO DEI TERRENI IN CONDIZIONI STATICHE	25
14. CONSIDERAZIONI FINALI	29

ALLEGATI:

- *certificati penetrometrie statiche;*
- *diagrammi penetrometrie statiche;*
- *stratigrafie trivellazioni a secco;*
- *indagine sismica;*
- *classificazione orientativa dei terreni attraversati*
(Schmertmann, 1978).

* * *

1. PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto dal Geom. Fabbri Daniele, per conto dei Sig.ri Cini Enrico e Guidetti Grazia, si trasmette, in conformità con le normative vigenti, la seguente relazione geologico-tecnica riguardante lo studio dei terreni del primo sottosuolo di un'area per la quale è in progetto la realizzazione di due fabbricati ad uso civile abitazione.

L'area in esame si ubica tra le vie Colombo e Garibaldi, in Comune di Zola Predosa (BO), (TAV. 1: estratto C.T.R. Scala 1:5.000; elemento n. 220111 – Zola Predosa).

Il presente studio è stato articolato nei seguenti punti:

- a) analisi e descrizione della situazione morfologica e geo-litologica generale;
- b) determinazione della natura dei terreni costituenti il primo sottosuolo;
- c) determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche degli stessi;
- d) caratterizzazione e modellazione geologico-geotecnica del sito;
- e) modellazione sismica dei terreni di fondazione;
- f) valutazione della resistenza di progetto dei terreni di fondazione in condizioni statiche.

TAV. 1 - UBICAZIONE AREA IN ESAME



Area in esame

Scala 1:5.000

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La stesura della seguente relazione è stata compiuta in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento di seguito elencate:

- "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". D.M. 11 Marzo 1988.
- Istruzioni relative alle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". Circ. Min. LL. PP. n. 30483, 24 Settembre 1988.
- AGI: raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, Giugno 1977.
- AGI: raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio, Maggio 1990 (edizione provvisoria).
- Eurocodice Ec7 per l'ingegneria geotecnica, Settembre 1988.
- ISRM International Society for Rock Mechanics: Rock characterization testing and monitoring suggested methods - Commission on Testing Methods; 1981.
- "Norme tecniche per le costruzioni". D.M. 14 Gennaio 2008 (G.U. n. 29 del 04/02/08, supplemento ordinario n. 30).
- Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008. Circolare Cons. Sup. LL.PP. n. 617/2009.
- Delibera dell'Assemblea legislativa Regione Emilia Romagna progr. N. 112 – oggetto n. 3121 del 2 maggio 2007.
- Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna progr. N. 1661/2009 del 2 novembre 2009.
- Ordinanza del Commissario Delegato per la Ricostruzione n. 70 del 13/11/2012.
- "Raccomandazioni per la redazione della relazione geologica ai sensi delle N.C.T." a cura del Centro Studi del C.N.G.
- Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna progr. N. 2193/2015 del 21 dicembre 2015.
- "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni". D.M. 17 Gennaio 2018 (G.U. n. 42 del 20/02/18, supplemento ordinario n. 8).

3. SITUAZIONE MORFOLOGICA E GEO-LITOLOGICA GENERALE

L'area in esame ricade nella zona compresa tra la fascia collinare pedepenninica e l'alta Pianura Padana, caratterizzata da moderate ondulazioni che decrescono progressivamente verso Nord; più esattamente si ubica ad una quota media di 80,00 m s.l.m., in un settore pressoché pianeggiante e/o moderatamente acclive.

Da un punto di vista geo-litologico, secondo quanto riportato nella Carta Geologica che copre il territorio della Regione Emilia – Romagna (TAV. 2 di seguito riportata), l'area oggetto di intervento ricade all'interno dei terreni classificati come appartenenti ai depositi quaternari (**AES8**), costituiti da sedimenti alluvionali fini (argille limose e/o argille sabbiose) e grossolani (ghiaie e sabbie) che si evidenziano a profondità superiori ai 10,00 m.

L'ambiente deposizionale in prossimità della superficie è fluviale continentale con alvei a canali frequenti e con tendenza allo sviluppo di meandri, mentre in profondità passa gradualmente ad ambienti di transizione.

L'insieme è pertanto costituito da lenti a granulometria variabile che sfumano rapidamente le une nelle altre, sia arealmente che verticalmente.

Più a Sud, in prossimità del settore collinare, suddetti depositi vanno a sormontare gli affioramenti pleistocenici della Formazione di Monte Adone (**IMO2**) caratterizzati da sabbie talvolta anche cementate.

Suddette litologie sono a loro volta ricoperte da sedimenti tardo-pleistocenici di modesto spessore caratterizzate a loro volta da litologie ghiaiose passanti a sabbie e limi (**AES7b** - *Subsintema di Vignola*).

In questo settore il controllo sedimentario è stato fortemente influenzato dai forti rigetti verticali delle faglie trascorrenti a vergenza antiappenninica; ciò ha determinato settori con spessori alluvionali piuttosto modesti benché già localizzati in area di conoide e zone con materassi alluvionali di notevole potenza ubicati poco più a Nord dei primi.

L'idrografia superficiale primaria è rappresentata dal Torrente Lavino che sviluppa il proprio corso ad Ovest dell'area in esame ad una distanza di circa 600,00 m, mentre quella secondaria, in parte mascherata dalla forte urbanizzazione, è costituita da piccoli fossi di scolo bordanti le zone coltivate, che raccolgono le acque di precipitazione eccessive per incanalarle verso i collettori principali.

TAV. 2 - CARTA GEO-LITOLOGICA



Area in esame

Scala 1:5.000

AES8 *Subsintema di Ravenna;*AES7b *Subsintema di Vignola;*FAA *Argille Azzurre.*

4. INDAGINE GEOGNOSTICA

Nell'area interessata dall'intervento, allo scopo di verificare la successione stratigrafica che caratterizza i terreni del primo sottosuolo e valutare le caratteristiche fisico meccaniche degli stessi, è stata eseguita un'indagine geognostica in sito, inoltre vengono utilizzati i risultati di un'indagine sismica locale eseguita nelle vicinanze, al fine di determinare il parametro V_{seq} e classificare la categoria di sottosuolo.

4.1. Indagine geognostica in sito

L'indagine geognostica in sito, eseguita dalla Geo-Probe S.r.l., è consistita nell'esecuzione di n. 5 penetrometrie statiche con punta meccanica (CPT) che, rispetto al p.c. attuale, hanno raggiunto profondità variabili da 8,80 m a 9,20 m e n. 2 sondaggio con il metodo della trivellazione a secco della lunghezza di 3,50 m.

I punti di indagine sono stati posizionati in corrispondenza delle aree oggetto di intervento; l'esatta ubicazione degli stessi viene riportata di seguito nella TAV. 3.

Il penetrometro statico utilizzato, montato su Unimog Mercedes 400L con cella di carico da 200 kN, impiega una punta conica con apertura di 60° e superficie di 10 cm² per la misurazione della resistenza alla punta ed un manicotto di frizione (*friction jacket*) della superficie di 150 cm² per la misurazione dell'attrito laterale locale (punta meccanica tipo *Begemann*).

I risultati delle penetrometrie statiche vengono rappresentati in forma diagrammatica nelle apposite tavole allegate, dove viene riportato il valore q_c (resistenza alla punta), il valore f_s (resistenza attrito laterale locale), espressi rispettivamente in MPa e kPa, ed il rapporto R_f che orientativamente ci permette una classificazione dei terreni attraversati (*Schmertmann J.H.*, 1978).

Le suddette letture vengono eseguite per avanzamenti di 20 cm.

Le trivellazioni a secco sono state eseguite mediante aste elicoidali del diametro di 120 mm mosse da propulsore idraulico montato a retro dell'autocarro Mercedes; le stratigrafie ottenute vengono riportate in allegato negli appositi moduli.

4.2. Indagine sismica

Allo scopo di definire la frequenza di risonanza dei terreni e la velocità media delle onde sismiche di taglio V_s , vengono utilizzati i risultati di un'indagine sismica locale eseguita mediante metodologia di sismica passiva con misura del Rumore Sismico Passivo (microtremori) immediatamente a Nord dell'area in esame.

Lo strumento utilizzato è il tromografo digitale Tromino prodotto dalla Micromed S.p.A.; si tratta di un sismografo di dimensioni molto contenute che contiene tre sensori elettrodinamici ortogonali (velocimetri) che permettono la registrazione del microtemore nel campo di frequenze compreso tra 0 e 256 Hz.

Il metodo di indagine utilizzato è quello a stazione singola dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (HVSR).

Il segnale di microtremore, dopo essere stato acquisito dai tre velocimetri, ad una frequenza di campionamento di 128Hz per un intervallo di tempo di 20', amplificato e digitalizzato a 24 bit equivalenti, viene suddiviso in intervalli di pochi secondi e mediante il software Grilla per ogni intervallo viene eseguita un'analisi spettrale nelle tre componenti e il calcolo dei rapporti spettrali H/V.

Il valore di tale rapporto è direttamente correlato alla frequenza di risonanza determinata dal passaggio tra due strati con una differenza significativa del contrasto di impedenza mentre la frequenza di risonanza è legata allo spessore e alla velocità delle onde di taglio V_s dalla relazione:

$$f_i = V_{si}/4h_i$$

dove:

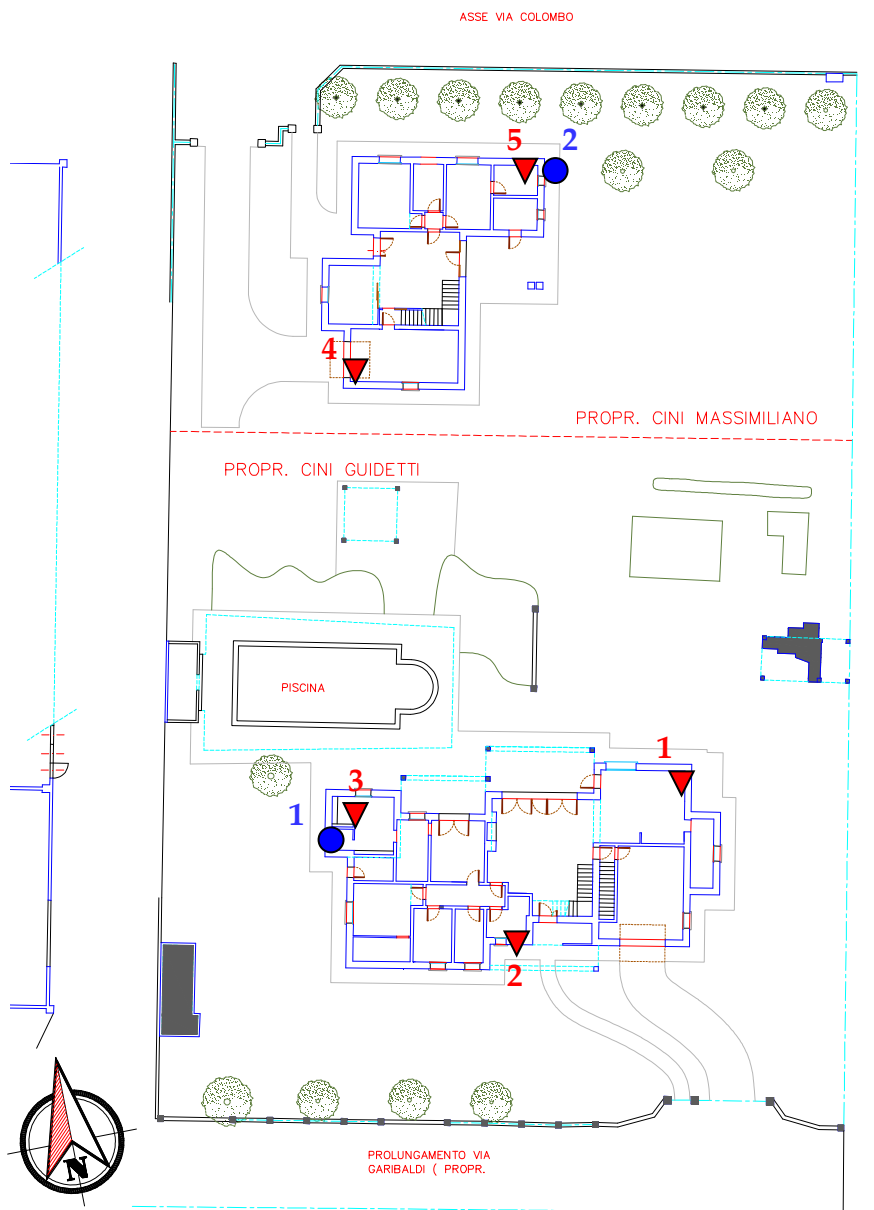
f_i = frequenza dello strato i -esimo;

V_{si} = velocità delle onde S dello strato i -esimo;

h_i = spessore dello strato i -esimo.

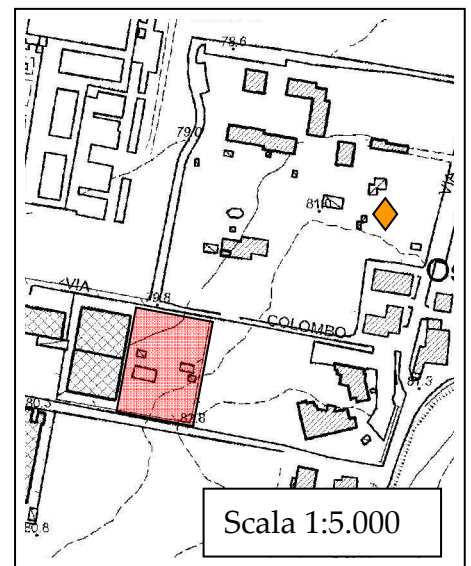
I risultati dell'indagine sismica vengono restituiti in forma diagrammatica nelle apposite tavole allegate, dove vengono riportati gli spettri delle singole componenti del moto, le curve relative al rapporto spettrale orizzontale su verticale H/V e il grafico V_s /profondità.

TAV. 3 - UBICAZIONE INDAGINE GEOGNOSTICA



Scala 1:500

- ▼ Penetrometrie statiche
- Trivellazioni a secco
- ◆ Indagine sismica



5. LITOLOGIA E CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE DEI TERRENI

L'indagine geognostica eseguita ci consente di ricostruire con discreta precisione la litologia del primo sottosuolo e di valutare le caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati.

Schematicamente possiamo ricostruire la seguente successione stratigrafica:

al tetto, al di sotto di un orizzonte di terreno di riporto dello spessore medio di $0,75 \div 0,80$ m, sono inizialmente presenti dei limi argillosi e/o viceversa di colore da nocciola a giallo ocraceo, di consistenza da plastica ($q_c = 1,0 \div 1,9$ MPa; $R_f = 4,3 \div 6,7$ %) a plastico dura ($q_c = 2,0 \div 3,4$ MPa; $R_f = 4,2 \div 5,6$ %), con i valori più bassi misurati nella fascia meridionale, ed umidità media, che nella fascia Nord (CPT 4 e 5) sino a $2,40 \div 2,60$ m assumono una consistenza da dura a molto dura ($q_c = 5,1 \div 8,1$ MPa; $R_f = 3,9 \div 5,6$ %) presumibilmente sovraconsolidati per essiccazione.

I suddetti terreni da una profondità variabile da $6,80$ m a $8,00$ m circa sono sopportati da ghiaie di addensamento da medio a medio buono ($q_c = 17,0 \div 39,2$ MPa; $R_f = 0,5 \div 0,7$ %) in matrice sabbiosa, localmente preceduti da una sottile lente sabbiosa di addensamento da medio a medio buono ($q_c = 4,0 \div 8,4$ MPa; $R_f = 1,2 \div 1,6$ %).

Al termine dell'indagine sino alla profondità raggiunta non è stata rilevata la presenza di falde freatiche di superficie e/o circolazioni idriche localizzate; indagini limitrofe hanno evidenziato la presenza di acqua a profondità mediamente superiori a $15,00 \div 18,00$ m.

Per un maggiore dettaglio in allegato, oltre alle stratigrafie delle trivellazioni a secco, viene riportata la litologia dei terreni del primo sottosuolo rilevata in corrispondenza delle penetrometrie statiche e ricostruita mediante la teoria dello *Schmertmann* (1978).

6. LAVORI IN PROGETTO E SCELTA DEL SISTEMA FONDALE

Si tratta della realizzazione di due fabbricati ad uso civile abitazione; di pianta articolata, presentano uno sviluppo verticale dato da un interrato, un primo piano ed un sottotetto mansardato.

Nell'area di intervento non si prevedono sostanziali variazioni morfologiche, conseguentemente il p.c. fine lavori corrisponderà approssimativamente a quello attuale.

L'indagine geognostica ha evidenziato come la litologia del primo sottosuolo, al di sotto di un orizzonte di terreno di riporto dello spessore medio di $0,75 \div 0,80$ m, sino ad una profondità di $6,80 \div 7,60$ m risulta caratterizzata dalla presenza di limi argillosi e/o viceversa di consistenza da plastica a plastico dura, con i valori più bassi misurati nella fascia meridionale, ed umidità media, che nella fascia Nord sino a $2,40 \div 2,60$ m assumono una consistenza da dura a molto dura presumibilmente sovraconsolidati per essiccazione.

In considerazione della tipologia di intervento e delle caratteristiche fisico meccaniche che contraddistinguono i terreni del primo sottosuolo si ritiene che per i due fabbricati in progetto possa essere adottato un sistema fondale diretto nastro-forme, che in considerazione della presenza di un piano interrato, rispetto al p.c. attuale si attesterà ad una profondità di circa 3,50 m.

Durante la fase di scavo per la realizzazione dell'interrato potrà essere adottato un angolo di scarpata dell'ordine di $55 \div 60^\circ$, avendo cura di proteggere le pareti di scavo mediante teli impermeabili, in modo da evitare scoscendimenti in corrispondenza dei terreni superficiali, specie a seguito di precipitazioni particolarmente copiose e persistenti.

7. MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

La caratterizzazione geotecnica del sito viene fatta ricostruendo un modello in termini di unità geotecniche del volume significativo del terreno inteso come la parte di sottosuolo influenzata direttamente o indirettamente dalla costruzione dell'opera e che influenza l'opera stessa.

Ciascuna unità geotecnica (U.G.) è ottenuta correlando i dati stratigrafici e i dati di resistenza misurati nel corso dell'indagine geognostica in modo da suddividere il volume significativo in elementi omogenei.

Sulla base dei risultati dell'indagine geognostica è possibile distinguere il terreno secondo le unità geotecniche indicate nella tabella successiva.

U.G.	Profondità m da p.c.		Litologia prevalente	qc MPa	γ (kN/mc)	Cu (kPa)	φ (°)	Dr (%)
	da	a						
0	0,00	0,75÷0,80	R	-	-	-	-	-
A	0,75÷0,80	6,80÷7,60	LA/AL	1,0÷3,4	19,1÷19,3	50÷145	-	0
A1	0,75	2,40÷2,60	LA/AL	5,1÷8,1	19,5÷19,8	200÷320	-	
B	6,80÷8,00	fine indag.	G/GS	17,0÷39,2	18,5	0	38÷44	80÷95
B1	7,20÷7,40	7,40÷8,00	S/SL	4,0÷8,4	18,5÷18,6	0	30÷34	35÷55

R = terreno di riporto;

LA/AL = limi argillosi e/o viceversa;

G/GS = ghiaie in matrice sabbiosa;

S/SL = sabbie limose.

8. PARAMETRIZZAZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE

Sulla base dei risultati dell'indagine geognostica è stato possibile suddividere il volume significativo di terreno in unità geotecniche, delle quali di seguito, vengono definiti i parametri geomeccanici.

Unità geotecnica 0

È costituita da terreno di riporto e si evidenzia sino ad una profondità media di 0,75÷0,80 m dal p.c. attuale.

Unità geotecnica A

È costituita da limi argillosi e/o viceversa di consistenza da plastica a plastico dura ed umidità media.

L'unità A si evidenzia da 0,75÷0,80 m sino ad una profondità variabile da 6,80 m a 7,60 m dal p.c. attuale, ed è caratterizzata dai parametri geotecnici medi riportati in tabella.

Verticale	qc (MPa)	γ (kN/mc)	Cu (kPa)	φ (°)
CPT 1	1,8	19,2	90	-
CPT 2	1,5	19,2	75	-
CPT 3	2,0	19,2	100	-
CPT 4	2,2	19,2	105	-
CPT 5	3,0	19,3	130	-

Unità geotecnica A1

È costituita da limi argillosi e/o viceversa di consistenza da dura a molto dura ed umidità medio scarsa.

L'unità A1 si evidenzia nella fascia Nord da 0,75 m sino ad una profondità di 2,40÷2,60 m dal p.c. attuale, ed è caratterizzata dai parametri geotecnici medi riportati in tabella.

Verticale	qc (MPa)	γ (kN/mc)	Cu (kPa)	φ (°)
CPT 4	6,1	19,6	240	-
CPT 2	6,3	19,6	250	-

Unità geotecnica B

È costituita da ghiaie in matrice sabbiosa di addensamento da medio a medio buono ed umidità presumibilmente medio scarsa.

L'unità B si evidenzia, da 6,80÷8,00 m dal p.c. sino alla profondità indagata, ed è caratterizzata dai parametri geotecnici medi riportati in tabella.

Verticale	qc (MPa)	γ (kN/mc)	Cu (kPa)	φ (°)
CPT 1	30,7	18,5	0	40
CPT 2	28,5	18,5	0	39
CPT 3	32,5	18,5	0	40
CPT 4	31,4	18,5	0	40
CPT 5	27,6	18,5	0	39

Unità geotecnica B1

È costituita da sabbie variabilmente limose di addensamento da medio a medio buono, di umidità presumibilmente medio scarsa.

L'unità B1 si evidenzia localmente da 7,20÷7,40 m sino ad una profondità media variabile da 7,40 m a 8,00 m dal p.c. attuale, ed è caratterizzata dai parametri geotecnici medi riportati in tabella.

Verticale	qc (MPa)	γ (kN/mc)	Cu (kPa)	φ (°)
CPT 1	8,4	18,5	0	34
CPT 4	4,4	18,5	0	31
CPT 5	4,9	18,5	0	31

9. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Nel sito di indagine è stata effettuata una misura di microtremore della durata di 20', allo scopo di definire le frequenze di risonanza fondamentali dei terreni del sottosuolo e, tramite inversione, di ricostruire il modello di sottosuolo in termini di profondità e velocità delle onde di taglio.

L'indagine sismica è stata condotta su terreno naturale duro e asciutto in condizioni meteo buone, in presenza di vento di debole entità tale da non creare disturbo durante la registrazione.

Gli spettri delle singole componenti del moto non mostrano particolari andamenti imputabili a fonti di rumore antropico; anche l'accoppiamento dello strumento con il terreno risulta di buona qualità, dato che le tre curve presentano un andamento concordante, pertanto i picchi evidenziati nel diagramma HVSR sono da considerarsi naturali.

Il diagramma HVSR mostra un picco a 9,1 Hz, generato dal contrasto di impedenza dovuto al passaggio tra i terreni argillosi di superficie e le sottostanti ghiaie evidenziato ad una profondità media di 8,00÷8,20 m.

Tale picco è stato utilizzato per ancorare il diagramma H/V ai dati stratigrafici ricavando una curva H/V teorica che consente di stimare l'andamento della velocità sismica lungo la verticale indagata.

La definizione dei sismostrati in termini di velocità delle onde di taglio permettono di calcolare il parametro V_{seq} richiesto dall'attuale normativa, secondo l'equazione:

$$V_{seq} = H / \sum (h_i / V_{si})$$

dove:

H= profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s;

h_i = spessore dello strato i -esimo;

V_{si} = velocità dello strato i -esimo.

Nel caso in esame per i valori considerati i terreni del primo sottosuolo con riferimento al p.c., presentano una V_{seq} pari a 327 m/s.

La frequenza caratteristica di risonanza del sito, ricavabile dal diagramma HVSR rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di doppia risonanza.

10. PERICOLOSITÀ E CLASSIFICAZIONE SISMICA

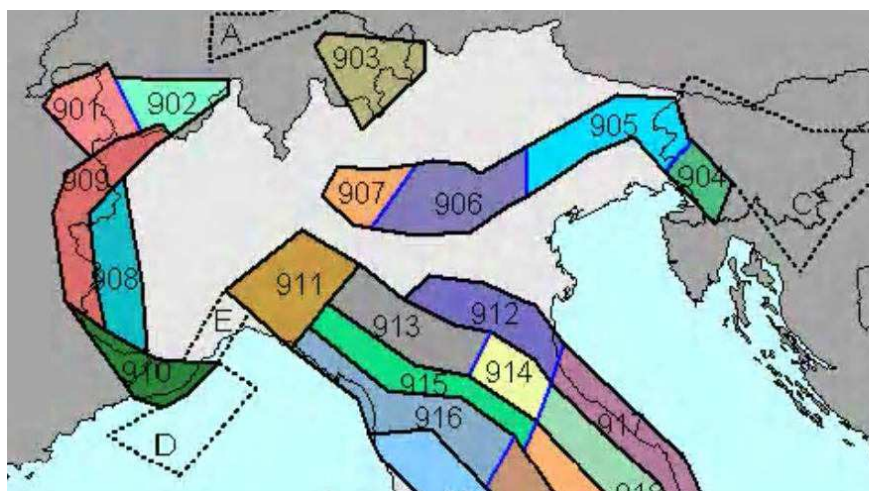
La pericolosità e il rischio sismico del territorio nazionale sono stati affrontati dal Servizio Sismico Nazionale utilizzando il calcolo probabilistico di Cornell, in grado di considerare tutte le possibili sorgenti influenzanti di un sisma.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni ideali di sito di riferimento con superficie topografica orizzontale di categoria A.

Il Comune di Zola Predosa (TAV. 4 – Mappa di pericolosità sismica) presenta un'accelerazione al suolo tipo A con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni $PGA = 0,150 - 0,175g$.

La Magnitudo dell'area si ottiene, come riportato negli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica – Gruppo di Lavoro MS 2008" sulla base della zonazione sismogenetica ZS 9, secondo la quale la sismicità può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una magnitudo massima.

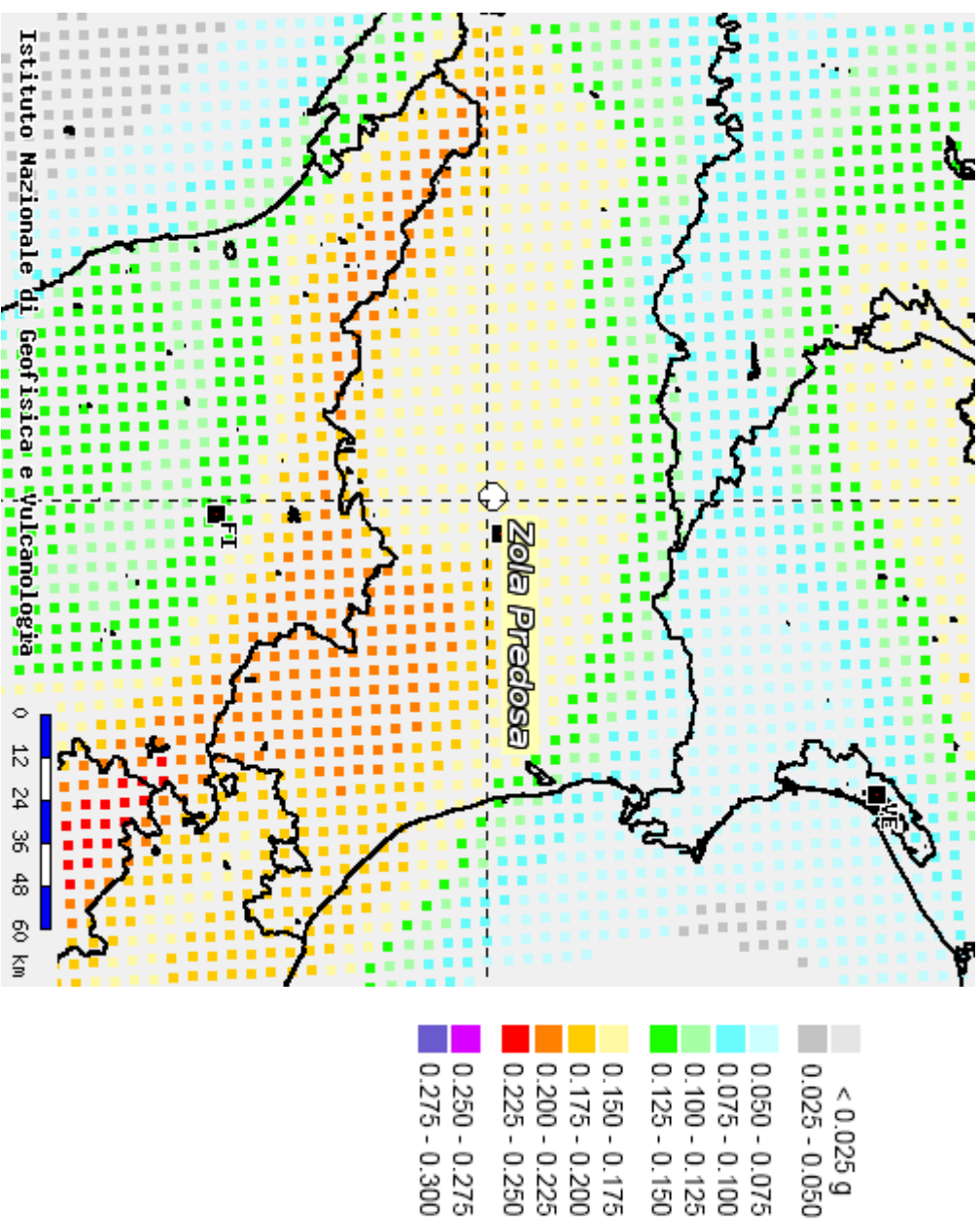
Come evidenziato dalla mappa delle zone sismogenetiche di cui si riporta uno stralcio, l'Emilia Romagna ricade nelle zone 911-914 alle quali è attribuito un valore di M pari a 6,14.



La pericolosità sismica in un generico sito viene definita in termini di valori di accelerazione orizzontale massima e di spettri di risposta nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale, in corrispondenza dei punti di un reticolo e per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno ricadenti in un intervallo di riferimento compreso tra 30 e 2475 anni.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presenti nel sito in esame e della morfologia di superficie.

TAV. 4 – MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA



11. MODELLAZIONE SISMICA

11.1. Vita nominale

La vita nominale di progetto di un'opera (V_N) è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La vita nominale delle diverse tipologie di opere è riportata nella seguente tabella.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per diversi tipi di costruzione

TIPI DI COSTRUZIONE		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Nell'area in esame sono previste opere tipo "2" "per le quali si prevede una vita nominale V_N minima di 50 anni.

11.2. Classi d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso distinte nel modo seguente:

<i>Classe I</i>	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli
<i>Classe II</i>	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
<i>Classe III</i>	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
<i>Classe IV</i>	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B di cui al D.M. 5/11/2001 n. 6792 "Norme funzionali e geotecniche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e impianti di produzione di energia elettrica.

Ad ogni classe d'uso è associato un coefficiente come da tabella seguente:

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_u

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

Le opere da realizzare nell'area in esame, sono relative alla Classe II, pertanto alle stesse è associato un coefficiente d'uso pari a $C_u = 1,0$

11.3. Periodo di riferimento

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione sono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_u :

$$V_R = V_N \cdot C_u$$

Per il sito in esame il periodo di riferimento è pari a $V_R = 50$ anni.

11.4. Azione sismica

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

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

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nella seguente tabella vengono riportati i suddetti parametri elaborati per il sito in esame (individuato dalle coordinate WGS84 Lat. 44.482187; Long. 11.226728), considerando un periodo di riferimento per l'azione sismica (VR) di 50 anni, in relazione al periodo di ritorno e agli stati limite di esercizio e agli stati limite ultimi e relative probabilità di superamento.

Stato limite		PVR (%)	TR (anni)	ag (g)	Fo (-)	Tc* (s)
Stati limite di esercizio	SLO	81	30	0,054	2,487	0,257
	SLD	63	50	0,066	2,491	0,270
Stati limite ultimi	SLV	10	475	0,163	2,389	0,306
	SLC	5	975	0,207	2,415	0,315

11.5. Categoria di sottosuolo

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche e dai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio Vseq (in m/s) definita dalla espressione:

$$V_{Seq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{Si}}}$$

con:

hi = spessore dell'i-esimo strato;

Vsi = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;

H= profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio Vseq è definita dal parametro Vs30, ottenuto ponendo H = 30 nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II, di seguito riportata:

Tab. 3.2.II – *Categoria di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Come evidenziato dalla relazione sismica allegata, i terreni del primo sottosuolo sono caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, e al p.c. presentano una V_{seq} pari a circa 281 m/sec, pertanto ricadono nella Categoria C, che comprende “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30,0 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*”

In considerazione di quanto sopra non si ritiene necessario un'analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

11.6. Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale mentre per configurazioni semplici può essere adottata la seguente classificazione.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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 $i > 30^\circ$

11.7. Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti S_s e C_c valgono 1; per le altre categorie vengono calcolati in funzione di a_g , F_0 e T_c^* mediante le espressioni fornite nella seguente tabella.

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,4 - 0,4 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,7 - 0,6 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,4 - 1,50 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Per il sito in esame otteniamo:

Stato limite	S_s	C_c
SLO	1,500	1,644
SLD	1,500	1,617
SLV	1,466	1,551
SLC	1,400	1,537

11.8. Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.V, in funzione della categoria topografiche e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tab. 3.2.V – Valori massimi dei coefficienti di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove S_T assume il valore massimo riportato nella Tab. 3.2.V, fino alla base, dove S_T assume un valore unitario.

L'area in esame si pone in corrispondenza di una fascia pressoché pianeggiante, perciò si configura una categoria topografica tipo T1 cui è associato un coefficiente di amplificazione topografica pari a 1,0.

11.9 Accelerazione massima al sito

L'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata mediante la relazione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = (S_s \cdot S_T) \cdot a_g$$

Nel nostro caso per i parametri considerati in precedenza e per lo stato limite SLV si ottiene un valore pari a 2,344 m/sec².

11.10 Coefficiente sismico orizzontale e verticale

Il coefficiente sismico orizzontale si ottiene mediante la relazione:

$$k_h = \frac{\beta_s \times a_{\max}}{g}$$

dove:

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito ricavabile dalla sottostante tabella.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g (g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Nel nostro caso assumendo un valore di β_s pari a 0,24, si ottiene un coefficiente sismico orizzontale (k_h) pari a 0,057.

Il coefficiente sismico verticale (k_v) si ottiene mediante la relazione:

$$k_v = 0,5 k_h = 0,0285$$

12. RISCHIO DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

In occasione di un evento sismico particolare attenzione deve essere posta nella liquefazione dei terreni, ovvero la fluidificazione degli stessi con perdita improvvisa della resistenza al taglio, tendenza all'addensamento e conseguente riduzione di volume.

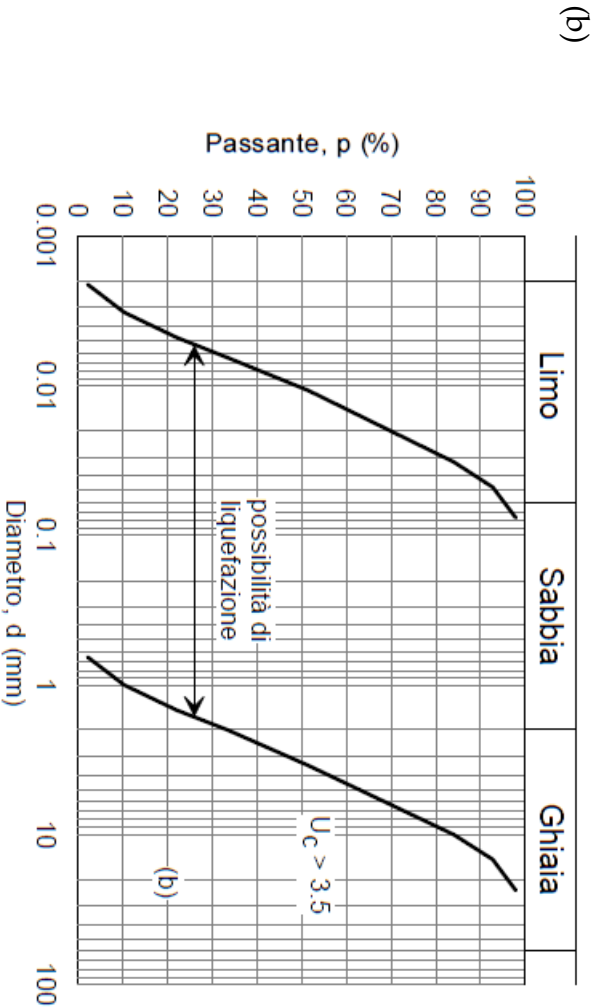
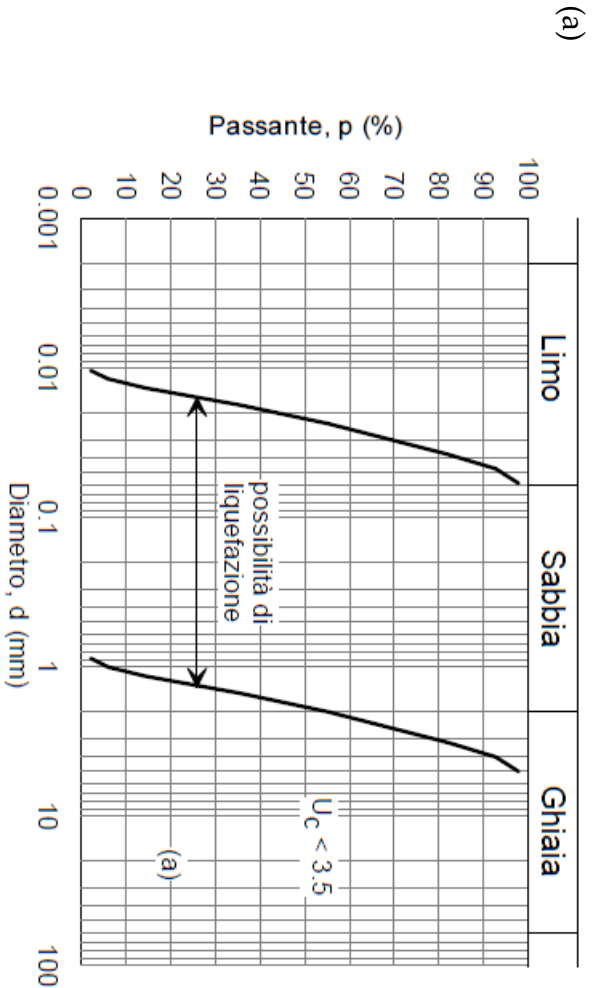
La verifica alla liquefazione può essere omessa quando risulta soddisfatta almeno uno delle seguenti circostanze come da N.T.C. 7.11.3.4.2:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5; come visto in precedenza sulla base degli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica – Gruppo di Lavoro MS 2008" le valutazioni vengono effettuate utilizzando la magnitudo massima attestata di 6,14 (*non soddisfatta*).
2. Accelerazione massima attesa al p.c. in condizioni di campo libero minore di 0,1g; nel nostro caso $a_{max} = F.A. \cdot a_g = 0,239g$ (*non soddisfatta*).

Quando le condizioni 1 e 2 non risultano soddisfatte, le indagini devono essere finalizzate alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle successive condizioni:

3. Profondità media stagionale della falda superiore a 15,00 m dal p.c., per p.c. suborizzontale e strutture con fondazioni superficiali; nel nostro caso al termine dell'indagine all'interno dei fori di prova non è stata rilevata la presenza di falde freatiche e/o circolazioni idriche localizzare; indagini limitrofe hanno evidenziato la presenza di acqua a profondità mediamente superiori a 18,00÷20,00m, (*soddisfatta*);
4. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $(q_{cln}) > 180$; le prove eseguite hanno evidenziato come la litologia di superficie è essenzialmente caratterizzata dalla presenza di terreni argillosi e limosi, sopportati a partire da 7,50÷8,00 m da ghiaie ben addensate (*soddisfatta*).
5. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U < 3,5$ ed in figura (b) per terreni con $U > 3,5$; a livello operativo l'applicazione di questo criterio implica l'esecuzione di un sondaggio con prelievo di campioni di sabbia satura.

Essendo soddisfatta almeno una delle seguenti circostanze come da N.T.C. 7.11.3.4.2, la verifica viene omessa.



13. RESISTENZA DI PROGETTO DEI TERRENI IN CONDIZIONI STATICHE

In accordo con le NTC sono stati effettuati i calcoli della resistenza allo stato limite ultimo (SLU).

Secondo la Normativa la valutazione del grado di sicurezza si ottiene adottando il "Metodo semiprobabilistico dei coefficienti parziali" e verificando la relazione:

$$Ed \leq Rd$$

dove:

Ed: valore di progetto dell'azione o degli effetti dell'azione nelle varie combinazioni di calcolo;

Rd: valore di progetto della resistenza del terreno.

La verifica del valore di progetto della resistenza del terreno viene eseguita secondo la teoria proposta da *Brinch-Hansen* (1970), estensione dell'equazione di *Buisman* (1935) e *Terzaghi* (1943), basata sulle seguenti ipotesi:

- omogeneità ed isotropia del terreno;
- non resistenza del terreno agli sforzi tensionali di trazione;
- rigidità infinita della struttura di fondazione rispetto al terreno.

Per le considerazioni suddette la formula di *Brinch-Hansen* viene ad assumere la seguente struttura:

$$R_d = (1/2 \gamma' B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma z_\gamma + c' N_c s_c d_c i_c g_c b_c z_c + q' N_q s_q d_q i_q g_q b_q z_q) r_g / \gamma_R$$

dove:

γ' = peso di volume del terreno posto al disotto della fondazione;

B = larghezza della fondazione;

N_γ ; N_c ; N_q = fattori di capacità portante dipendenti dall'angolo di resistenza al taglio;

c' = coesione del terreno;

$q = (\gamma \cdot D)$ = sovraccarico agente ai bordi della fondazione dove γ è il peso di volume del terreno e D è l'incastro della fondazione;

s_γ ; s_c ; s_q = fattori di forma della fondazione;

d_γ ; d_c ; d_q = fattori di profondità della fondazione;

i_γ ; i_c ; i_q = fattori inclinazione carico sulla fondazione;

g_γ ; g_c ; g_q = fattori dipendenti dall'inclinazione del terreno;

b_γ ; b_c ; b_q = fattori dipendenti dall'inclinazione della fondazione;

$z\gamma$; z_c ; z_q = fattori correzione sismico inerziale;

r_g = fattore riduttivo applicato per elevati valori di B (Bowles);

γ_R = coefficiente parziale per la verifica agli stati ultimi di fondazioni superficiali.

Per quanto in progetto si ipotizza l'adozione di un sistema fondale diretto nastriforme attestato ad una profondità di circa 3,50 m dal p.c. attuale, pertanto i terreni interessati dall'intervento sono rappresentati dai limi argillosi di consistenza da plastica a plastico dura.

Trovandoci in presenza di terreni prevalentemente coesivi la verifica della capacità portante degli stessi viene eseguita in condizioni non drenate (condizioni più critiche); in questo caso l'angolo di attrito interno del terreno (φ) viene considerato uguale a zero e la resistenza al taglio totale viene affidata alla sola coesione non drenata il cui valore viene ricavato empiricamente mediante la relazione:

$$C_u = \frac{q_{c_m} - \sigma'_{vo}}{N_{cp}}$$

dove:

q_{c_m} = valore medio di resistenza meccanica del terreno posto al disotto del piano di posa delle fondazioni;

σ'_{vo} = tensione verticale efficace;

N_{cp} = coefficiente adimensionale funzione della litologia e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni.

Per le condizioni suddette la formula di *Brinch-Hansen*, non considerando i fattori correttivi che tengono conto dell'approfondimento della fondazione, ipotizzando il piano di posa della fondazione orizzontale, che il carico trasmesso sulla stessa risulti centrato, e per una inclinazione del terreno $\beta = 16$, si riduce a:

$$R_d = (cud \cdot N_c \cdot z_c \cdot s_c \cdot g_c + q) \cdot r_g / \gamma_R$$

dove:

cud = coesione non drenata di progetto;

$N_c = (2 + \pi)$ = fattore capacità portante;

z_c = fattore correzione sismico inerziale;

s_c = fattore di forma della fondazione; pari a $1 + 0,2 \cdot (B/L)$;

g_c = fattore dipendente dall'inclinazione del terreno;

$q = (\gamma \cdot D)$ = sovraccarico agente ai bordi della fondazione; dove γ è il peso di volume del terreno e D è l'incastro della fondazione;

r_g = fattore riduttivo applicato per elevati valori di B (Bowles), pari a $1 - 0,25 \log_{10}(B/2)$; per valori di $B < 2$ m, lo stesso si assume unitario;

Per la verifica del valore di progetto della capacità portante del terreno, la normativa prevede l'utilizzo di valori di progetto (V_d) ottenuti applicando, ai valori caratteristici (V_k), dei coefficienti parziali riduttivi funzione della tipologia di Approccio utilizzata.

Per i calcoli della resistenza allo stato limite ultimo (SLU) verrà utilizzato sia l'Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2), che risulta dimensionante per le verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite di tipo geotecnico, che l'Approccio 2 (A1+M1+R3).

Nella tabella seguente vengono riportati i coefficienti parziali riduttivi previsti dalla normativa per i parametri geotecnici del terreno.

Tabella 6.2.II

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE		
		γ_M	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,00	1,00

Il valore caratteristico della coesione non drenata (c_{uk}), trovandoci in presenza di una fondazione rigida cui è associata un importante volume significativo di terreno, è definito come il 5° percentile della distribuzione lognormale della media dei dati delle verticali indagate nel volume di influenza, al quale viene applicato il coefficiente M1 o M2 previsto dalla Normativa per ottenere il valore di c_{ud} .

Per tener conto degli effetti inerziali indotti dal sisma viene introdotto il fattore correttivo z_c ottenuto dalla formula:

$$z_c = 1 - 0,32 \cdot kh$$

dove:

kh = coefficiente sismico orizzontale.

Per un valore di kh pari a 0,057, si ottiene un valore di z_c pari a 0,982.

Il valore γ_R (coefficiente parziale per la verifica agli stati ultimi di fondazioni superficiali) si ricava dalla seguente tabella:

Tabella 6.4.I

Verifica	Coefficiente parziale (R1)	Coefficiente parziale (R2)	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

Nel nostro caso, non considerando la superficie efficace della fondazione, otteniamo:

- Fondazione diretta nastriforme ($B < 2,50$ m)

- *Proprietà Cini – Guidetti*

- *Approccio 2 ($A1+M1+R3$)*

$$c_{uk} = 60 \text{ kN/m}^2;$$

$$c_{ud} = 60,0 \text{ kN/m}^2;$$

$$z_c = 0,982;$$

$$s_c = 1,0;$$

$$q = 19,2 \text{ kN/m}^2;$$

$$r_g = 1,0;$$

$$\gamma_R = 2,3.$$

$$R_d = (60,0 \cdot 5,14 \cdot 0,982 \cdot 1,0 + 19,2) \cdot 1,0/2,3 = 140,0 \text{ kN/m}^2$$

- *Proprietà Cini Massimiliano*

- *Approccio 2 ($A1+M1+R3$)*

$$c_{uk} = 80 \text{ kN/m}^2;$$

$$c_{ud} = 80,0 \text{ kN/m}^2;$$

$$z_c = 0,982;$$

$$s_c = 1,0;$$

$$q = 19,2 \text{ kN/m}^2;$$

$$r_g = 1,0;$$

$$\gamma_R = 2,3.$$

$$R_d = (80,0 \cdot 5,14 \cdot 0,982 \cdot 1,0 + 19,2) \cdot 1,0/2,3 = 183,9 \text{ kN/m}^2$$

Sarà cura del progettista, sulla base della conoscenza dei parametri, della geometria e delle azioni di progetto, la verifica della disequazione $E_d < R_d$ per entrambi gli approcci considerati.

14. CONSIDERAZIONI FINALI

L'area in esame ricade nella zona compresa tra la fascia collinare pedepenninica e l'alta Pianura Padana, caratterizzata da moderate ondulazioni che decrescono progressivamente verso Nord; più esattamente si ubica ad una quota media di 80,00 m s.l.m., in un settore pressoché pianeggiante e/o moderatamente acclive.

La litologia del primo sottosuolo al tetto, al di sotto di un orizzonte di terreno di riporto dello spessore medio di $0,75 \div 0,80$ m, risulta inizialmente caratterizzata dalla presenza di limi argillosi e/o viceversa di colore da nocciola a giallo ocreo, di consistenza da plastica ($q_c = 1,0 \div 1,9$ MPa; $R_f = 4,3 \div 6,7$ %) a plastico dura ($q_c = 2,0 \div 3,4$ MPa; $R_f = 4,2 \div 5,6$ %), con i valori più bassi misurati nella fascia meridionale, ed umidità media, che nella fascia Nord sino a $2,40 \div 2,60$ m assumono una consistenza da dura a molto dura ($q_c = 5,1 \div 8,1$ MPa; $R_f = 3,9 \div 5,6$ %) presumibilmente sovraconsolidati per essiccazione.

I suddetti terreni da una profondità variabile da 6,80 m a 8,00 m circa sono sopportati da ghiaie di addensamento da medio a medio buono ($q_c = 17,0 \div 39,2$ MPa; $R_f = 0,5 \div 0,7$ %) in matrice sabbiosa, localmente preceduti da una sottile lente sabbiosa di addensamento da medio a medio buono ($q_c = 4,0 \div 8,4$ MPa; $R_f = 1,2 \div 1,6$ %).

Al termine dell'indagine sino alla profondità raggiunta non è stata rilevata la presenza di falde freatiche di superficie e/o circolazioni idriche localizzate; indagini limitrofe hanno evidenziato la presenza di acqua a profondità mediamente superiori a $15,00 \div 18,00$ m.

In considerazione della tipologia di intervento e delle caratteristiche fisico meccaniche che contraddistinguono i terreni del primo sottosuolo si ritiene che per i due fabbricati in progetto possa essere adottato un sistema fondale diretto nastri-forme, che in considerazione della presenza di un piano interrato, rispetto al p.c. attuale si attesterà ad una profondità di circa 3,50 m.

I terreni del primo sottosuolo sono caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, e al p.c. presentano una V_{seq} pari a circa 281 m/sec, pertanto ricadono nella Categoria C, che comprende *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30,0 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

In considerazione di quanto sopra non si ritiene necessario un'analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Nell'area in esame sedimenti potenzialmente liquefabili sono inesistenti, essendo la litologia di superficie rappresentata essenzialmente da limi ed argille di

buona consistenza sopportati a partire da 7,50÷8,00 m da ghiaie ben addensate non interessate da circolazioni idriche.

Durante la fase di scavo per la realizzazione dell'interrato potrà essere adottato un angolo di scarpata dell'ordine di 55÷60°, avendo cura di proteggere le pareti di scavo mediante teli impermeabili, in modo da evitare scoscendimenti in corrispondenza dei terreni superficiali, specie a seguito di precipitazioni particolarmente copiose e persistenti.

I terreni limo argillosi presenti all'ipotizzato piano di fondazione nella fascia meridionale (proprietà Cini - Guidetti) nel caso di un sistema fondale diretto nastriforme, non considerando la superficie efficace dello stesso, consentono valori di resistenza di progetto dell'ordine di 140,0 kN/m² (Approccio 2), mentre nella fascia Nord (proprietà Cini Massimiliano), sempre per le stesse condizioni, consentono valori di resistenza di progetto dell'ordine di 183,9 kN/m² (Approccio 2).

In considerazione di quanto sopra si può pertanto affermare che da un punto di vista geologico, seguendo le prescrizioni riportate in precedenza, non vi è nulla che impedisca la realizzazione di quanto in progetto.

Casalecchio di Reno, 01 Ottobre 2018



ALLEGATI

Indagine geognostica

2018.078/RG

Committente: Cini - Guidetti

Rapporto di prova N°: **18.0697 /RSP**

Località : Zola Predosa (BO)

Cantiere : via Colombo - via Garibaldi

Data prova: 27/09/2018

n° prova : 1

Quota: --

Profondità falda : assente

Codice lavoro: 2018.115

Attrezzatura: Penetrometro da 100 kN

Procedura di prova: --

Note:

L1 kg/cm²	L2 kg/cm²	qc MPa	fs kPa	qc/fs -	Rf %
18		1.76	52.32	34	2.96
12	20	1.18	78.48	15	6.67
19	31	1.86	78.48	24	4.21
32	44	3.14	98.10	32	3.13
34	49	3.33	98.10	34	2.94
19	34	1.86	91.56	20	4.92
26	40	2.55	104.64	24	4.11
16	32	1.57	85.02	18	5.42
22	35	2.16	111.18	19	5.15
21	38	2.06	104.64	20	5.08
24	40	2.35	124.26	19	5.28
17	36	1.67	98.10	17	5.89
18	33	1.76	117.72	15	6.67
20	38	1.96	98.10	20	5.00
21	36	2.06	91.56	22	4.45
19	33	1.86	98.10	19	5.27
14	29	1.37	85.02	16	6.19
11	24	1.08	65.40	16	6.06
10	20	0.98	58.86	17	6.00
16	25	1.57	85.02	18	5.42
10	23	0.98	45.78	21	4.67
11	18	1.08	58.86	18	5.46
12	21	1.18	65.40	18	5.56
16	26	1.57	85.02	18	5.42
15	28	1.47	71.94	20	4.89
14	25	1.37	78.48	17	5.72
13	25	1.27	78.48	16	6.16
16	28	1.57	91.56	17	5.84
16	30	1.57	91.56	17	5.84
20	34	1.96	85.02	23	4.34
21	34	2.06	104.64	20	5.08
24	40	2.35	91.56	26	3.89
86	100	8.43	98.10	86	1.16
186	201	18.24	117.72	155	0.65
352	370	34.51	13.08	2638	0.04
400	402	39.22			8,0 m

Revisione	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
0	27/09/2018	Dr. Conti	Dr. Luca Conti

Commitente:

Cini - Guidetti

Rapporto di prova N°:

18.0698 /RSP

Località :

Zola Predosa (BO)

Cantiere :

via Colombo - via Garibaldi

Data prova:

27/09/2018

n° prova :

2

Quota:

--

Profondità falda :

assente

Codice lavoro:

2018.115

Attrezzatura:

Penetrometro da 100 kN

Procedura di prova:

--

Note:

L1 kg/cm²	L2 kg/cm²	qc MPa	fs kPa	qc/fs -	Rf %
19		1.86	111.18	17	5.97
18	35	1.76	91.56	19	5.19
18	32	1.76	26.16	67	1.48
26	30	2.55	98.10	26	3.85
15	30	1.47	98.10	15	6.67
15	30	1.47	85.02	17	5.78
17	30	1.67	111.18	15	6.67
16	33	1.57	85.02	18	5.42
19	32	1.86	117.72	16	6.32
15	33	1.47	85.02	17	5.78
14	27	1.37	65.40	21	4.76
19	29	1.86	91.56	20	4.92
14	28	1.37	65.40	21	4.76
16	26	1.57	98.10	16	6.25
16	31	1.57	85.02	18	5.42
15	28	1.47	85.02	17	5.78
11	24	1.08	58.86	18	5.46
10	19	0.98	58.86	17	6.00
13	22	1.27	71.94	18	5.64
13	24	1.27	78.48	16	6.16
11	23	1.08	71.94	15	6.67
12	23	1.18	71.94	16	6.11
10	21	0.98	58.86	17	6.00
16	25	1.57	98.10	16	6.25
13	28	1.27	71.94	18	5.64
15	26	1.47	78.48	19	5.34
14	26	1.37	58.86	23	4.29
15	24	1.47	91.56	16	6.23
16	30	1.57	71.94	22	4.59
16	27	1.57	71.94	22	4.59
15	26	1.47	78.48	19	5.34
24	36	2.35	150.42	16	6.39
19	42	1.86	98.10	19	5.27
19	34	1.86	117.72	16	6.32
221	239	21.67	130.80	166	0.60
370	390	36.27	215.82	168	0.59
87	120	8.53	124.26	69	1.46
325	344	31.86	189.66	168	0.60
400	429	39.22			

Revisione	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
0	27/09/2018	Dr. Conti	Dr. Luca Conti

Committente:

Cini - Guidetti

Rapporto di prova N°:

18.0699 /RSP

Località :

Zola Predosa (BO)

Cantiere :

via Colombo - via Garibaldi

Data prova:

27/09/2018

n° prova :

3

Quota:

--

Profondità falda :

assente

Codice lavoro:

2018.115

Attrezzatura:

Penetrometro da 100 kN

Procedura di prova:

--

Note:

L1	L2	qc	fs	qc/fs	Rf
kg/cm²	kg/cm²	MPa	kPa	-	%

14		1.37	85.02	16	6.19	1,0 m
18	31	1.76	91.56	19	5.19	
29	43	2.84	91.56	31	3.22	
42	56	4.12	117.72	35	2.86	
32	50	3.14	124.26	25	3.96	2,0 m
29	48	2.84	117.72	24	4.14	
31	49	3.04	117.72	26	3.87	
28	46	2.75	150.42	18	5.48	
25	48	2.45	130.80	19	5.34	
22	42	2.16	104.64	21	4.85	3,0 m
22	38	2.16	130.80	16	6.06	
21	41	2.06	117.72	17	5.72	
20	38	1.96	104.64	19	5.34	
18	34	1.76	85.02	21	4.82	
22	35	2.16	91.56	24	4.25	4,0 m
24	38	2.35	104.64	22	4.45	
14	30	1.37	85.02	16	6.19	
13	26	1.27	65.40	19	5.13	
17	27	1.67	85.02	20	5.10	
14	27	1.37	78.48	17	5.72	5,0 m
13	25	1.27	78.48	16	6.16	
17	29	1.67	85.02	20	5.10	
18	31	1.76	91.56	19	5.19	
19	33	1.86	104.64	18	5.62	
13	29	1.27	71.94	18	5.64	6,0 m
28	39	2.75	111.18	25	4.05	
16	33	1.57	85.02	18	5.42	
22	35	2.16	91.56	24	4.25	
21	35	2.06	85.02	24	4.13	
318	331	31.18	189.66	164	0.61	7,0 m
276	305	27.06	156.96	172	0.58	
400	424	39.22				

Revisione	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
0	27/09/2018	Dr. Conti	Dr. Luca Conti

Rapporto di prova N°:

18.0700 /RSP

Committente: Cini - Guidetti
Località : Zola Predosa (BO)
Cantiere : via Colombo - via Garibaldi
n° prova : 4
Profondità falda : assente
Attrezzatura: Penetrometro da 100 kN
Note: ---

Data prova: 27/09/2018
Quota: --
Codice lavoro: 2018.115
Procedura di prova: --

L1	L2	qc	fs	qc/fs	Rf
kg/cm²	kg/cm²	MPa	kPa	-	%
52	77	5.10	143.88	35	2.82
55	77	5.39	143.88	37	2.67
52	74	5.10	156.96	32	3.08
49	73	4.80	150.42	32	3.13
58	81	5.69	196.20	29	3.45
1.0 m					
64	94	6.27	268.14	23	4.27
72	113	7.06	274.68	26	3.89
64	106	6.27	248.52	25	3.96
59	97	5.78	281.22	21	4.86
62	105	6.08	287.76	21	4.73
2.0 m					
58	102	5.69	215.82	26	3.80
40	73	3.92	170.04	23	4.34
23	49	2.25	124.26	18	5.51
26	45	2.55	130.80	19	5.13
23	43	2.25	124.26	18	5.51
3.0 m					
20	39	1.96	117.72	17	6.00
19	37	1.86	98.10	19	5.27
16	31	1.57	78.48	20	5.00
18	30	1.76	91.56	19	5.19
17	31	1.67	78.48	21	4.71
4.0 m					
17	29	1.67	85.02	20	5.10
17	30	1.67	78.48	21	4.71
20	32	1.96	98.10	20	5.00
22	37	2.16	104.64	21	4.85
21	37	2.06	117.72	17	5.72
5.0 m					
17	35	1.67	91.56	18	5.49
23	37	2.25	104.64	22	4.64
32	48	3.14	117.72	27	3.75
28	46	2.75	130.80	21	4.76
29	49	2.84	117.72	24	4.14
6.0 m					
20	38	1.96	104.64	19	5.34
22	38	2.16	117.72	18	5.46
21	39	2.06	58.86	35	2.86
50	59	4.90	91.56	54	1.87
31	45	3.04	104.64	29	3.44
7.0 m					
29	45	2.84	137.34	21	4.83
20	41	1.96	98.10	20	5.00
42	57	4.12	71.94	57	1.75
30	41	2.94	85.02	35	2.89
49	62	4.80	65.40	73	1.36
8.0 m					
250	260	24.51	130.80	187	0.53
390	410	38.24			

Revisione	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
0	27/09/2018	Dr. Conti	Dr. Luca Conti

Committente:

Cini - Guidetti

Rapporto di prova N°:

18.0701 /RSP

Località :

Zola Predosa (BO)

Cantiere :

via Colombo - via Garibaldi

n° prova :

5

Data prova:

27/09/2018

Profondità falda :

assente

Quota:

--

Attrezzatura:

Penetrometro da 100 kN

Codice lavoro:

2018.115

Procedura di prova:

--

Note:

L1 kg/cm²	L2 kg/cm²	qc MPa	fs kPa	qc/fs -	Rf %	
39		3.82	215.82	18	5.64	
46	79	4.51	170.04	27	3.77	
42	68	4.12	150.42	27	3.65	
34	57	3.33	137.34	24	4.12	
61	82	5.98	307.38	19	5.14	1,0 m
62	109	6.08	268.14	23	4.41	
73	114	7.16	294.30	24	4.11	
81	126	7.94	313.92	25	3.95	
83	131	8.14	300.84	27	3.70	
59	105	5.78	268.14	22	4.64	2,0 m
57	98	5.59	281.22	20	5.03	
53	96	5.20	274.68	19	5.29	
52	94	5.10	248.52	21	4.87	
30	68	2.94	156.96	19	5.34	
31	55	3.04	170.04	18	5.59	3,0 m
26	52	2.55	143.88	18	5.64	
25	47	2.45	124.26	20	5.07	
27	46	2.65	143.88	18	5.44	
33	55	3.24	150.42	22	4.65	
35	58	3.43	156.96	22	4.57	4,0 m
31	55	3.04	150.42	20	4.95	
23	46	2.25	124.26	18	5.51	
22	41	2.16	104.64	21	4.85	
30	46	2.94	111.18	26	3.78	
31	48	3.04	98.10	31	3.23	5,0 m
37	52	3.63	124.26	29	3.43	
35	54	3.43	104.64	33	3.05	
30	46	2.94	104.64	28	3.56	
37	53	3.63	156.96	23	4.33	
35	59	3.43	176.58	19	5.15	6,0 m
28	55	2.75	163.50	17	5.96	
34	59	3.33	150.42	22	4.51	
35	58	3.43	150.42	23	4.38	
26	49	2.55	117.72	22	4.62	
43	61	4.22	163.50	26	3.88	7,0 m
34	59	3.33	124.26	27	3.73	
69	88	6.76	111.18	61	1.64	
40	57	3.92	78.48	50	2.00	
46	58	4.51	78.48	57	1.74	
43	55	4.22	71.94	59	1.71	8,0 m
174	185	17.06	98.10	174	0.58	
390	405	38.24				

Revisione	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
0	27/09/2018	Dr. Conti	Dr. Luca Conti

GEO-PROBE S.r.l.

- Indagini Geognostiche -

40033 CASALECCHIO DI RENO

Via Cimarosa, 119 - Tel. 051/61.33.072

C P T (CONE PENETRATION TEST)

N. 1

Rapporto di Prova N° **18.0697 /RSP**

Committente : Cini - Guidetti

Località : Zola Predosa (BO)

via Colombo - via Garibaldi

Attrezzatura : Penetrometro da 100 kN

Quota: --

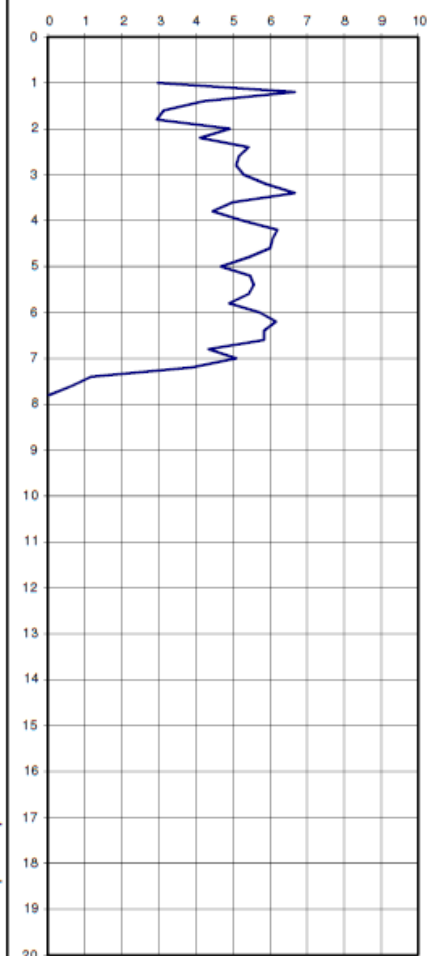
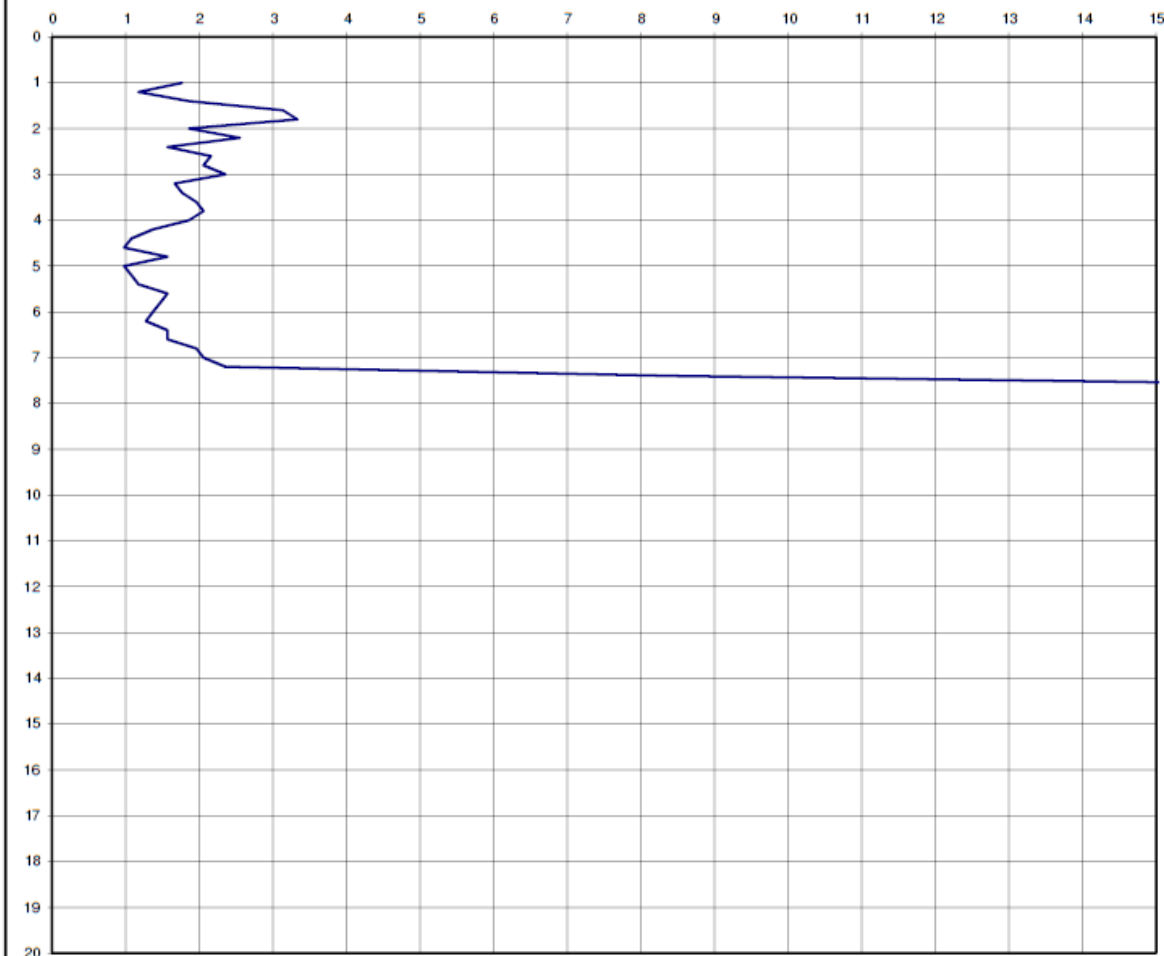
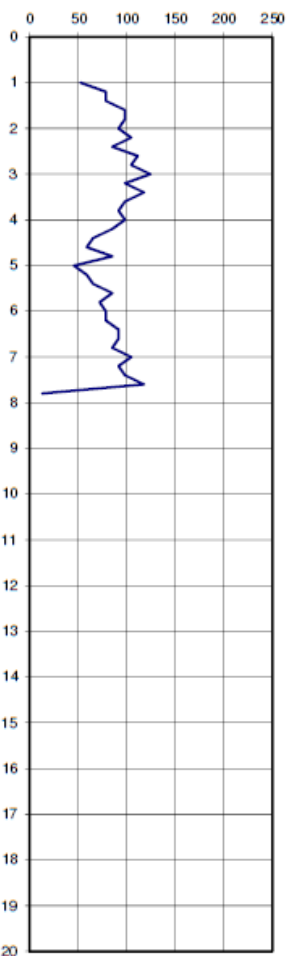
Data prova : 27/09/2018

Codice lavoro : 2018.115

fs resistenza laterale (kPa)

qc resistenza alla punta (MPa)

Rf (%)



Note: ---

Procedura di prova	Normativa di riferimento	Rev.	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
--	--	0	27/09/2018	Dr. Conti	Dr. Luca Conti

GEO-PROBE S.r.l. Indagini Geognostiche

GEO-PROBE S.r.l.

- Indagini Geognostiche -

40033 CASALECCHIO DI RENO

Via Cimarosa, 119 - Tel. 051/61.33.072

CPT (CONE PENETRATION TEST)**N. 2**

Committente : Cini - Guidetti

Località : Zola Predosa (BO)

via Colombo - via Garibaldi

Attrezzatura : Penetrometro da 100 kN

Rapporto di Prova N°: **18.0698 /RSP**

Quota: --

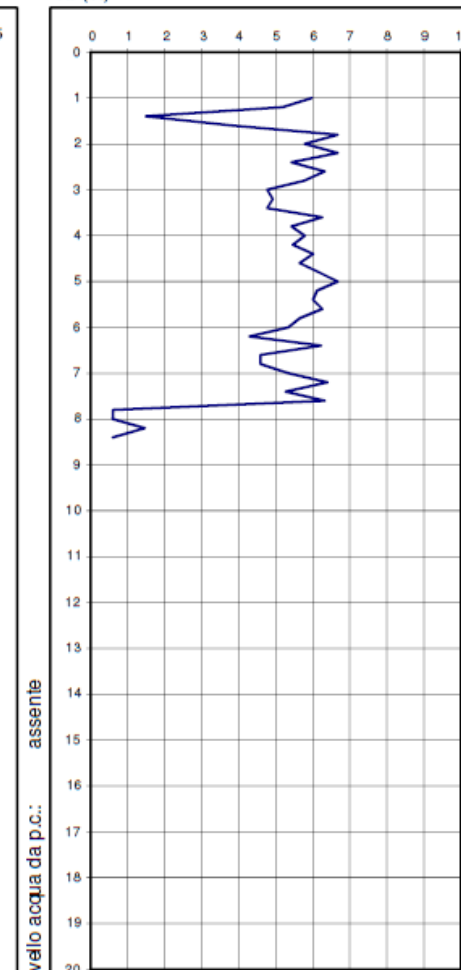
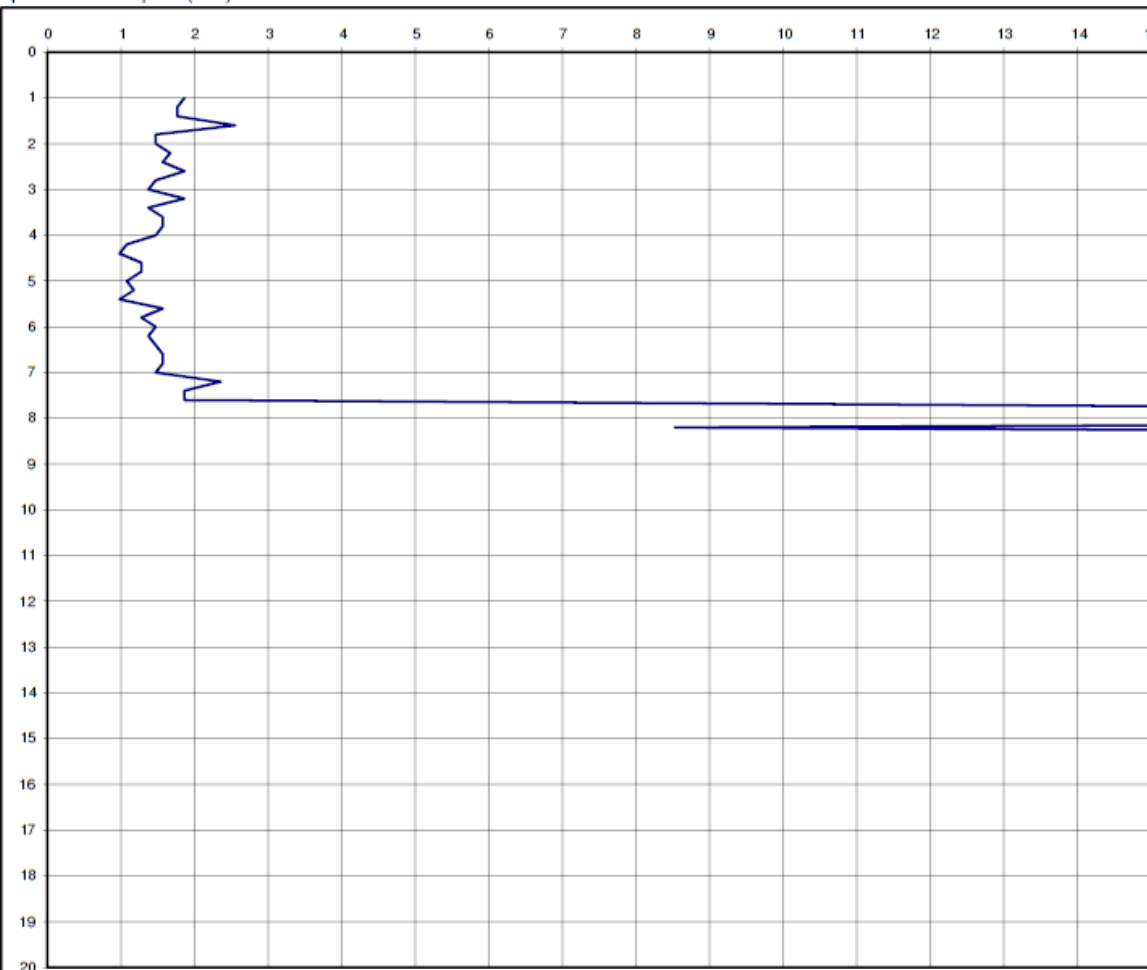
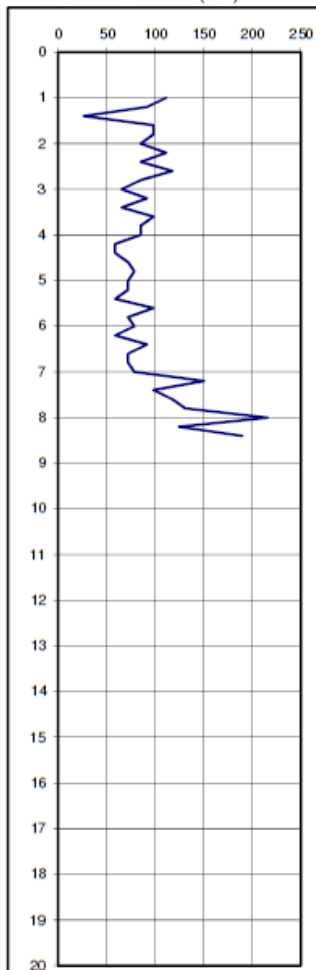
Data prova : 27/09/2018

Codice lavoro: 2018.115

fs resistenza laterale (kPa)

qc resistenza alla punta (MPa)

Rf (%)



Note: ---

Livello acqua da p.c.: assente

Procedura di prova	Normativa di riferimento	Rev.	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
--	--	0	27/09/2018	Dr. Conti	Dr. Luca Conti

GEO-PROBE S.r.l. Indagini Geognostiche

GEO-PROBE S.r.l. Indagini Geognostiche

GEO-PROBE S.r.l.

- Indagini Geognostiche -

40033 CASALECCHIO DI RENO

Via Cimarosa, 119 - Tel. 051/61.33.072

CPT (CONE PENETRATION TEST)

N. 3

Committente : Cini - Guidetti

Località : Zola Predosa (BO)

via Colombo - via Garibaldi

Attrezzatura : Penetrometro da 100 kN

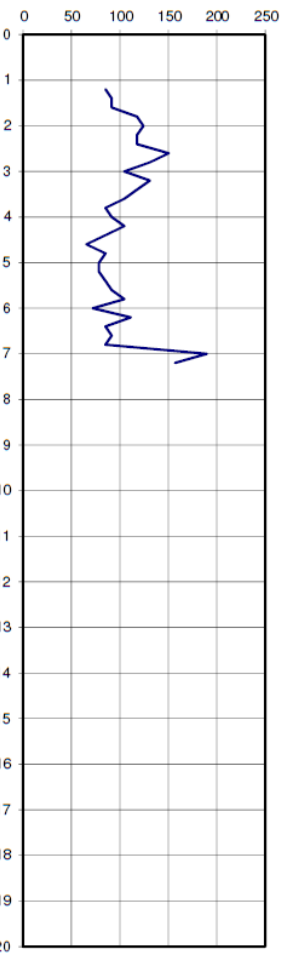
Rapporto di Prova N°: **18.0699 /RSP**

Quota: --

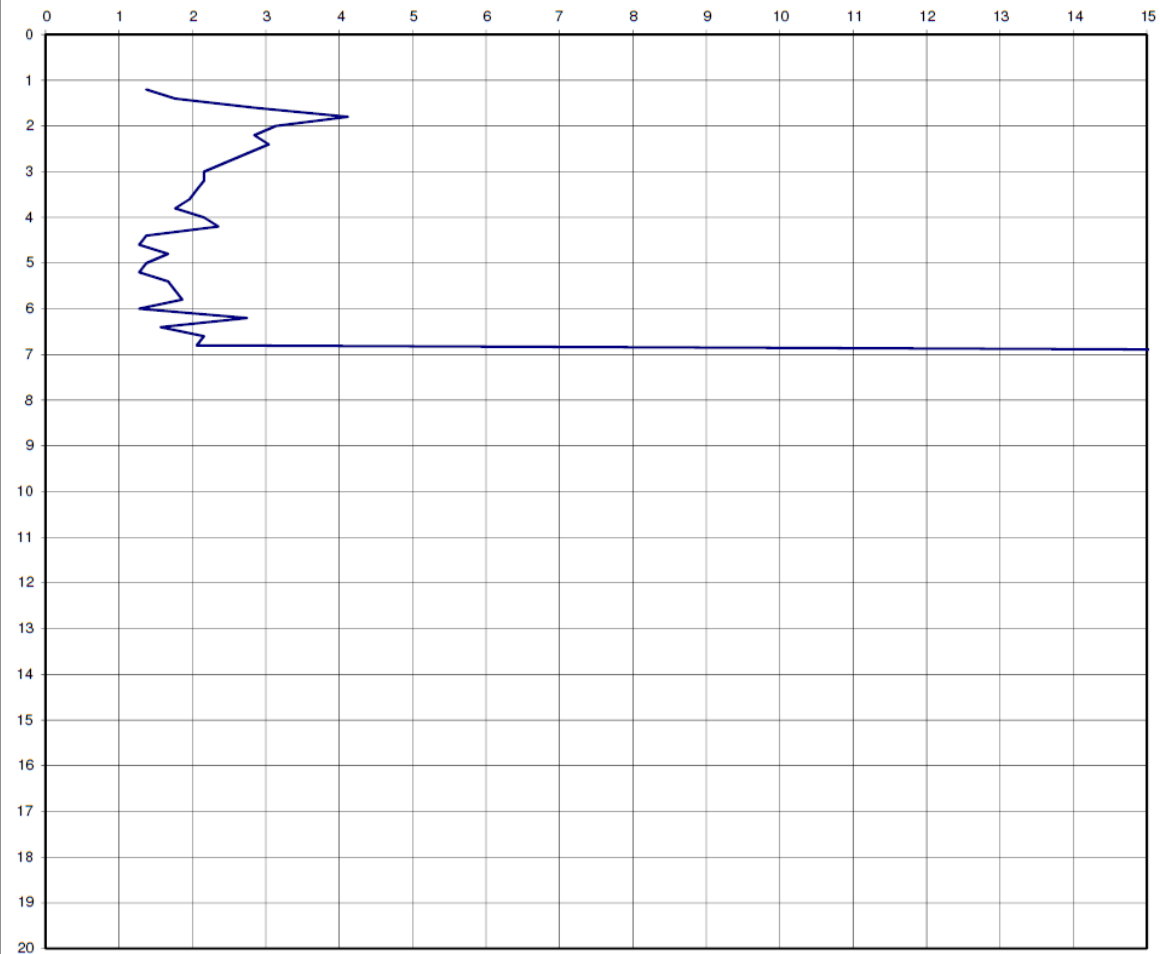
Data prova : 27/09/2018

Codice lavoro: 2018.115

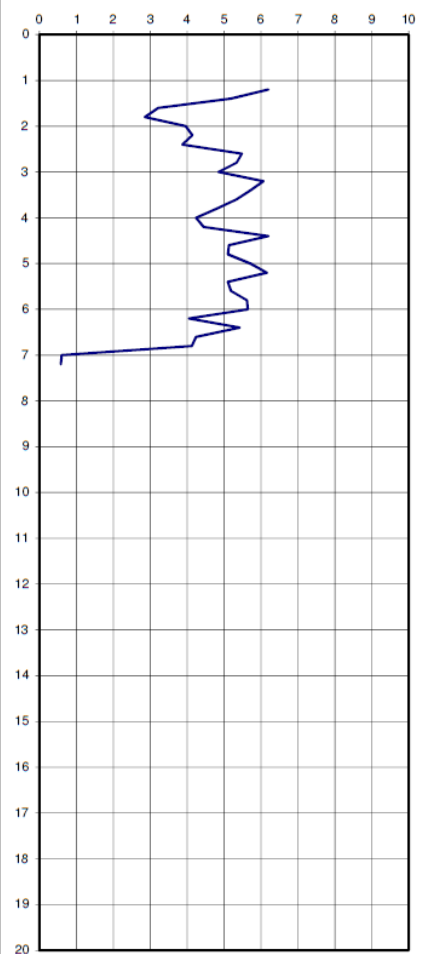
fs resistenza laterale (kPa)



qc resistenza alla punta (MPa)



Rf (%)



Livello acqua da p.c.: assente

Note: ---

Procedura di prova	Normativa di riferimento	Rev.	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
--	--	0	27/09/2018	Dr. Conti	Dr. Luca Conti

GEO-PROBE S.r.l.

- Indagini Geognostiche -

40033 CASALECCHIO DI RENO

Via Cimarosa, 119 - Tel. 051/61.33.072

CPT (CONE PENETRATION TEST)**N. 4**Rapporto di Prova N°: **18.0700 /RSP**

Committente : Cini - Guidetti

Località : Zola Predosa (BO)

via Colombo - via Garibaldi

Quota: --

Data prova : 27/09/2018

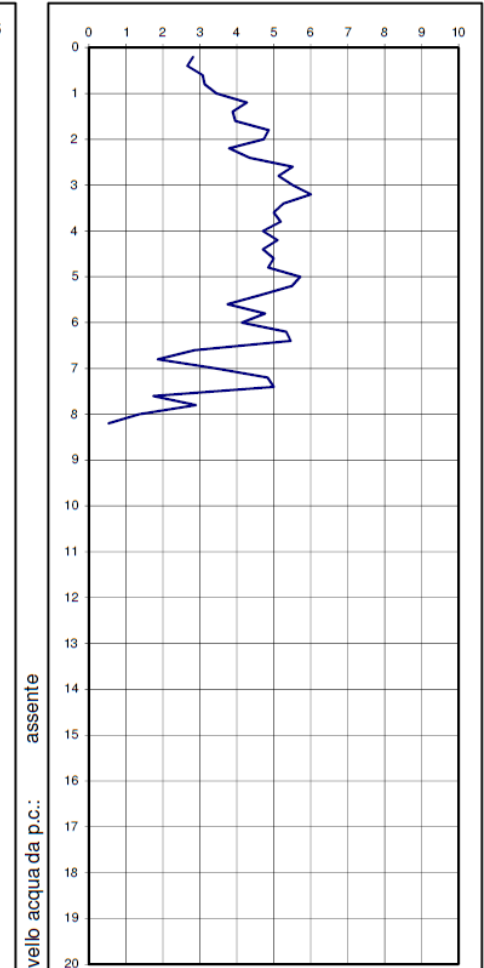
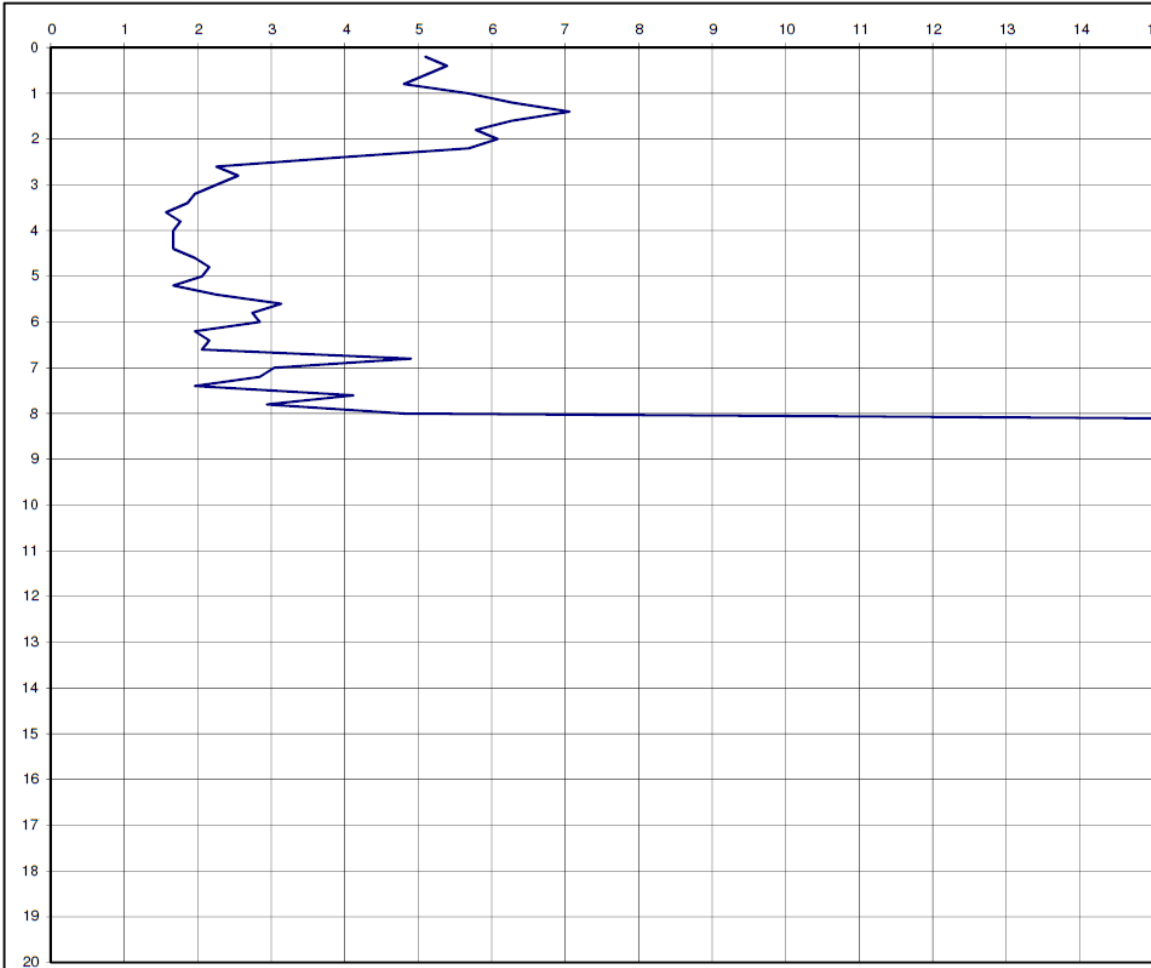
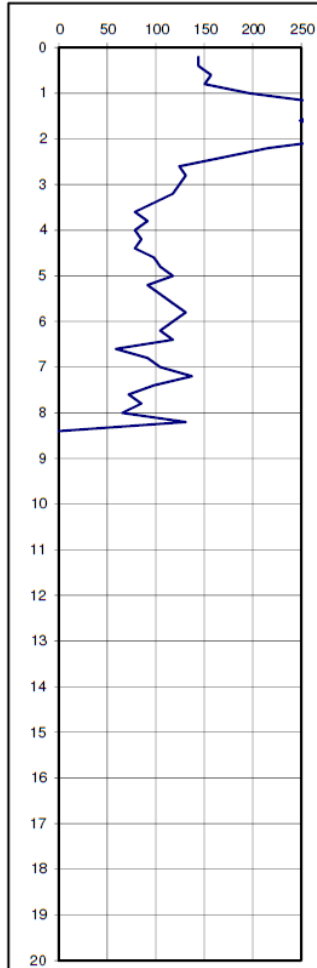
Attrezzatura : Penetrometro da 100 kN

Codice lavoro: 2018.115

fs resistenza laterale (kPa)

qc resistenza alla punta (MPa)

Rf (%)



Note: ---

Procedura di prova	Normativa di riferimento	Rev.	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
--	--	0	27/09/2018	Dr. Conti	Dr. Luca Conti

GEO-PROBE S.r.l. Indagini Geognostiche

GEO-PROBE S.r.l.

- Indagini Geognostiche -

40033 CASALECCHIO DI RENO

Via Cimarosa, 119 - Tel. 051/61.33.072

CPT (CONE PENETRATION TEST)**N. 5**Rapporto di Prova N°: **18.0701 /RSP**

Committente : Cini - Guidetti

Località : Zola Predosa (BO)

via Colombo - via Garibaldi

Quota: --

Data prova : 27/09/2018

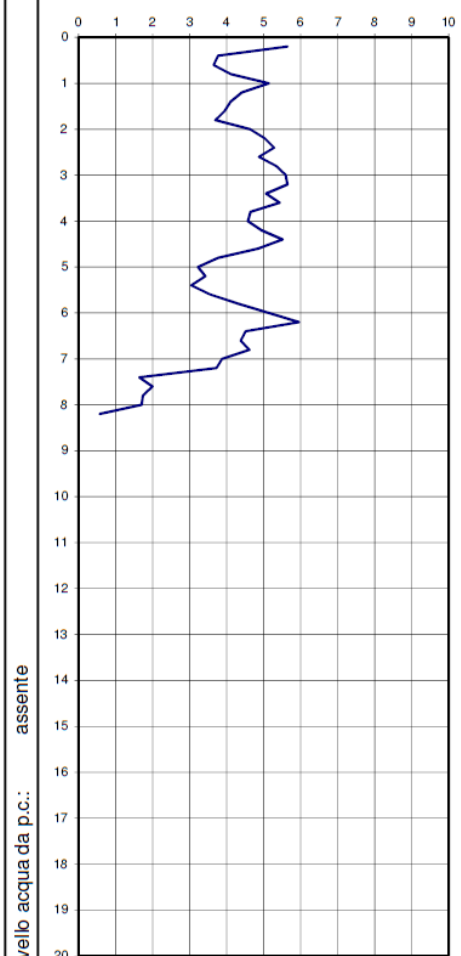
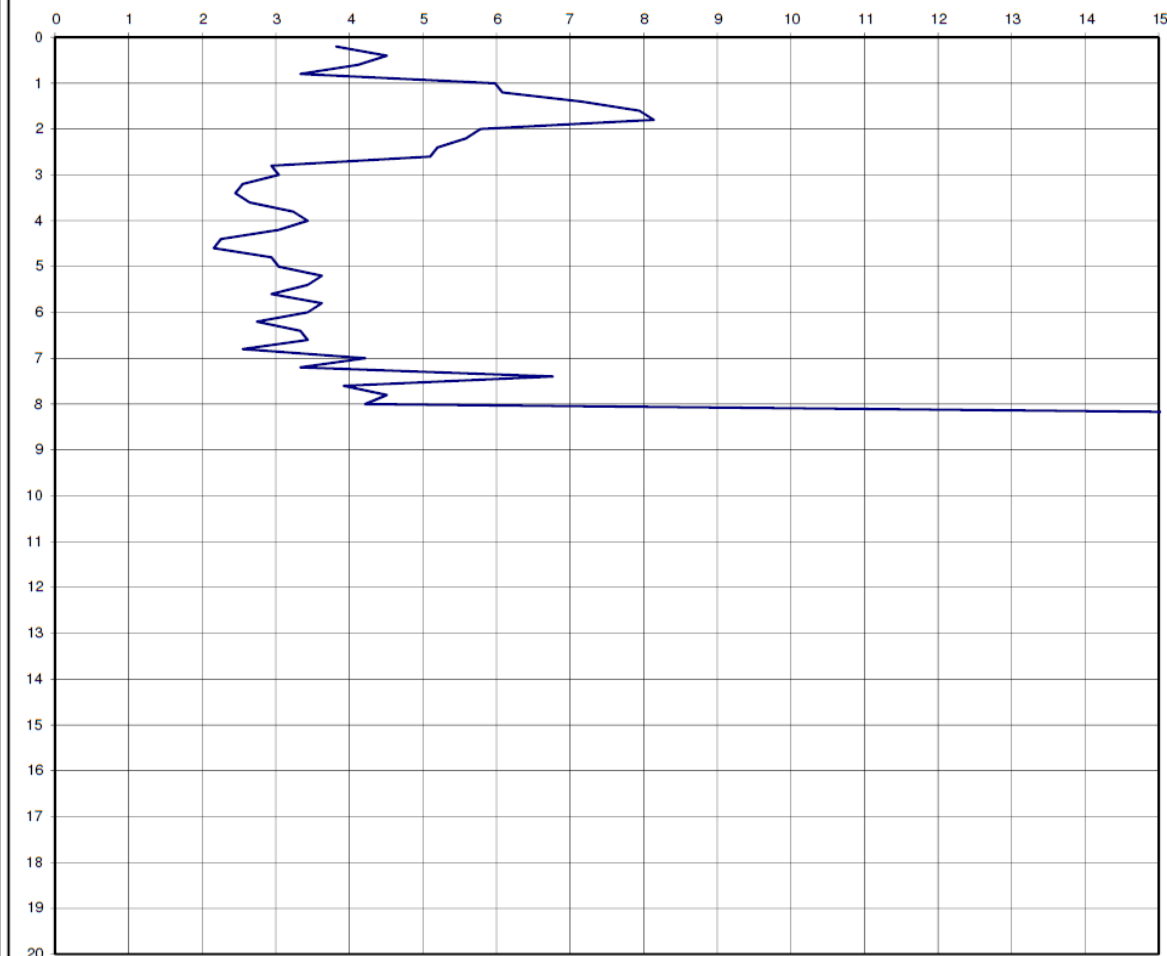
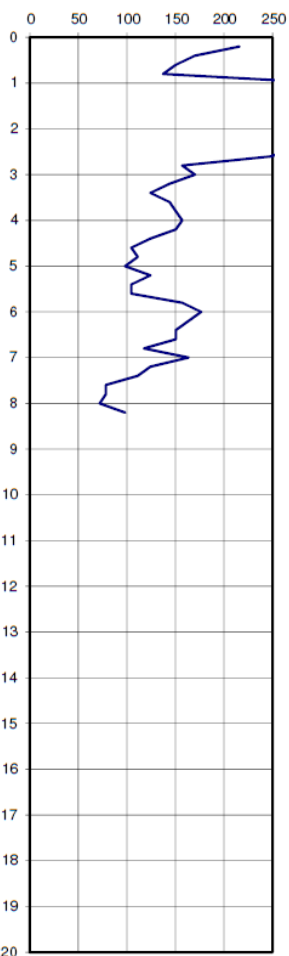
Attrezzatura : Penetrometro da 100 kN

Codice lavoro: 2018.115

fs resistenza laterale (kPa)

qc resistenza alla punta (MPa)

Rf (%)

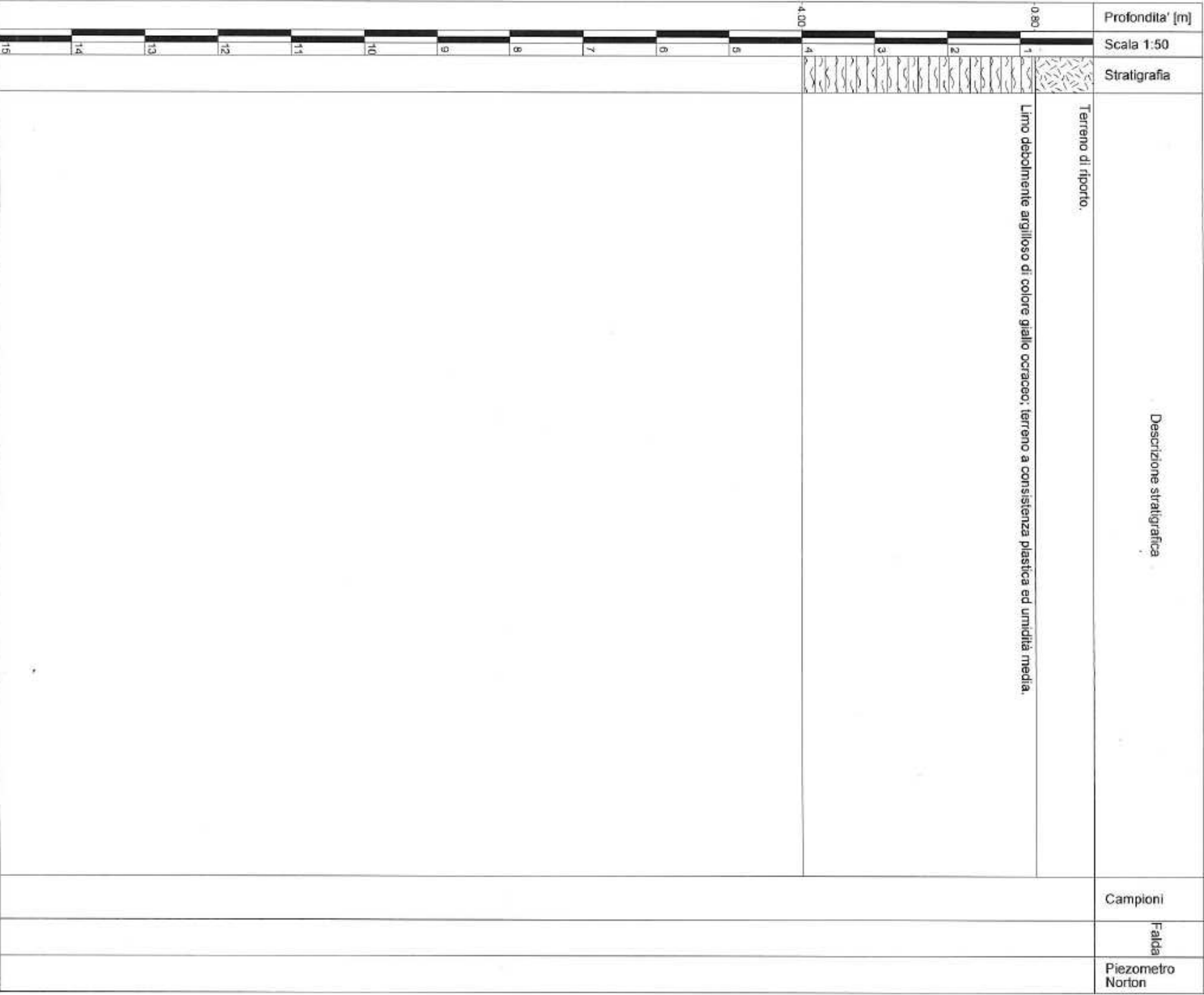


Note: ---

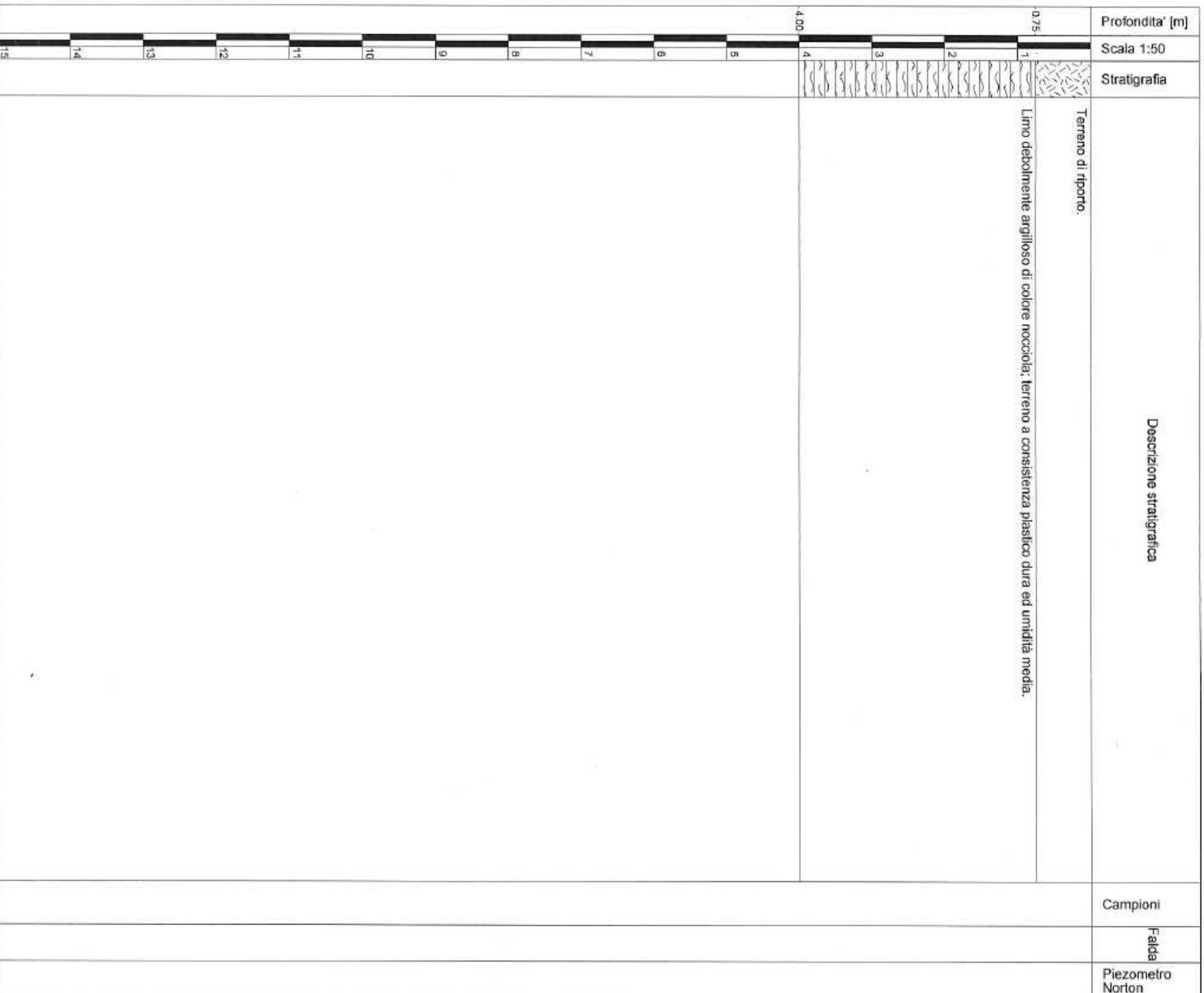
Procedura di prova	Normativa di riferimento	Rev.	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
--	--	0	27/09/2018	Dr. Conti	Dr. Luca Conti

GEO-PROBE S.r.l. Indagini Geognostiche

<div>GEO-PROBIE <i>Indagini Geognostiche</i> 40033 CASALECCHIO DI RENO (BO) Via Cimara, 119 - Tel. 051/61.33.072</div>			<div>Committente: <u>Cini - Guidetti</u> Località: <u>Zola Predosa (BO)</u> Cantiere: <u>via Colombo - via Garibaldi</u> Perforazione: <u>Trivellazione a secco d 120 mm</u> Altezzatura: <u>Unimog 400L</u></div>			<div>Quota: <u>--</u> Profondità: <u>4.00 m</u> Data Inizio: <u>27/09/2018</u> Data Fine: <u>27/09/2018</u> Il geologo: <u>Dr. Conti</u></div>		<div>Rep. Pr. N°18.0702/RSP Codice Lavoro 2018 115 SONDAGGIO FOGLIO 1 1/1</div>	
Procedura di Prova --	Rapporto di Prova N° 18.0702/RSP	Rev. 0	Data di emissione 27/09/2018	Lo Sperimentatore Dr. Conti	Il Direttore di Laboratorio Dr. L. Conti				



GEO-PROBIE s.r.l. <i>Indagini Geognostiche</i> 40033 CASALECCHIO DI RENO (BO) <i>Via Cinirosa, 119 - Tel. 051/61.33.072</i>		COMMITTENTE: Cini - Guidetti LOCALITÀ: Zola Predosa (BO) CANTIERE: via Colombo - via Garibaldi PERFORAZIONE: Trivellazione a secco d 120 mm ALTEZZATURA: Unimog 400L		QUOTA: --- PROFONDITÀ: 4.00 m DATA INIZIO: 27/09/2018 DATA FINE: 27/09/2018 IL GEOLOGO: Dr. Conti		REP. PR. N° 18.0703/RSP CODICE LAVORO 2018_115 SONDAGGIO 2 FOGLIO 1/1	
PROCEDURA DI PROVA ---	RAPPORTO DI PROVA N° 18.0703/RSP	REV. 0	DATA DI EMISSIONE 27/09/2018	LO SPERIMENTATORE Dr. Conti	IL DIRETTORE DI LABORATORIO Dr. L. Conti		

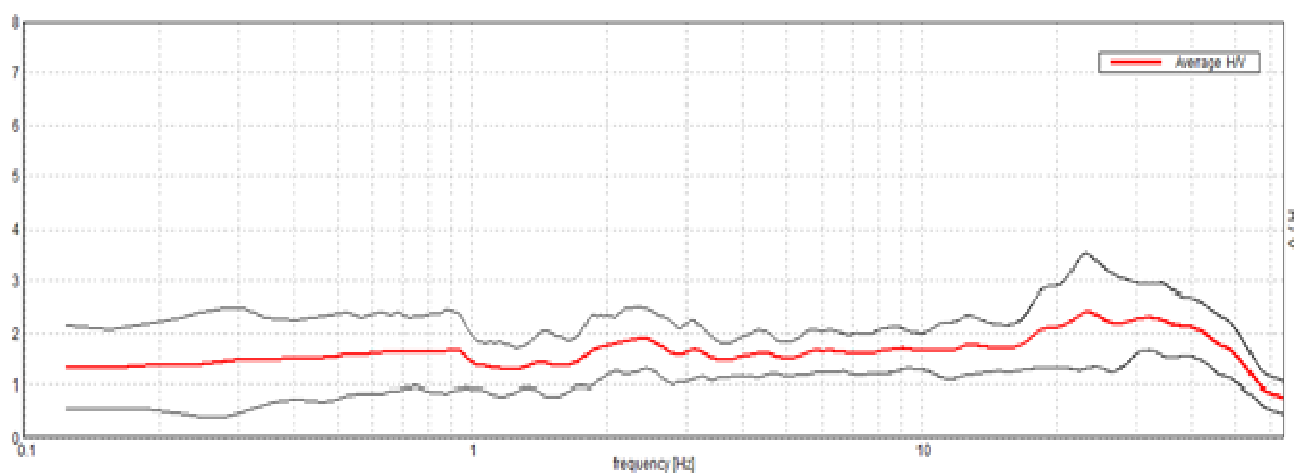


Indagine sismica

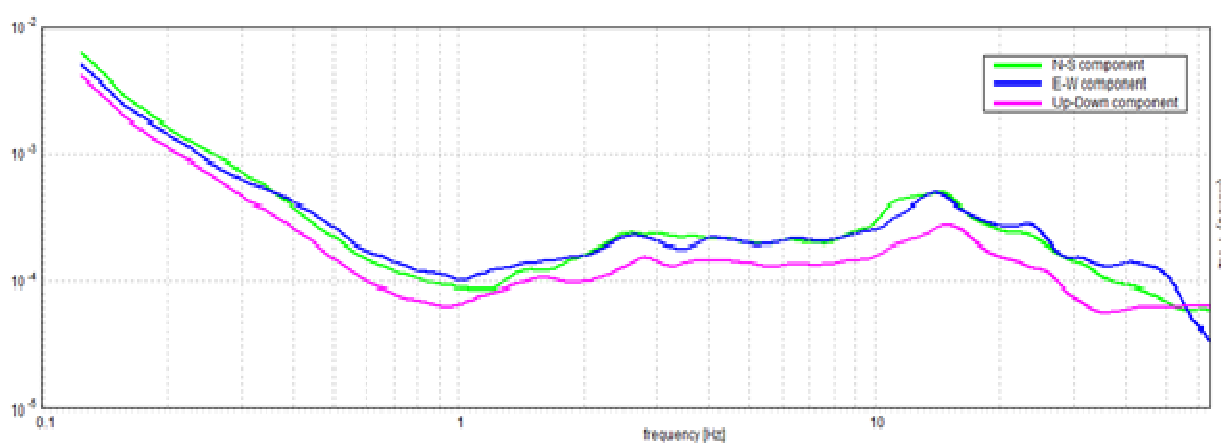
2018.078/RG

Committente:	-	Data prova:	07/04/2017
Località:	Zola Predosa	Ora inizio registrazione:	10:57:24
Cantiere:	via Pirandello	Ora fine registrazione:	11:17:24
Strumento:	TRZ-0184/01-12	Procedura di Prova:	
Note:	-	Frequenza di campionamento:	128 Hz

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

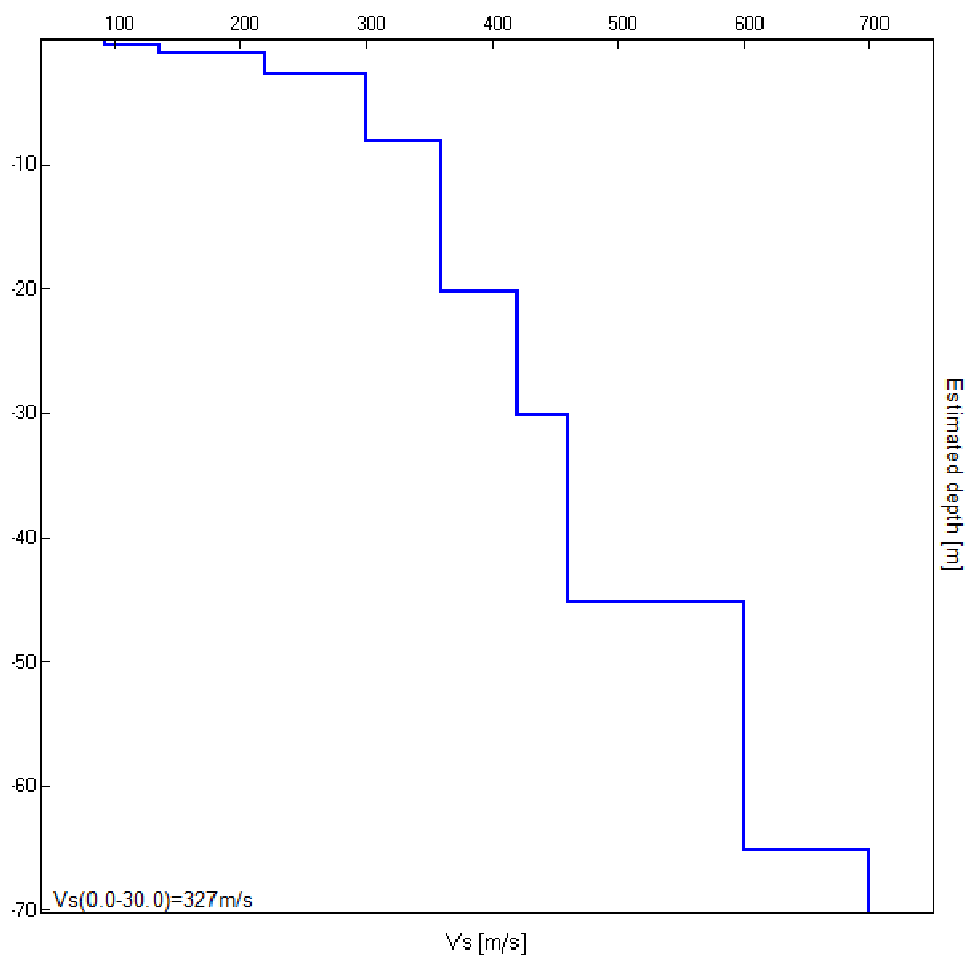


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.40	0.40	92
1.00	0.60	136
2.80	1.80	220
8.20	5.40	300
20.20	12.00	360
30.20	10.00	420
45.20	15.00	460
65.20	20.00	600
inf.	inf.	700

$$V_s(0.0-30.0) = 327 \text{ m/s}$$

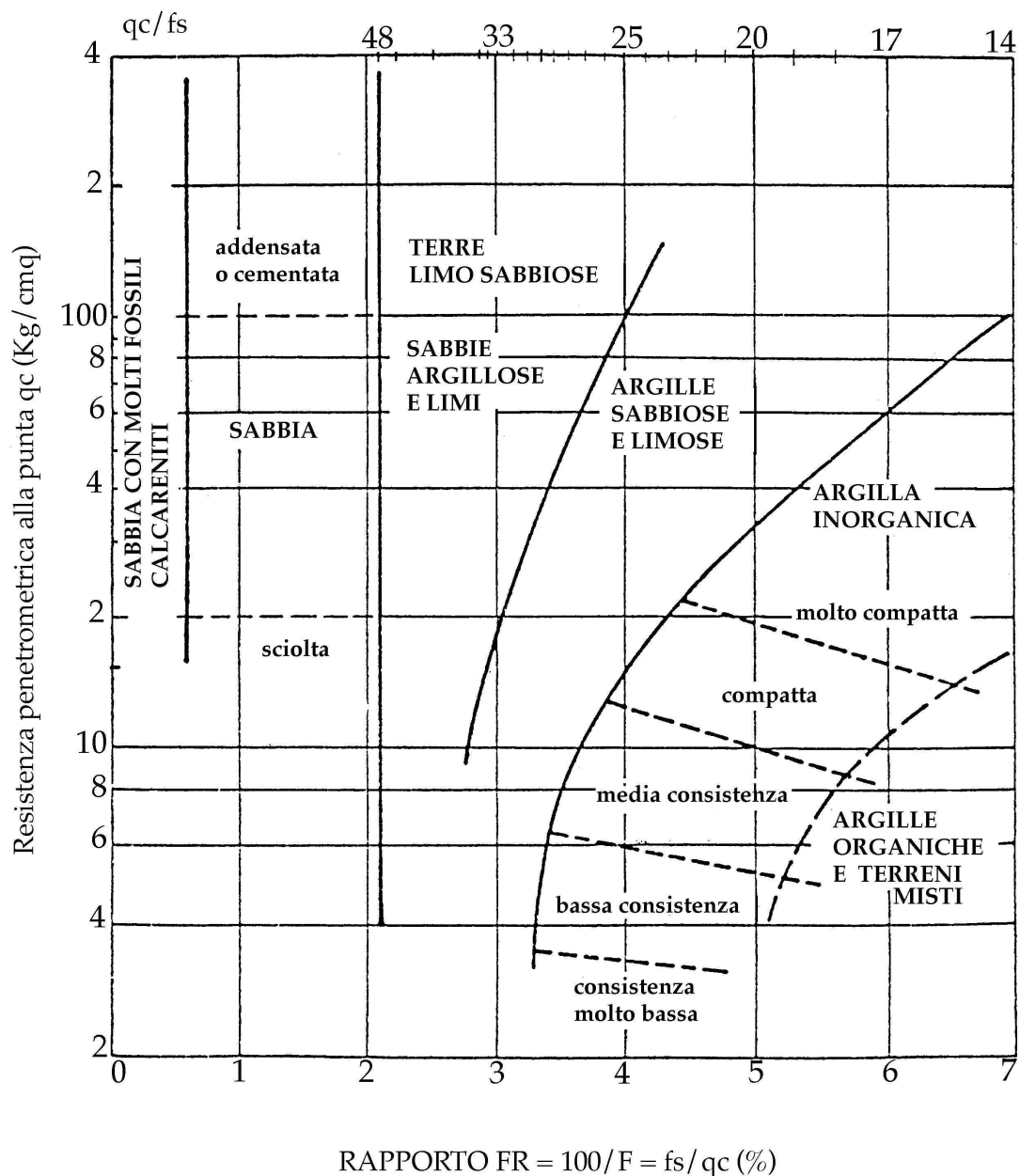


Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann, 1978)

2018.078/RG

CLASSIFICAZIONE ORIENTATIVA DEI TERRENI IN BASE AI DATI PENETROMETRICI STATICI q_c E f_s

(Schmertmann, 1978)



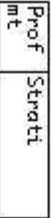
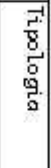


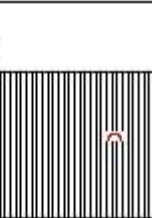

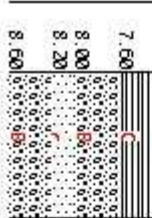

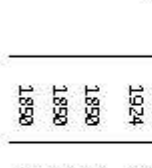
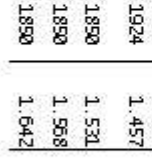
Cint - Guidetti
via Colombo - via Garibaldi - Zola Predosa (BO)
CPT 1

18115001

Prof mt	Strati	Tipologia	Gamma kg/m ³	Gamma [*] kg/m ³	Siema ^W kg/cm ²	CU kg/cm ²	FI %	DR %	Mv cm ² /kg	K kg/cm ³	oriz cm/sec	Perm cm/sec
1.40		Argilla limosa	1921	1921	0.269	0.864	0	0	0.011570	1.7285	2.72e-003	
1.80		Limo argilloso	1945	1945	0.347	1.650	0	0	0.010101	2.2000	6.24e-003	
2.00		Argilla compatto	1924	1924	0.385	0.950	0	0	0.018797	1.9000	2.49e-004	
2.20		Argilla limosa	1936	1936	0.424	1.300	0	0	0.007692	2.6000	8.38e-004	
2.40		Argilla compatto	1918	1918	0.462	0.800	0	0	0.028409	1.6000	1.03e-004	
3.00		Argilla molto compatto	1930	1930	0.578	1.117	0	0	0.012505	2.2333	1.31e-004	
3.40		Argilla compatto	1921	1921	0.655	0.875	0	0	0.022857	1.7500	2.03e-005	
3.80		Argilla compatto	1927	1927	0.732	1.025	0	0	0.015736	2.0500	3.36e-004	
4.20		Argilla compatto	1919	1919	0.809	0.825	0	0	0.026350	1.6500	9.80e-005	
4.40		Argilla media	1896	1896	0.847	0.450	0	0	0.018519	0.9000	1.37e-004	
		Argilla compatto										
			1912	1912	1.267	0.677	0	0	0.036913	1.3545	8.85e-005	
6.60		Argilla compatto	1929	1929	1.383	1.083	0	0	0.013846	2.1667	5.56e-004	
7.20		Sabbia	1850	1850	1.420	0.000	34	56	0.007752	4.3000	1.46e-001	
7.40		Grigio	1850	1850	1.457	0.000	38	82	0.005376	9.3000	3.45e-001	
8.00		Grigio	1850	1850	1.531	0.000	41	100	0.002660	18.8000	9.45e-001	

Cim - Guidetti
via Colombo - via Garibaldi - Zola Predosa (BO)
CPT 2

18115002

Prof mt	Strati	Tipologia	Gamma kg/m3	Gamma* kg/m3	Si amo kg/cm2	V/CU kg/cm2	FI °	DR %	Mv cm2/Kg	K kg/cm3	ori z cm/sec
1.40		Argilla compatta	1924	1924	0.269	0.936	0	0	0.019482	1.8714	1.37e-004
1.60		Argilla limosa	1936	1936	0.308	1.300	0	0	0.007692	2.6000	1.39e-003
4.20		Argilla compatta	1917	1917	0.806	0.777	0	0	0.030534	1.5538	6.32e-005
4.40		Argilla limosa	1896	1896	0.844	0.450	0	0	0.018519	1.8000	8.62e-005
7.20		Argilla molto compatta	1912	1912	1.342	0.688	0	0	0.036313	1.3769	9.04e-005
7.60		Argilla molto compatta	1933	1933	1.380	1.200	0	0	0.010965	2.4000	1.04e-005
8.00		Argilla compatta	1924	1924	1.457	0.950	0	0	0.018797	1.9000	4.77e-005
8.20		Chiaia	1850	1850	1.531	0.000	40	97	0.003384	14.7750	3.73e-001
8.60		Sabbia	1850	1850	1.568	0.000	34	54	0.007663	4.3500	8.92e-002
8.80		Chiaia	1850	1850	1.642	0.000	40	100	0.002759	18.1250	4.15e-001

Cini - Guidetti
via Colombo - via Garibaldi - Zola Predosa (BO)
CPT 3

18115003

Prof mt	Strati	Tipologia	Gamma kg/m ³	Gamma [*] kg/m ³	Stima [*] V kg/cm ²	CU kg/cm ²	FI %	DR %	Mv cm ² /Kg	K kg/cm ³	ori cm ³	Perm cm/sec
1.40	C	Argilla compatta	1914	1914	0.268	0.729	0	0	0.034314	1.4571	3.72e-005	
1.60	C	Argilla limosa	1940	1940	0.307	1.450	0	0	0.006997	2.9000	4.39e-003	
1.80	C	Sabbia argillosa e	1850	1850	0.344	0.000	37	57	0.011905	2.8000	8.50e-003	
2.00	C	Argilla limosa	1944	1944	0.383	1.600	0	0	0.006250	3.2000	1.04e-003	
2.20	C	Argilla limosa	1940	1940	0.422	1.450	0	0	0.006997	2.9000	7.76e-004	
2.40	C	Argilla limosa	1943	1943	0.460	1.550	0	0	0.006452	3.1000	1.27e-003	
		Argilla molto compatta										
3.60	C		1932	1932	0.692	1.150	0	0	0.012077	2.3000	7.44e-005	
3.80	C	Argilla compatta	1922	1922	0.731	0.900	0	0	0.021368	1.8000	2.85e-004	
4.20	C	Argilla compatta	1932	1932	0.808	1.150	0	0	0.012077	2.3000	6.11e-004	
		Argilla compatta										
6.00	C		1916	1916	1.153	0.767	0	0	0.031557	1.5333	9.16e-005	
6.20	C	Argilla limosa	1939	1939	1.192	1.400	0	0	0.007143	2.8000	9.54e-004	
6.40	C	Argilla compatta	1918	1918	1.230	0.800	0	0	0.029409	1.6000	1.03e-004	
6.80	C	Argilla limosa	1929	1929	1.307	1.075	0	0	0.009302	2.1500	7.73e-004	
7.40	E	Chiaio	1850	1850	1.418	0.000	411100	0	0.00301816	5567	4.27e-001	

Cim - Gundetti
via Colombo - via Garibaldi - Zola Predosa (BO)
CPT 4

18115004

Prof mt	Strati	Tipologia	Gamma kg/m3	Gamma kg/m3	Siema kg/cm2	V kg/cm2	CU kg/cm2	FI	DR	Mv cm2/kg	K kg/cm3	o r i z	Perm cm/sec
0.80	C	Sabbia argillosa e limosa	1850	1850	0.148	0.000	43	81	0.009615	3.4667	7.55e-003		
1.60	B	Argilla sabbiosa e limosa	1970	1970	0.306	3.225	0	0.003101	4.3000	8.78e-004			
2.20	B	Argilla sabbiosa e limosa	1967	1967	0.424	2.983	0	0.003352	3.9778	2.55e-004			
2.40	C	Argilla sabbiosa e Argilla molto compatta	1952	1952	0.463	2.000	0	0.005000	2.6667	4.64e-004			
3.20	C	Argilla compatta	1932	1932	0.617	1.150	0	0.012077	2.3000	6.68e-005			
4.40	C	Argilla compatta	1921	1921	0.848	0.857	0	0.023389	1.7333	2.16e-004			
5.00	C	Argilla compatta	1928	1928	0.963	1.050	0	0.014881	2.1000	1.35e-004			
5.20	C	Argilla compatta	1920	1920	1.002	0.850	0	0.024510	1.7000	9.36e-005			
5.40	C	Argilla compatta	1932	1932	1.040	1.150	0	0.012077	2.3000	3.48e-004			
6.00	C	Argilla compatta	1941	1941	1.157	1.483	0	0.006742	2.9667	6.94e-004			
6.60	C	Argilla compatta	1928	1928	1.273	1.050	0	0.014881	2.1000	4.38e-004			
6.80	C	Sabbia	1850	1850	1.310	0.000	32	38	0.013333	2.5000	4.60e-002		
7.20	C	Argilla limosa	1942	1942	1.387	1.500	0	0.006667	3.0000	7.99e-004			
7.40	C	Argilla compatta	1926	1926	1.426	1.000	0	0.016667	2.0000	2.00e-004			
7.60	C	Sabbia	1850	1850	1.463	0.000	31	30	0.015873	2.1000	5.64e-003		
8.00	C	Limo argilloso	1942	1942	1.502	1.500	0	0.011111	2.0000	7.87e-003			
8.40	C	Sabbia	1850	1850	1.539	0.000	31	35	0.013605	2.4500	1.04e-001		
8.40	C	Ghiaia	1850	1850	1.613	0.000	40	99	0.00312516	0.0000	5.04e-001		

Cini - Guidetti
via Colombo - via Garibaldi - Zola Predosa (BO)
CPT 5

18115005

Cim - Guidetti via Colombo - via Garibaldi - Zola Predosa (BO) CPT 5											
18115005											
Prof mt	Strati	Tipologia	Gamma kg/m ³	Gamma* kg/m ³	Sigma*V/CU kg/cm ²	FI %	DR %	M _v cm ² /Kg	K _{oriz} Kg/cm ³	Perm cm/sec	
0.60	C	Argilla sabbiosa e limosa	1954	1954	0.117	2.117	0	0	0.004724	2.8222	4.75e-004
0.80	C	Argilla limosa	1946	1946	0.156	1.700	0	0	0.005882	3.4000	7.62e-004
1.20	B	Argilla sabbiosa e limosa	1968	1968	0.235	3.075	0	0	0.003252	4.1000	1.21e-004
1.80	B	Argilla sabbiosa e limosa	1978	1978	0.354	3.950	0	0	0.002532	5.2667	7.45e-004
2.60	B	Argilla sabbiosa e limosa	1964	1964	0.511	2.763	0	0	0.003620	3.6833	8.70e-005
3.00	C	Argilla molto compatta	1942	1942	0.588	1.525	0	0	0.006557	3.0500	4.85e-005
3.60	C	Argilla molto compatta	1936	1936	0.705	1.300	0	0	0.009158	2.6000	7.16e-005
4.20	C	Argilla limosa	1945	1945	0.821	1.650	0	0	0.006061	3.3000	2.33e-004
4.60	C	Argilla molto compatta	1931	1931	0.899	1.125	0	0	0.012698	2.2500	1.25e-004
6.00	C	Argilla limosa	1946	1946	1.171	1.679	0	0	0.005957	3.3571	1.41e-003
6.20	C	Argilla molto limosa	1939	1939	1.210	1.400	0	0	0.007764	2.8000	1.83e-005
6.60	C	Argilla limosa	1947	1947	1.288	1.725	0	0	0.005797	3.4500	4.00e-004
6.80	C	Argilla molto limosa	1936	1936	1.326	1.300	0	0	0.009158	2.6000	3.41e-004
7.00	C	Argilla sabbiosa e limosa	1955	1955	1.365	2.150	0	0	0.004651	2.8567	1.11e-003
7.20	C	Argilla limosa	1946	1946	1.404	1.700	0	0	0.005882	3.4000	1.60e-003
7.40	C	Sabbia	1890	1890	1.441	0.000	33	48	0.009662	3.4500	6.64e-002
8.00	D	Sabbia	1890	1890	1.552	0.000	31	30	0.015904	2.1500	5.04e-002
8.40	D	Grigia	1890	1890	1.626	0.000	39	95	0.003546	14.1000	5.57e-001