

GEO-PROBE

– *Studio Geologico Associato* –

2010.138B/RC

Comune di Casalecchio di Reno (BO)

STUDIO GEOLOGICO-TECNICO DEI TERRENI DEL PRIMO SOTTOSUOLO DI UN'AREA SITA NELLA ZONA URBANISTICA SUB-COMPARTO 17.0 (EX C3.17 BAZZANESE NUOVA), PER LA QUALE SI RICHIEDE LA VARIANTE AL PIANO URBANISTICO ATTUATIVO (PUA).

Maggio 2015



Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono (051) 613.51.18

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. MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO.....	10
7. PARAMETRIZZAZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE.....	11
8. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE	14
9. PERICOLOSITÀ E CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	15
10. MODELLAZIONE SISMICA.....	17
10.1. Vita nominale.....	17
10.2. Classi d'uso.....	17
10.3. Periodo di riferimento.....	18
10.4. Azione sismica	18
10.5. Categoria di sottosuolo.....	19
10.6. Condizioni topografiche.....	20
10.8 Accelerazione massima al sito	21
10.9 Coefficiente sismico orizzontale e verticale.....	21
11. ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE	23
11.1 Selezione del moto di riferimento.....	26
11.2 Elaborazione del modello sismico.....	28
11.3 Elaborazione dell'amplificazione	30
12. RISCHIO DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI.....	35
13. RESISTENZA DI PROGETTO DEI TERRENI IN CONDIZIONI STATICHE	37
14. CONSIDERAZIONI FINALI	43

ALLEGATI:

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

* * *

1. PREMESSA

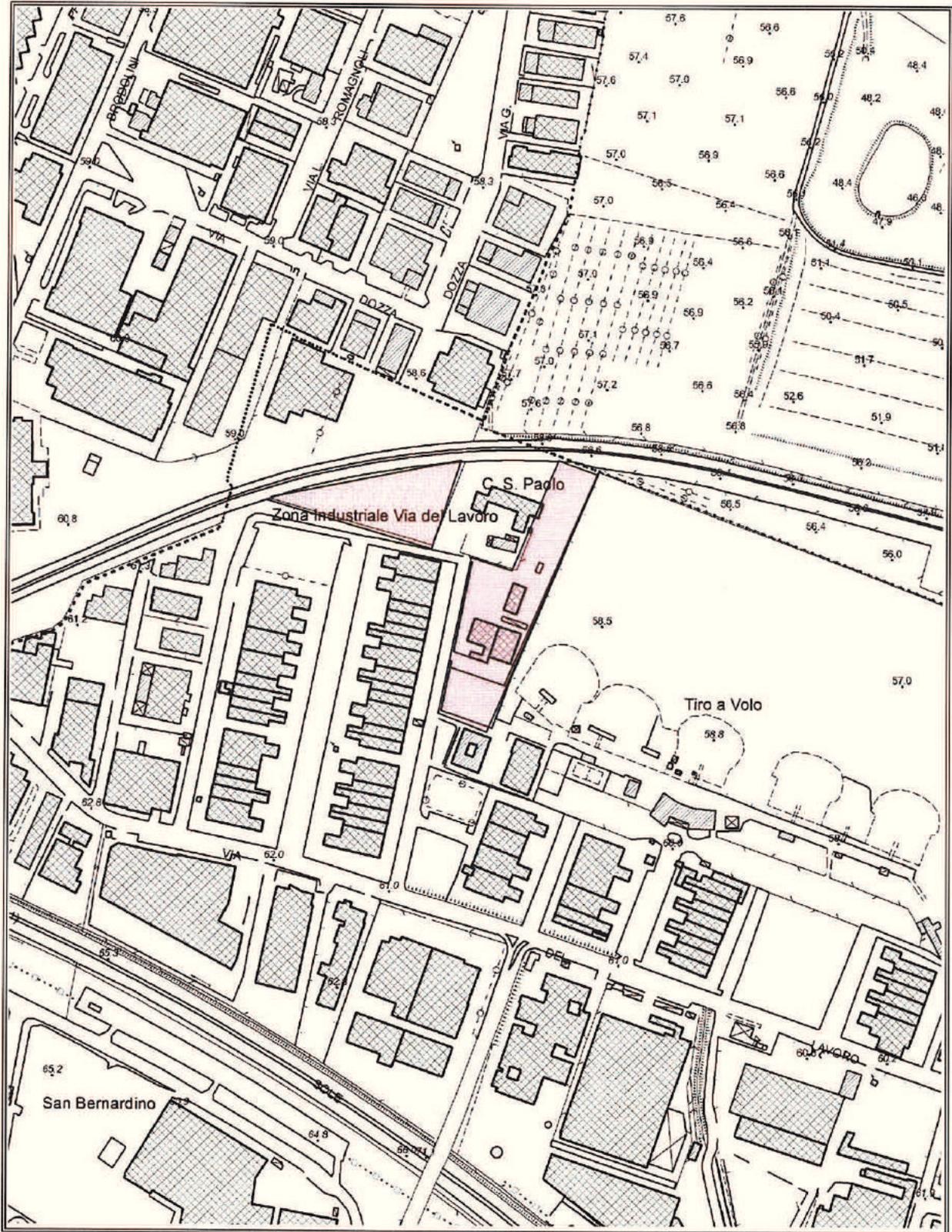
A seguito dell'incarico ricevuto dal Geom. Pedretti, per conto della ditta Sassomet S.r.l., si trasmette, in conformità con le vigenti normative, la seguente relazione geologico-tecnica riguardante lo studio dei terreni del primo sottosuolo di un'area per la quale si richiede la variante al P.U.A.

L'area in esame si ubica nella zona urbanistica sub-comparto 17.0 (ex C3.17 Bazzanese Nuova), in Comune di Casalecchio di Reno (BO), (TAV. 1: estratto C.T.R. Scala 1:5.000; elemento n. 220124 – Casalecchio di Reno).

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 geologica del sito;
- e) modellazione sismica dei terreni di fondazione;
- f) analisi della risposta sismica locale;
- g) 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.
- "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica". O.P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 e successive modifiche.
- "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.

3. SITUAZIONE MORFOLOGICA E GEO-LITOLOGICA GENERALE

3.1. Lineamenti morfologici

L'area in esame ricade in un settore deposizionale dell'alta Pianura Padana caratterizzato da leggere ondulazioni che degradano progressivamente verso Nord.

Più esattamente si ubica ad una quota media di 58,00 m s.l.m., in una zona pressoché pianeggiante o di bassissima acclività.

La morfologia superficiale risente sia del costante intervento umano, volto a migliorarne l'efficienza dal punto di vista agricolo, sia della vicinanza di vari fossi di scolo e canali che, in fase di tracimazione e di sedimentazione, hanno depositato lenti alluvionali che si interdigitano tra di loro conferendo alla zona un andamento leggermente ondulato; a questi fattori si sono aggiunti interventi edificatori a carattere prevalentemente produttivo e di viabilità primaria.

3.2. Idrografia

L'elemento idrografico principale che caratterizza la zona in esame è rappresentato dal Fiume Reno e dal Torrente Lavino che sviluppano il proprio corso rispettivamente a Est e ad Ovest dell'area in esame, mentre quella secondaria è rappresentata da una serie di rii e canali che vanno ad alimentare gli assi idrografici principali.

L'idrografia di superficie è completata da una serie di innumerevoli piccoli fossi anche di natura antropica che raccolgono le acque di precipitazione eccedenti, per convogliarle verso le direttrici principali.

3.3. Assetto geo-litologico

Dal punto di vista geo-litologico, l'area è caratterizzata dalla presenza di formazioni continentali di piana alluvionale costituite da sedimenti alluvionali fini (limi argillosi e sabbiosi), ai quali si alternano in profondità, in sequenze stratigraficamente non continue, sabbie limose e, più raramente, ghiaie sabbiose generate da fasi attive di canalizzazione; pertanto la litologia di superficie è rappresentata prevalentemente da depositi a matrice limo-argillosa di permeabilità bassa (10^{-6} ÷ 10^{-8} m/sec).

3.4. Condizioni idrogeologiche

L'area in esame è caratterizzata dalla presenza dei depositi alluvionali distali del conoide del Fiume Reno, che vanno progressivamente ad approfondirsi e costituiti da materiali che divengono sempre più fini.

L'acquifero è da considerarsi multifalda con livelli a permeabilità ben differenziata con falde localmente in pressione e intercomunicanti, data la discontinuità degli orizzonti trasmissivi.

Le falde si alimentano prevalentemente per infiltrazione da monte e per infiltrazione diretta.

L'andamento della prima falda superficiale, come evidenziato da indagini eseguite in aree limitrofe, si attesta generalmente ad una profondità superiore ai 10,00 m dal p.c. attuale, e il livello statico risulta fortemente condizionato dalle variazioni climatiche stagionali (massimo livello nei periodi ad elevata piovosità e minimo in quelli siccitosi) e dagli emungimenti a scopo irriguo.

3.5. Vulnerabilità dell'acquifero

L'area in esame, come visto, si sviluppa immediatamente a valle della porzione di passaggio tra la prima fascia collinare e la alta pianura padana.

La presenza di un crescente tasso di inurbamento civile e artigianale pone il problema di vulnerabilità legato alla corretta raccolta e smaltimento delle acque reflue di insediamenti sia civili che industriali.

Sulla base dei principali lineamenti morfologici, della distribuzione e permeabilità dei materiali affioranti, della distribuzione e profondità dei materiali grossolani nel sottosuolo e della soggiacenza della falda, e sulla definizione della misura in cui tali tematismi concorrono a determinare condizioni favorevoli o sfavorevoli alla protezione degli acquiferi, è possibile valutare la vulnerabilità intrinseca o naturale di un'area.

In zone di pianura la vulnerabilità massima si registra nella fascia dell'alta pianura nell'ambito dei depositi terrazzati del Quaternario, degli alvei fluviali e delle parti apicali dei conoidi, cioè in aree ad alta permeabilità scarsamente protette dai processi di infiltrazione, per diminuire nella zona di bassa pianura dove la presenza di cospicui spessori di sedimenti fini, caratterizzati da una bassa permeabilità, rappresentano una prima salvaguardia per gli acquiferi.

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 e un'indagine sismica locale al fine di determinare il parametro Vs30.

4.1. Indagine geognostica

L'indagine geognostica in sito, eseguita dalla Geo-Probe S.r.l., è consistita nell'esecuzione di n. 7 penetrometrie statiche con punta meccanica (CPT) che rispetto al p.c. attuale hanno raggiunto una profondità compresa fra 9,40 m e 10,00 m e di n. 1 sondaggio con il metodo della trivellazione a secco della lunghezza di 7,50 m.

L'esatta ubicazione dei punti di indagine viene riportata di seguito nella TAV. 2.

Il penetrometro statico utilizzato, montato su autocarro Mercedes Unimog 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 qc (resistenza alla punta), il valore fs (resistenza attrito laterale locale), espressi rispettivamente in MPa e kPa, ed il rapporto Rf che orientativamente ci permette una classificazione dei terreni attraversati (*Schmertmann J.H., 1978*).

Le suddette letture vengono eseguite per avanzamenti di 20 cm.

La trivellazioni a secco è stata eseguita mediante aste elicoidali del diametro di 120 mm mosse da propulsore idraulico montato sull'autocarro Mercedes.

La stratigrafia ottenuta viene riportata 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 Vs, è stata eseguita un'indagine sismica locale mediante metodologia di sismica passiva con misura del Rumore Sismico Passivo (microtremori).

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 riportate 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. 2 - UBICAZIONE INDAGINE GEOGNOSTICA

Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono (051) 613.51.18

Studio Geologico Associato GEO-PROBE



-  Penetrometrie statiche
-  Trivellazioni a secco
-  Indagine sismica

Scala 1:1.500



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 disotto di un orizzonte di terreno pedogenizzato e/o di riporto dello spessore variabile mediamente da 0,40 m a 1,00 m circa, sino ad una profondità variabile da 1,40 m a 2,40 m circa, sono inizialmente presenti dei limi argillosi di colore da beige a nocciola di consistenza da dura a molto dura ($q_c = 3,7 \div 7,1$ MPa; $R_f = 2,7 \div 6,4$ %) ed umidità scarsa, presumibilmente sovraconsolidati per essiccazione.

Sotto si evidenziano dei limi argillosi di colore da nocciola a marrone con screziature grigiastre, ruggine e nerastre e patine di ossidazione, di consistenza plastica dura ($q_c = 2,0 \div 3,6$ MPa; $R_f = 2,7 \div 6,1$ %) ed umidità da medio scarsa a media, $3,6,7 \div 6,3$ %) e rare e sottili lenti sabbiose e limose di addensamento da medio a medio buono ($q_c = 3,4 \div 11,6$ MPa; $R_f = 1,0 \div 2,0$ %).

Da una profondità variabile da 5,20 m (fascia meridionale; CPT 1) a 7,40 m circa, prevalgono dei limi argillosi di colore da beige a marrone, di consistenza da plastica ($q_c = 1,1 \div 1,9$ MPa; $R_f = 3,5 \div 6,6$ %) a plastica dura ($q_c = 2,0 \div 3,4$ MPa; $R_f = 3,0 \div 6,6$ %) ed umidità media, inglobanti localmente sottili lenti sabbioso limose di addensamento da medio scarso a medio ($q_c = 2,6 \div 4,6$ MPa; $R_f = 1,5 \div 2,0$ %).

I suddetti terreni si evidenziano sino alla profondità indagata, ad eccezione della fascia meridionale dove dalla profondità di 8,80 m risultano sopportati da ghiaie in matrice sabbioso limosa di addensamento da medio scarso a medio elevato ($q_c = 11,5 \div 34,3$ MPa; $R_f = 0,5 \div 0,6$ %), che hanno determinato l'arresto della penetrometria statica.

Al termine dell'indagine, all'interno dei fori di prova e sondaggio, non è stata evidenziata la presenza di falde freatiche di superficie o di circolazioni idriche localizzate.

Per un maggior dettaglio in allegato, oltre alla stratigrafia della trivellazione 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. 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	0,40+1,00	P/R	-	-	-	-	-
A	0,40+1,00	1,40+2,40	LA	3,7+7,1	19,4+19,7	150+280	0	0
B	1,40+2,40	5,20+7,40	LA	1,9+3,6	19,2+19,4	95+160	0	0
B1	2,80+6,60	3,00+7,20	S/SL	3,7+10,4	18,5+18,6	0	31+36	29+55
C	5,20+7,40	8,80+fine ind.	LA	1,1+3,4	19,0+19,3	55+145	0	0
D	8,80	fine indag.	GSL	11,5+34,3	18,5	0	35+39	63+95

P/R = terreno pedogenizzato e/o di riporto;

LA = limi argillosi;

S/SL = sabbie variabilmente limose;

GSL = ghiaie in matrice sabbioso limosa.

7. 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 dal terreno pedogenizzato e/o di riporto e si evidenzia sino ad una profondità variabile mediamente da 0,40 m a 1,00 m.

Unità geotecnica A

È costituita da limi argillosi di consistenza da dura a molto dura ed umidità scarsa.

L'unità A si evidenzia da 0,40÷1,00 m sino ad una profondità variabile da 1,40 m a 2,40 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	4,5	19,5	180	0
CPT 2	4,6	19,5	184	0
CPT 3	4,8	19,5	192	0
CPT 4	5,7	19,6	228	0
CPT 5	4,1	19,4	164	0
CPT 6	6,6	19,7	260	0
CPT 7	6,0	19,6	240	0

Unità geotecnica B

È costituita da limi argillosi di consistenza plastico dura ed umidità da medio scarsa a media, inglobanti sottili orizzonti di consistenza plastica.

L'unità B si evidenzia da 1,40÷2,40 m sino ad una profondità variabile mediamente da 5,20 m a 7,40 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	2,7	19,3	124	0
CPT 2	2,7	19,3	124	0
CPT 3	2,8	19,3	127	0
CPT 4	2,9	19,3	130	0

Verticale	qc (MPa)	γ (kN/mc)	Cu (kPa)	φ (°)
CPT 5	2,5	19,3	118	0
CPT 6	2,6	19,3	121	0
CPT 7	3,0	19,3	133	0

Unità geotecnica B1

È costituita da sottili lenti di sabbie variabilmente limose di addensamento da medio scarso a medio buono ed umidità media.

L'unità B1 si evidenzia da 2,80÷6,60 m sino ad una profondità variabile da 3,00 m a 7,20 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	3,5	18,5	0	32
CPT 3	4,6	18,5	0	33
CPT 4	4,1	18,5	0	33
CPT 5	6,2	18,5	0	34
CPT 7	4,2	18,5	0	33

Unità geotecnica C

È costituita da limi argillosi di consistenza da plastica a plastico dura ed umidità presumibilmente media, inglobanti localmente sottili lenti sabbiose di addensamento medio scarso.

L'unità C si evidenzia da 5,20÷7,40 m sino ad una profondità variabile da 8,80 m dal p.c. attuale a fine indagine, 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	0
CPT 2	1,7	19,2	85	0
CPT 3	1,9	19,2	95	0
CPT 4	2,0	19,2	100	0
CPT 5	2,3	19,2	111	0
CPT 6	1,9	19,2	95	0
CPT 7	1,9	19,2	95	0

Unità geotecnica D

È costituita da ghiaie in matrice presumibilmente sabbiosa e limosa di addensamento da medio scarso a medio elevato ed umidità presumibilmente media.

L'unità D si evidenzia nella fascia meridionale da 8,80 m dal p.c. attuale 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	24,4	18,5	0	38

8. 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 3,6 Hz, interpretato come il contatto tra i materiali fini superficiali e le ghiaie sottostanti, contatto che nell'area in esame è stato evidenziato nella fascia Sud/Est a 8,60 m ma nella fascia Nord, dove è stato eseguito il tromino, non è evidente sino alla profondità indagata; l'ancoraggio è stato eseguito utilizzando la banca dati della Regione Emilia Romagna dove le ghiaie sono presenti a partire da una profondità di circa 11,00÷12,00 m.

La definizione dei sismostrati in termini di velocità delle onde di taglio permettono di calcolare il parametro V_{s30} richiesto dall'attuale normativa, secondo l'equazione:

$$V_{s30} = 30 / \sum (h_i / V_{si})$$

dove:

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. attuale, presentano una V_{s30} di 244 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.

9. PERICOLOSITÀ E CLASSIFICAZIONE SISMICA

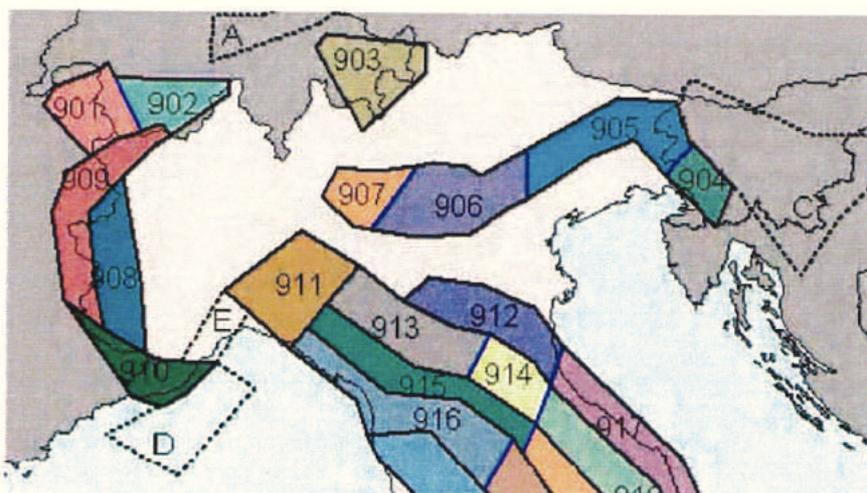
La pericolosità e il rischio sismico del territorio nazionale sono stati affrontati dal Servizio Sismico Nazionale utilizzando il calcolo probabilistico di Cornell, in grado di considerare tutte le possibili sorgenti influenzanti di un sisma.

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 Casalecchio di Reno (TAV. 3 – 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.

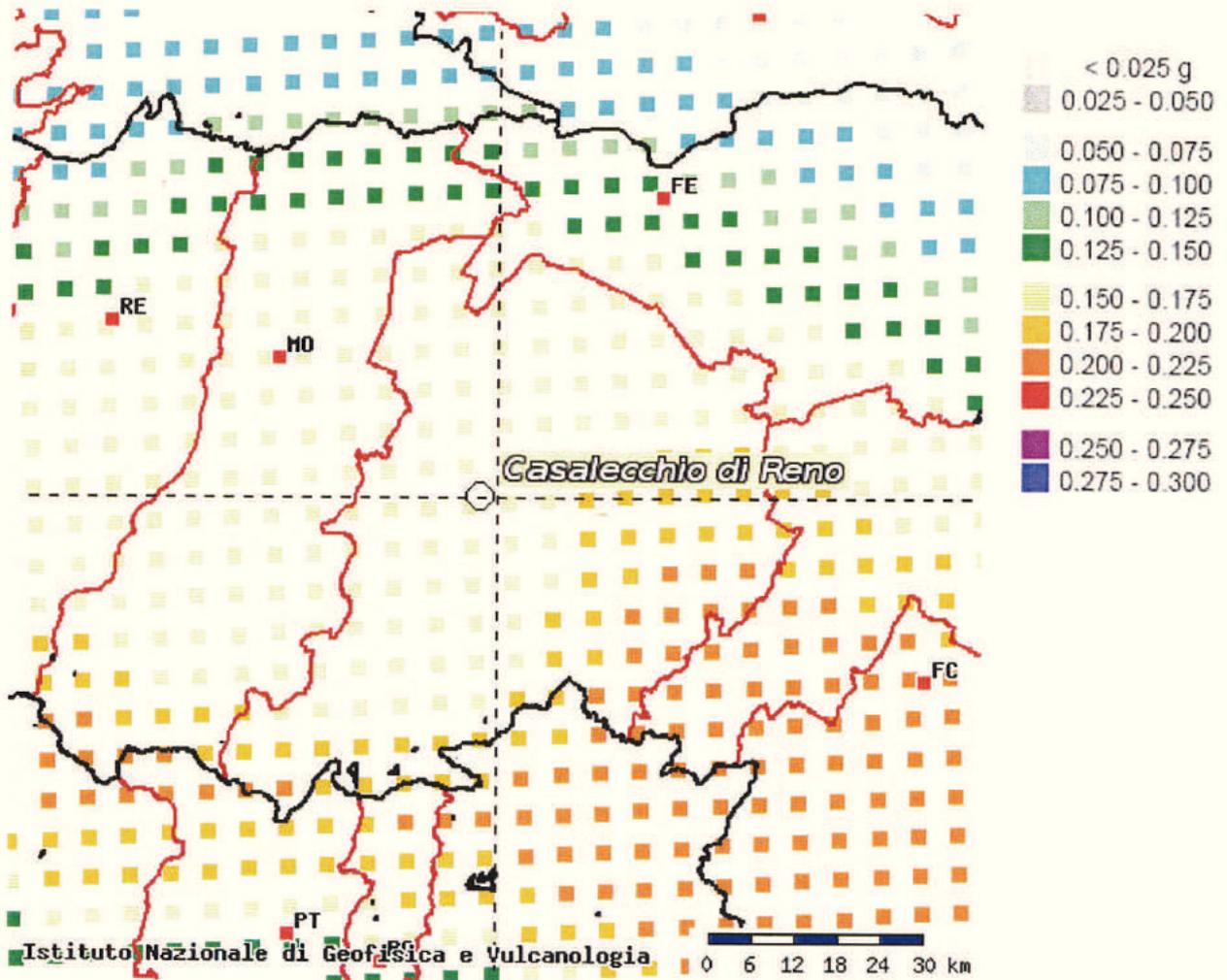
Come evidenziato dalla mappa delle zone sismogenetiche di cui si riporta uno stralcio, l'Emilia Romagna ricade nelle zone 911-914 alle quali è attribuito un valore di M pari a 6,14.



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. 3 - MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA



10. MODELLAZIONE SISMICA

10.1. Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale (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.

Tabella 2.4.I

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_n (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Nell'area in esame sono previste opere tipo "2" per le quali si prevede una vita nominale $V_n \geq 50$ anni.

10.2. 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 e 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 e 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.

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

Tabella 2.4.II

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 $C_U = 1,0$

10.3. 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.

10.4. 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. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

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 $S(T)$, 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 nel periodo di riferimento P_{VR} , 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^* 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 Lat. 44.49230880; Long. 11.25496210), 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	0,053	2,485	0,258
	SLD	63	50	0,066	2,491	0,271
Stati limite ultimi	SLV	10	475	0,163	2,393	0,310
	SLC	5	975	0,208	2,423	0,315

10.5. Categoria di sottosuolo

La nuova Normativa per gli effetti locali identifica cinque categorie di sottosuolo (A÷E) suddivisi sulla base dei valori di velocità equivalente Vs30 di propagazione delle onde di taglio entro i primo 30 m di profondità, riferita per fondazioni superficiali al piano di imposta delle stesse, e due categorie aggiuntive (S1 e S2) per le quali è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione della azione sismica.

Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{DPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{DPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{v,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{DPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>

Categorie aggiuntive di sottosuolo

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{v,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Come evidenziato in precedenza, i terreni del primo sottosuolo al p.c. presentano una V_{s30} pari a 244 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 spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fine").

10.6. Condizioni topografiche

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

Tabella 3.2.IV

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante 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 $i > 30^\circ$

Ad ogni categoria topografica è associato un coefficiente di amplificazione topografica come da tabella seguente:

Tabella 3.2.VI

CATEGORIA	T1	T2	T3	T4
COEFFICIENTE S_t	1	1,2	1,2	1,4

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

10.7. 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.

Tabella 3.2.V

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	1,643
SLD	1,500	1,616
SLV	1,466	1,546
SLC	1,398	1,537

10.8 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 $2,344 \text{ m/sec}^2$.

10.9 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:

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

11. ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

Nella Tavola 2C del PTCP della Provincia di Bologna "Rischio Sismico – Carta provinciale degli effetti locali attesi", l'area in esame (Art. 6.14) ricade in una zona classificata come A – "Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche" per la quale sono previsti approfondimenti di II livello con valutazione del coefficiente di amplificazione litologico.

Trovandoci in ambito di pianificazione, sono stati eseguiti approfondimenti preliminari di III Livello.

La valutazione degli effetti sismici di sito di III livello viene condotta secondo lo schema seguente:

- 1) Definizione del modello geotecnico del sottosuolo attraverso indagini dirette e indirette;
- 2) Selezione di un moto di input (terremoto caratteristico) al bedrock;
- 3) Stima dell'amplificazione del moto in superficie rispetto al bedrock, in funzione della frequenza;
- 4) Stima dello spettro di risposta dell'oscillatore armonico tipo a un grado di libertà in termini di accelerazioni massime attese in funzione del periodo proprio della struttura per uno smorzamento assunto pari al 5%.

Al fine di effettuare la modellazione numerica per la valutazione degli effetti di sito è necessario avere a disposizione accelerogrammi e spettri di risposta da utilizzare come input sismici nella modellazione stessa.

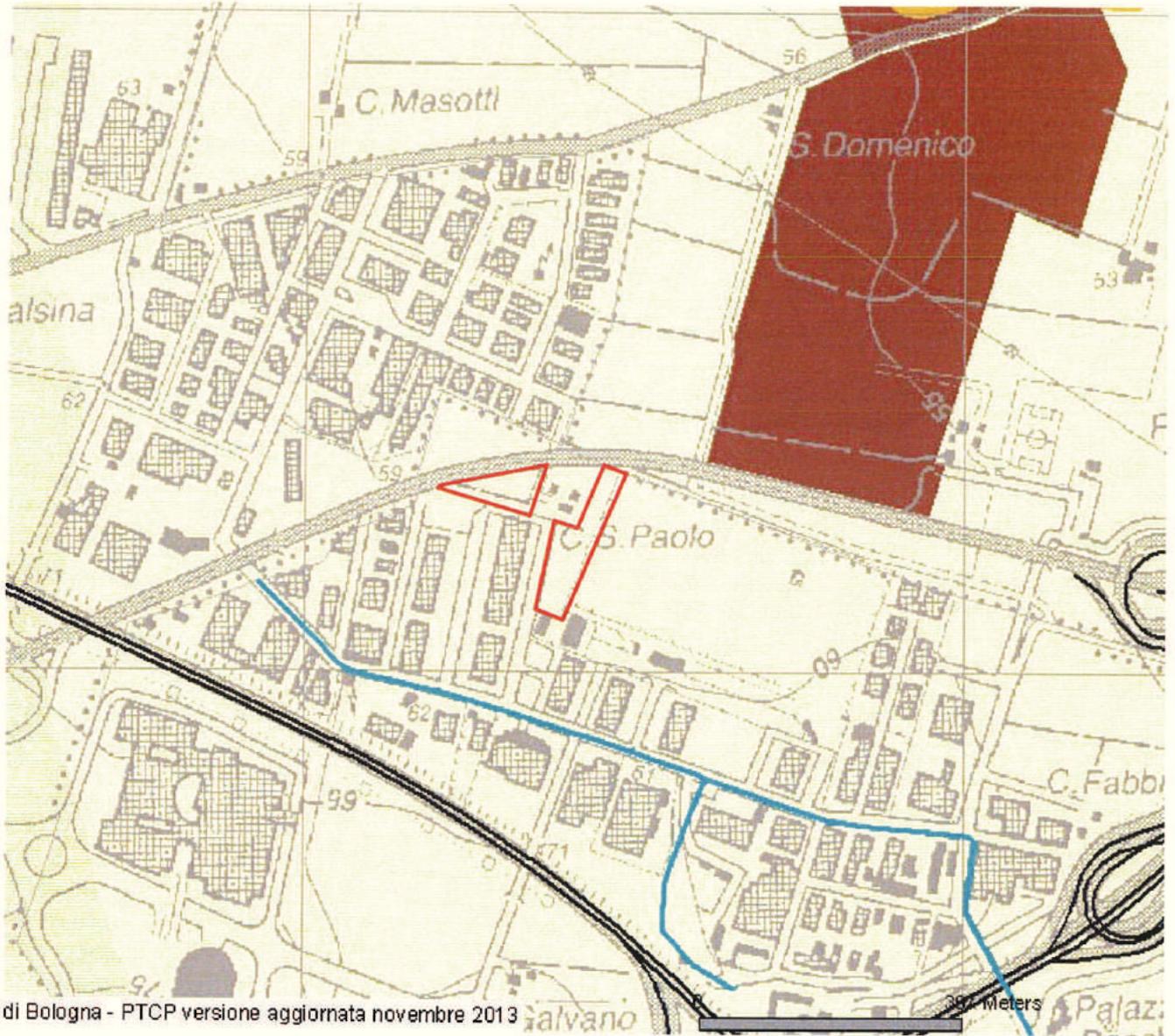
Il modello geologico di sottosuolo e la correlabilità tra gli esiti litologici e meccanici ottenuti dalle prove geognostiche e geofisiche, consentono l'elaborazione di un'unica modellazione numerica generale di risposta sismica.

La verifica monodimensionale dell'amplificazione locale è stata eseguita tramite il software EERA e si compone di due fasi:

- elaborazione del modello;
- simulazione degli effetti indotti dal sisma di progetto.

STRALCIO TAVOLA 2C PTCP

Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono (051) 613.51.18



di Bologna - PTCP versione aggiornata novembre 2013

Scala 1:10.000

 Area in esame

Studio Geologico Associato GEO-PROBE

TAVOLA 2C PTCP - LEGENDA

-  D - Fascia soggetta ad amplificazione e potenziali cedimenti differenziali
-  FP - Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche
-  F - Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche
-  QP - Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche
-  Q - Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche
-  P50 - Area potenzialmente instabile per scarpate con acclività > 50°
-  L1 - Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale presenza di terreni predisponenti la liquefazione
-  L2 - Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione
-  G - Area potenzialmente instabile per presenza di cavità sotterranee
-  R - Aree incoerenti/incerte per caratteristiche litologiche e morfologiche
-  C - Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche o a potenziali cedimenti
-  AP - Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche
-  A - Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche
-  P - Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche con acclività 30°-50°
- S - Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali

C Perimetrazione degli abitati da consolidare o trasferire

- 1 - Area in dissesto
- 2 - Aree di possibile evoluzione del dissesto
- 4 - Aree da sottoporre a verifica
- 5 - Aree di influenza sull'evoluzione del dissesto
- A - Zone a più elevata pericolosità
- B - Zone di possibile ulteriore evoluzione dei fenomeni franosi
- C - Zone individuate come frane antiche
- NC - Zone non classificate secondo la Circolare Regionale

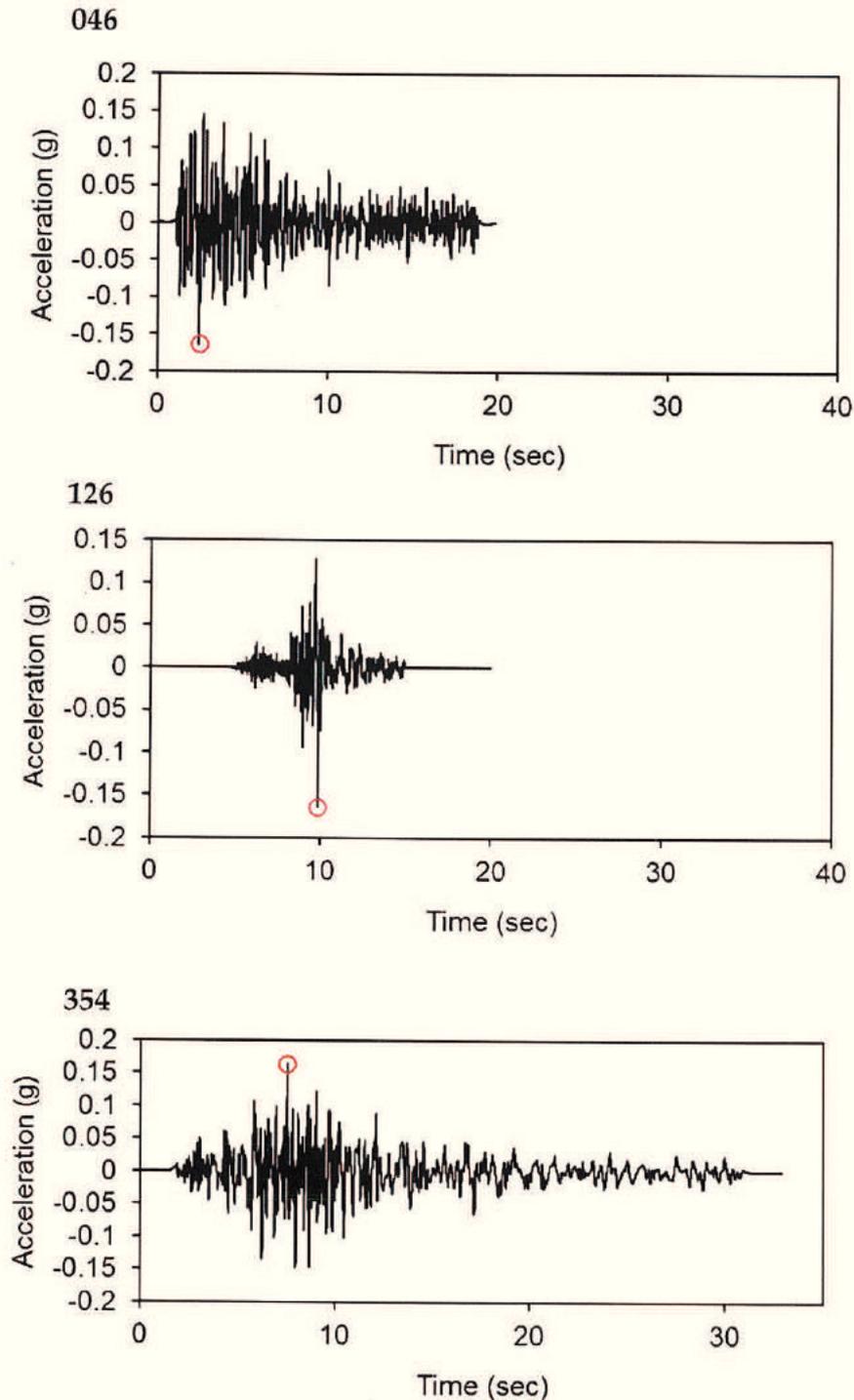
N Aree a rischio di frana perimetrare e zonizzate

- 1 - Aree in dissesto
- 2 - Aree di possibile evoluzione del dissesto
- 3 - Aree di possibile influenza del dissesto
- 4 - Aree da sottoporre a verifica
- 5 - Aree di influenza sull'evoluzione del dissesto

11.1 Selezione del moto di riferimento

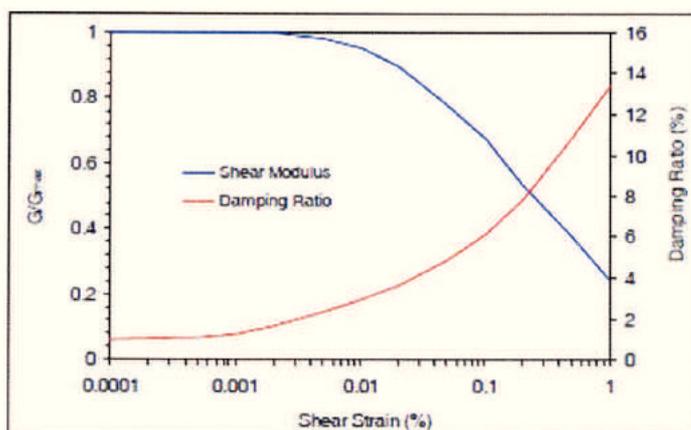
Per produrre una simulazione di terremoto si è proceduto a calcolare il moto atteso in superficie a partire dai tre accelerogrammi reali relativi ad un sito in roccia (A) forniti dalla regione Emilia Romagna per il Comune di Casalecchio di Reno e identificati dalle sigle 046, 126 e 354 con valore di accelerazione di picco di 0,164g.

ACCELEROGRAMMI DI INPUT (0,164g)

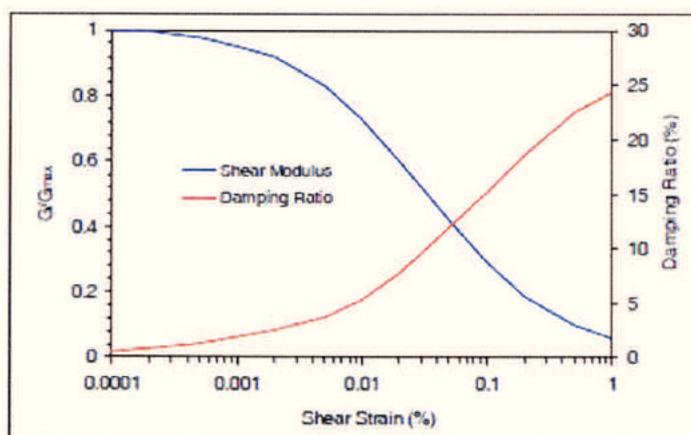


L'analisi è stata effettuata inoltre a partire da curve di variazione del modulo di rigidezza a taglio G e del fattore di smorzamento D in funzione della deformazione per le diverse tipologie di materiale tratte da "Gruppo di Lavoro MS, 2008 – Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica – Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della Protezione civile, Roma".

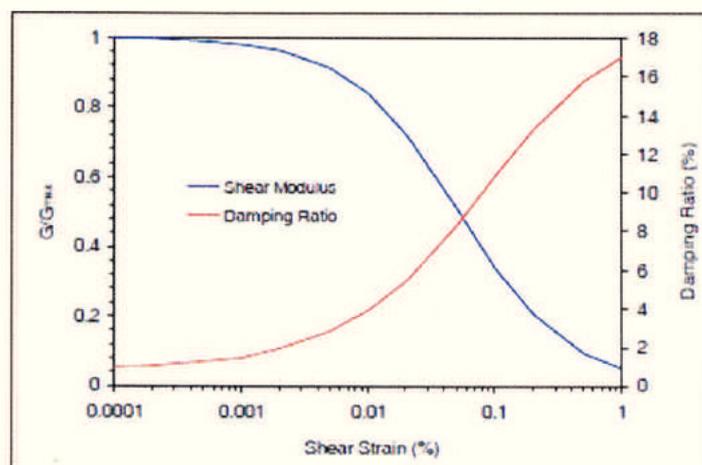
Variation of G and D in clays (Vucetic – I.P. 50)



Variation of G and D in sands (Seed & Idriss)



Variation of G and D in gravels (Rollins e altri – 1998)



11.2 Elaborazione del modello sismico

La prima fase di elaborazione consiste nel costruire la colonna di sottosuolo di riferimento, rappresentata da strati caratterizzati da diversa tessitura e da diversi valori delle onde di taglio S (V_s).

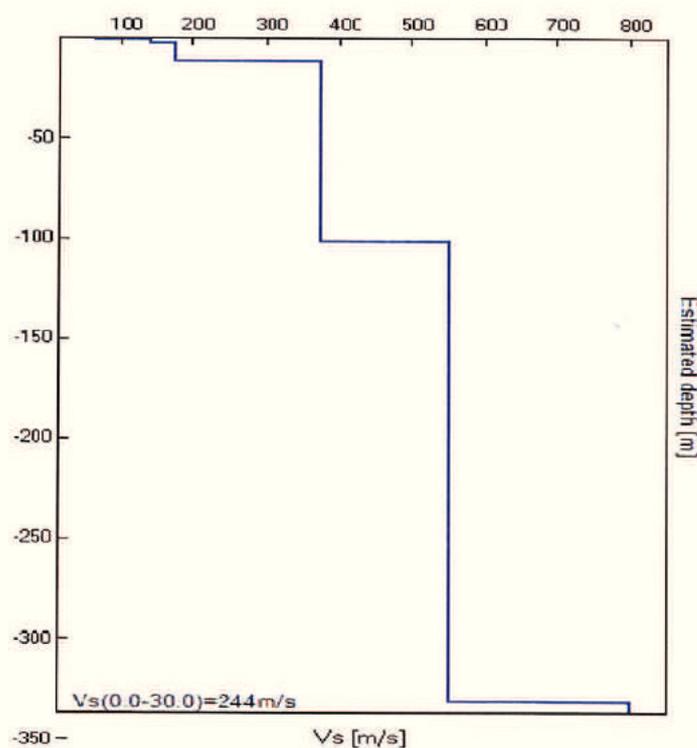
La stratigrafia che caratterizza il modello per i primi 30 metri deriva dagli esiti delle prove geognostiche eseguite mentre per l'attribuzione della velocità delle onde sismiche di taglio V_s relativa ai differenti strati della colonna sismica, si sono considerati gli esiti dell'indagine sismica; si sono inoltre utilizzati i dati della Banca Dati della Regione Emilia Romagna con riferimento alla Sez. 118

Sulla base dei risultati dell'indagine geofisica, la profondità del bedrock sismico cui corrisponde una $V_s = 800$ m/sec è stata stimata di 332,00 m dal p.c. attuale.

DISTRIBUZIONE DELLE V_s

Strato sismico	Profondità (m)	V_s (m/sec)
1	0,00÷0,50	68
2	0,50÷2,60	140
3	2,60÷11,60	175
4	11,60÷101,60	375
5	101,60÷331,60	550
7	>331,60	800

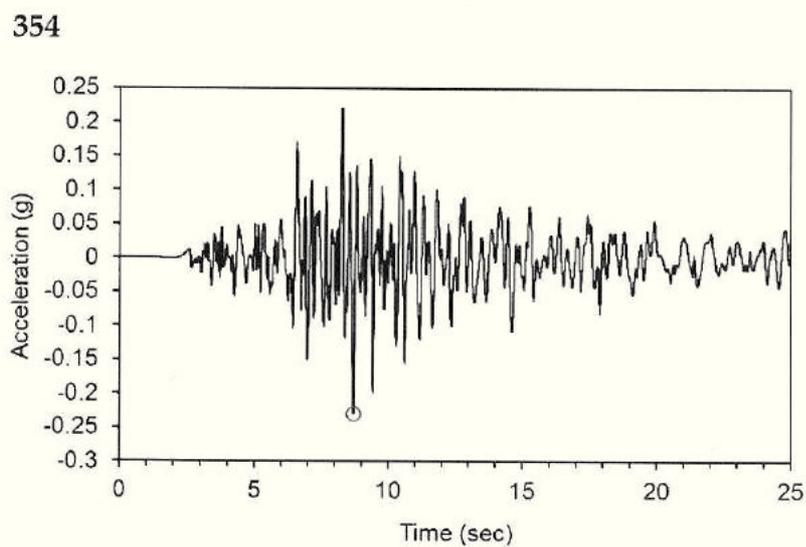
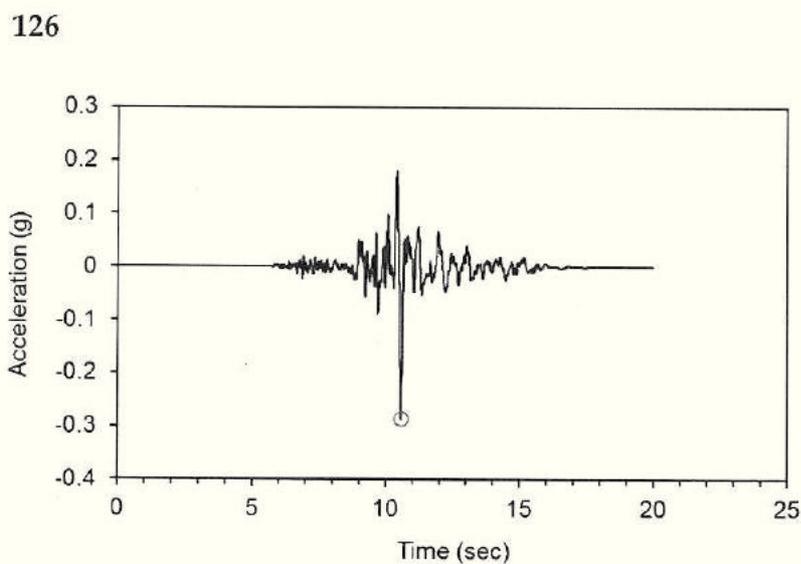
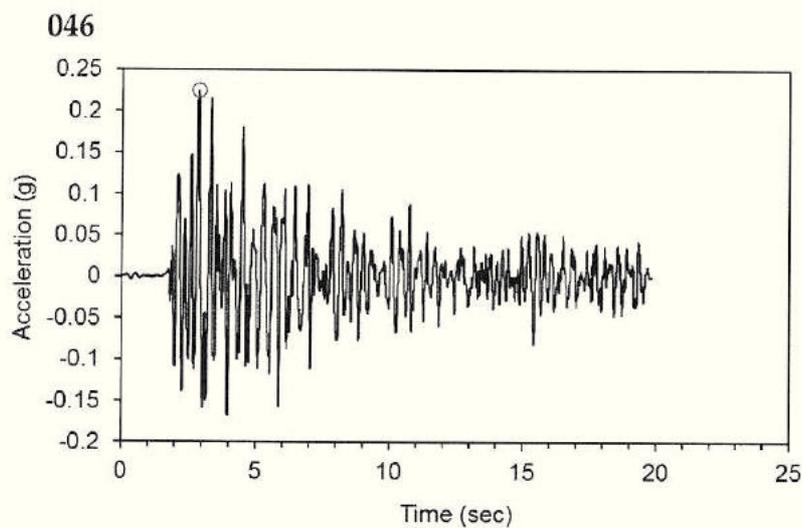
PROFILO DI VELOCITÀ



L'interpolazione tra il profilo di sottosuolo e le velocità delle onde sismiche di taglio permette di stimare i valori di accelerazione di picco attesi in superficie per i terremoti caratteristici.

I relativi accelerogrammi vengono riportati nella pagina seguente.

TAV. 4.1 - ACCELEROGRAMMI DEL SITO



Dagli accelerogrammi del sito si ricava il fattore di amplificazione in superficie in termini di accelerazione massima orizzontale come da tabella seguente.

Segnale reg.	PGA	F.A. (PGA/PGA ₀)
046	0,225	1,4
126	0,286	1,7
354	0,229	1,4

11.3 Elaborazione dell'amplificazione

La seconda fase di elaborazione consente di ottenere differenti spettri di risposta, ognuno dei quali descrive il diverso comportamento relativo ad ogni singolo strato della colonna litologica tipo, rispetto all'input sismico utilizzato.

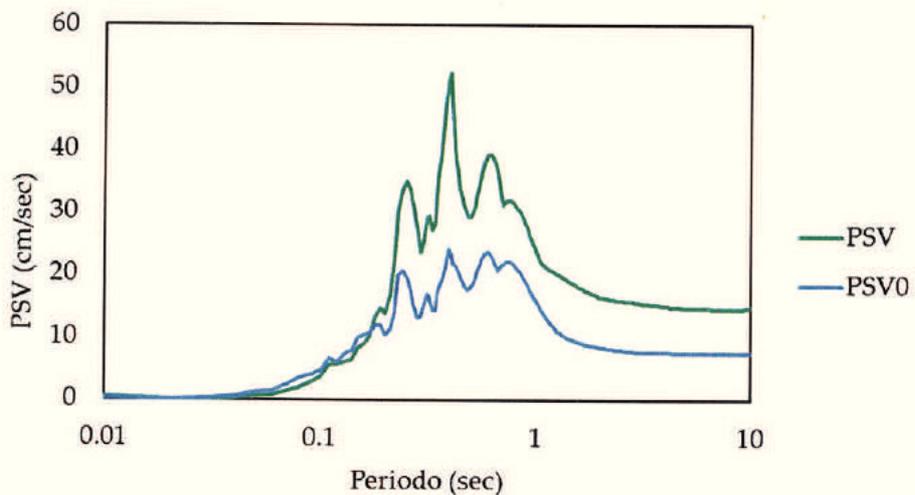
Nelle TAV. 5.1 vengono riportati i grafici della velocità spettrale; i risultati di questa analisi sono utilizzabili per il calcolo dell'Intensità Spettrale di Housner (IS), indicatore della pericolosità sismica definito come l'area sottesa dallo spettro di pseudovelocità in un intervallo prefissato di frequenze, e direttamente correlabile all'energia che viene dissipata nelle strutture durante il terremoto.

Nella tabella successiva vengono riportati i valori del Fattore di Amplificazione (F.A.), in termini di intensità spettrale ((IS), ottenuti per ciascuno dei tre sismi di progetto.

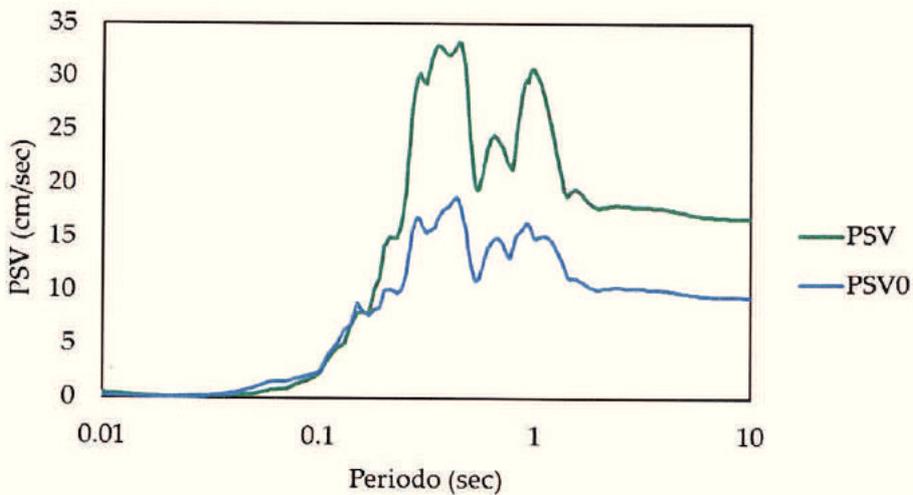
Segnale reg.	F.A. IS 0,00÷0,50 sec	F.A. IS 0,50÷1,00 sec
046	1,7	1,6
126	1,7	1,7
354	1,7	1,5

TAV. 5.1 – Spettri di risposta relativi alla pseudovelocità (PSV)

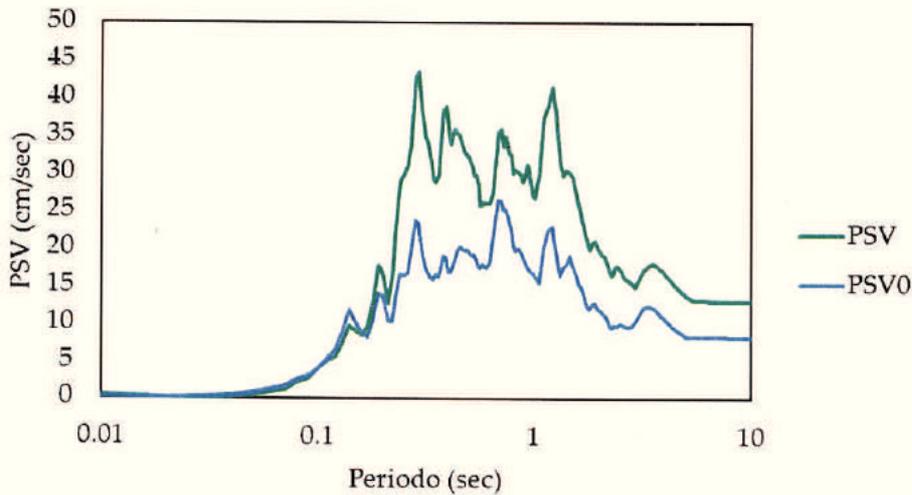
046



126



354

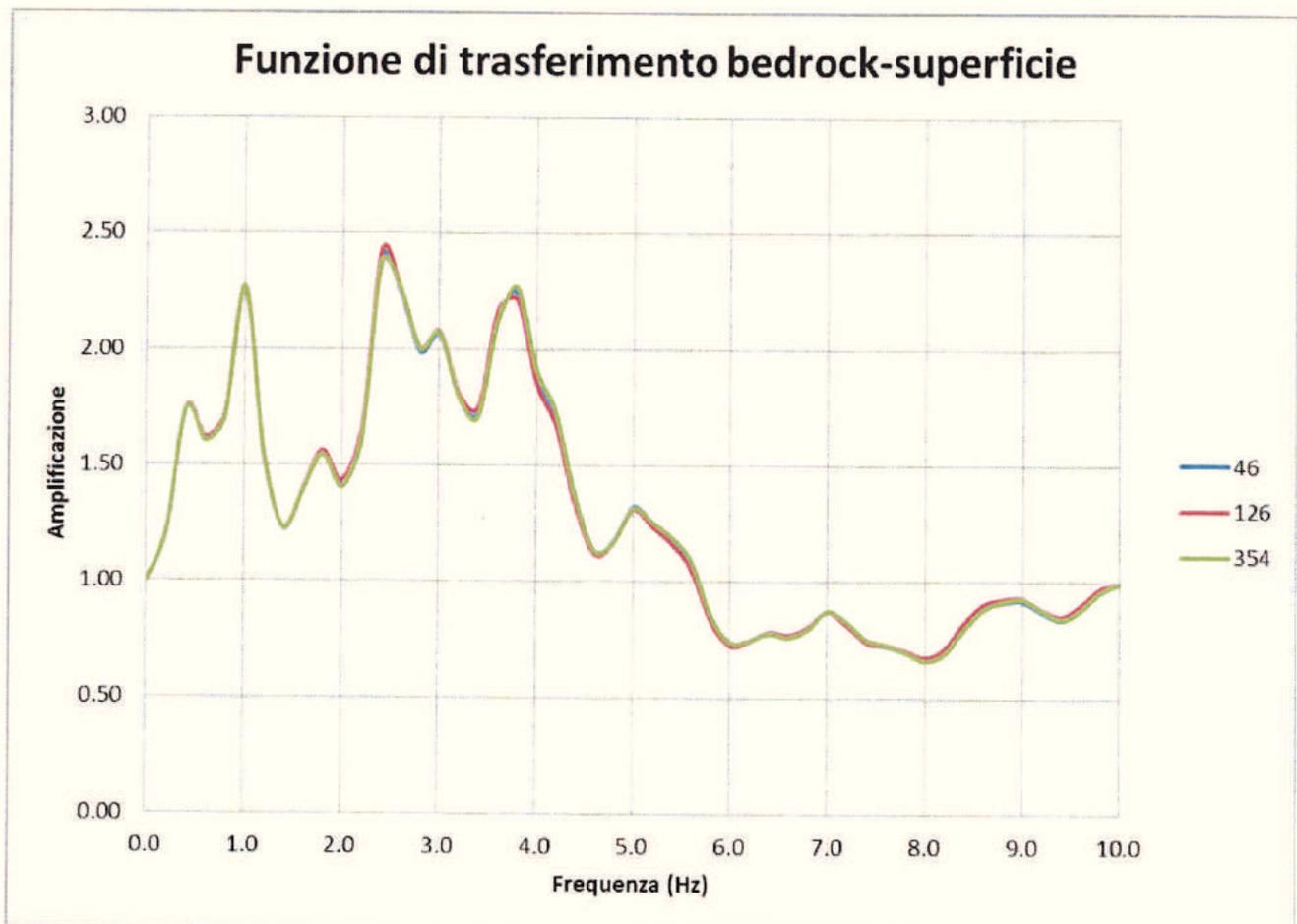


Il secondo grafico (TAV. 5.2) riporta la funzione di trasferimento bedrock/superficie ricavata dalla modellazione numerica per i 3 accelerogrammi di input.

La variazione del fattore di amplificazione con la frequenza definisce la funzione di amplificazione del deposito, dalla quale si ricava la frequenza fondamentale F_0 , definita come la frequenza cui corrisponde il valore massimo della funzione di amplificazione.

Dalle funzioni di amplificazione ricavate dalle elaborazioni (TAV. 5.2) risulta che la frequenza di risonanza tipica dei terreni (F_0) assume un valore di circa 2,4 Hz con amplificazione massima compresa tra 2,38 e 2,43.

TAV. 5.2 – Funzione di trasferimento bedrock/superficie



Nella TAV. 6 vengono confrontati lo spettro medio dei tre spettri di input, lo spettro elastico di progetto SLV (N.C.T. 3.2.3.5) ottenuto mediante il foglio di calcolo del Ministero dei Lavori Pubblici riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento e lo spettro normalizzato dell'involuppo dei medi.

I parametri utilizzati per determinare le forme spettrali sono i seguenti:

$$V_n = 50$$

Classe d'uso = II

Coefficiente d'uso = 1

Categoria di sottosuolo = C

Categoria topografica = T1

Smorzamento = 5 %

Fattore di struttura = 1

I parametri dello spettro normalizzato sono i seguenti:

$$S_e = 0,804g$$

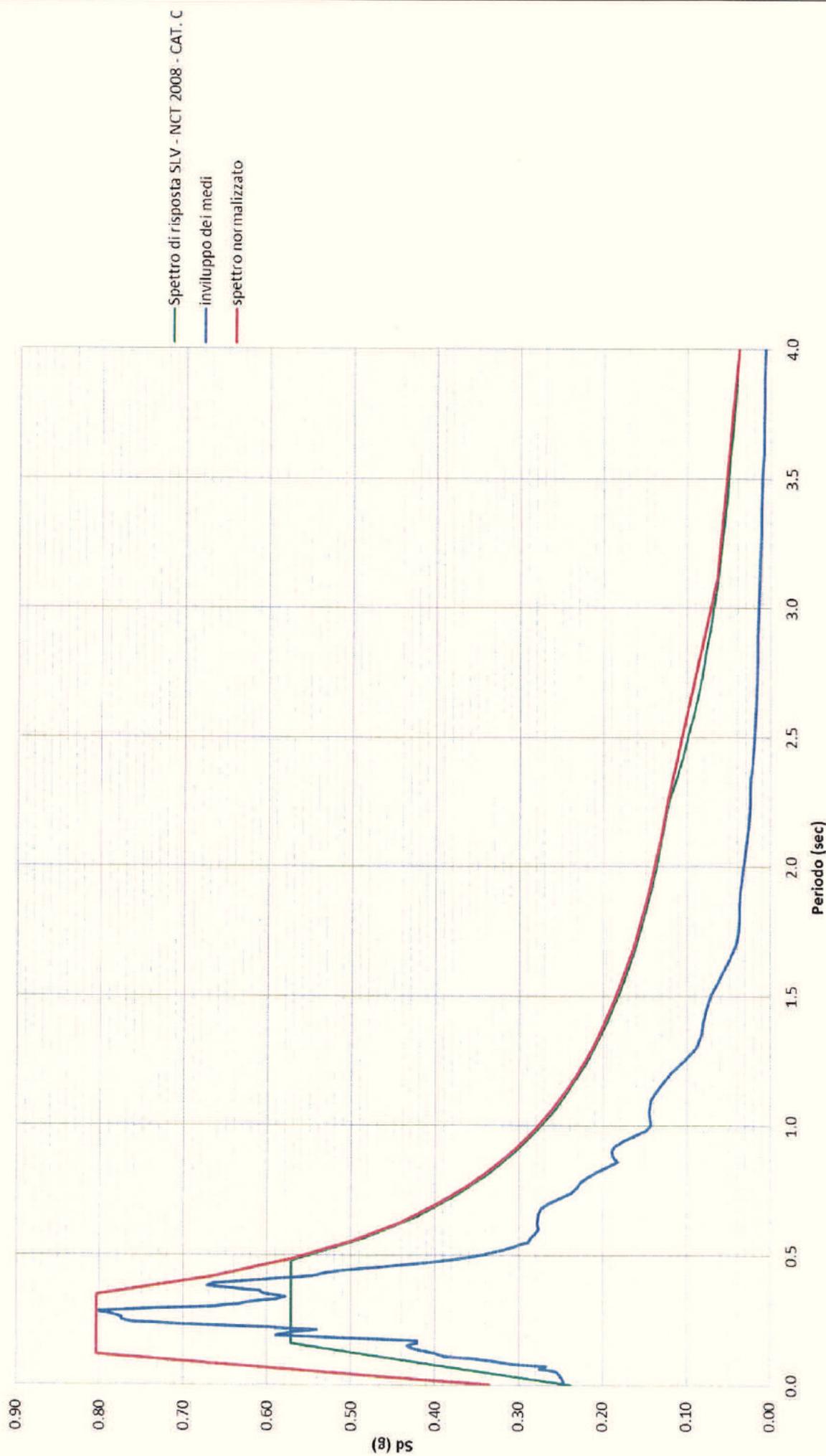
$$S_{RSL} = 2,06$$

$$T_B = 0,115 \text{ s}$$

$$T_C = 0,345 \text{ s}$$

$$T_D = 2,252 \text{ s}$$

TAV. 6– Spettri di risposta



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:

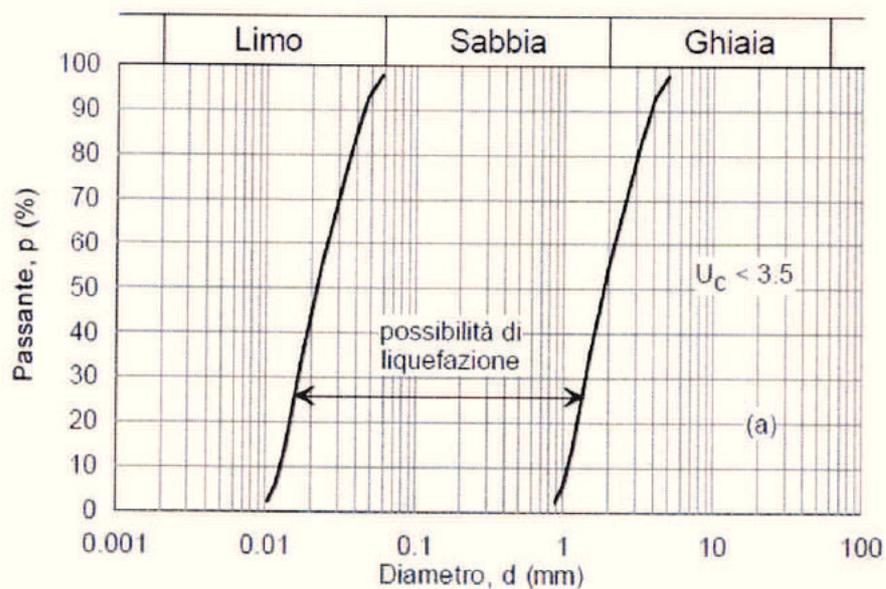
1. Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5; come visto in precedenza sulla base degli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica - Gruppo di Lavoro MS 2008" le valutazioni vengono effettuate utilizzando la magnitudo massima attestata di 6,14 (non soddisfatta).
2. Accelerazione massima attesa al p.c. in condizioni di campo libero minore di 0,1g; nel nostro caso $a_{maxs} = a_g \times F.A._{RSL} = 0,336g$ (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:

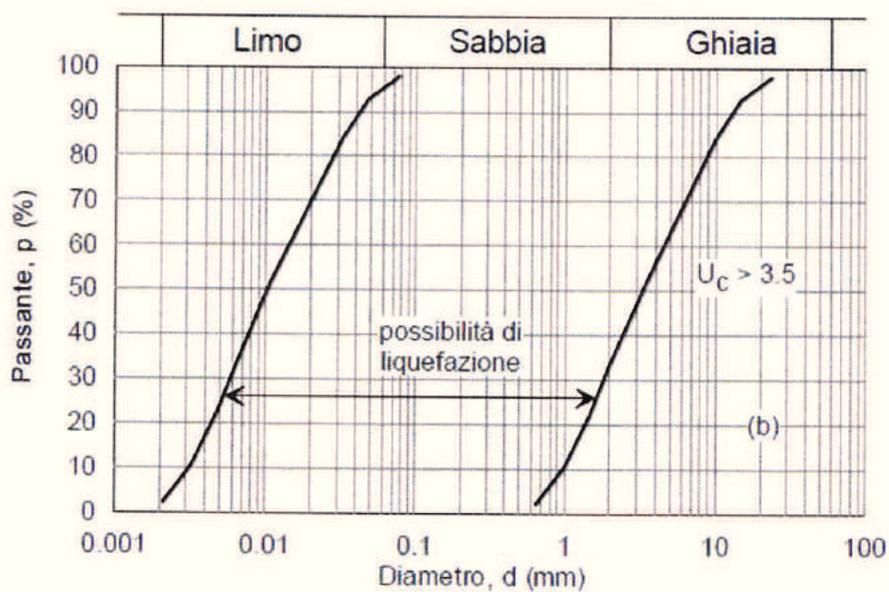
3. Profondità media stagionale della falda superiore a 15,00 m dal p.c., per p.c. suborizzontale e strutture con fondazioni superficiali; nel nostro caso al termine dell'indagine all'interno dei fori di prova non è stata rilevata la presenza di circolazioni idriche e/o falde freatiche di superficie; indagini eseguite in aree limitrofe hanno evidenziato la presenza di falda a profondità mediamente superiori a 15,00 m dal p.c. attuale (**soddisfatta**).
4. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $(q_{c1n}) > 180$; dalle prove penetrometriche eseguite risulta $(q_{c1n}) < 180$; (**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 soddisfatte due delle precedenti circostanze previste dalle N.T.C. 7.11.3.4.2, non si è proceduto ad eseguire la verifica alla liquefazione.

(a)



(b)



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.

Sulla base dei dati di resistenza meccanica ricavati dall'indagine geognostica eseguita è possibile valutare, in questa fase in via orientativa, la resistenza di progetto dei terreni del primo sottosuolo.

Come visto in precedenza i terreni presenti nell'area indagata, al disotto di un sottile orizzonte di terreno pedogenizzato e/o di riporto dello spessore massimo di 1,00 m, sono inizialmente rappresentati da limi argillosi di consistenza da dura a molto dura, presumibilmente sovraconsolidati per essiccamento, che dalla profondità di 1,40÷2,40 m, e sino a 5,40÷7,40 m, risultano sopportati da limi argillosi di consistenza plastica dura e localmente plastica.

Di seguito, utilizzando i parametri di resistenza meccanica misurati nel corso delle penetrometrie statiche eseguite, in modo indicativo, trattandosi essenzialmente di fabbricati ad uso artigianale - industriale, si verifica la capacità portante dei suddetti terreni prendendo in esame sistemi fondali diretti a plinti posti, rispetto al p.c. attuale, alla profondità di circa 2,00 m, e di tipo diretto nastriforme attestati a profondità di 1,50 m e 4,00 m.

Si rimanda ad una analisi più approfondita e dettagliata l'esatta verifica della resistenza di progetto, in relazione anche alle tipologie costruttive ed a particolari esigenze.

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_γ ; 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.

Agli ipotizzati piani di posa delle fondazioni i terreni sono rappresentati essenzialmente da limi argillosi di consistenza plastico dura, appartenenti alle unità geotecniche B e C e dalle sabbie variabilmente limose appartenenti all'unità B1; in considerazione del modesto spessore degli orizzonti sabbiosi, gli stessi non vengono considerati.

La verifica della resistenza di progetto del terreno in condizioni statiche viene pertanto eseguita prendendo in esame le unità geotecniche B e C.

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:

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

dove:

q_{cm} = 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 $\beta = 0$, si riduce a:

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

dove:

cud = coesione non drenata di progetto;

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

s_c = fattore di forma delle fondazioni; per fondazioni a plinti vale 1,2;

z_c = fattore correzione sismico inerziale;

$q = (\gamma \cdot D)$ = sovraccarico agente ai bordi della fondazione, dove γ è il peso di volume del terreno e D è l'incastro medio 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_{c_u}	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.

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 a plinti attestata a -2,00 m; B < 2,50 m

- *Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2)*

Punto N	Litologia	c_{uk} (kPa)	c_{ud} (kPa)	$\varphi'k$ (°)	$\varphi'd$ (°)	γ_R	Rd (kPa)
1	LA	100	71,4	-	-	1,8	261,4
2	LA	110	78,6	-	-	1,8	285,6
3	LA	100	71,4	-	-	1,8	261,4
4	LA	120	85,7	-	-	1,8	309,5
5	LA	100	71,4	-	-	1,8	261,4
6	LA	120	85,7	-	-	1,8	309,5
7	LA	120	85,7	-	-	1,8	309,5

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

Punto N	Litologia	C _{uk} (kPa)	C _{ud} (kPa)	φ' _k (°)	φ' _d (°)	γ _R	R _d (kPa)
1	LA	100	100,0	-	-	2,3	279,9
2	LA	110	110,0	-	-	2,3	306,2
3	LA	100	100,0	-	-	2,3	279,9
4	LA	120	120,0	-	-	2,3	332,5
5	LA	100	100,0	-	-	2,3	279,9
6	LA	120	120,0	-	-	2,3	332,5
7	LA	120	120,0	-	-	2,3	332,5

Fondazione nastriforme attestata a -1,50 m; B < 2,00 m- *Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2)*

Punto N	Litologia	C _{uk} (kPa)	C _{ud} (kPa)	φ' _k (°)	φ' _d (°)	γ _R	R _d (kPa)
1	LA	110	78,6	-	-	1,8	236,2
2	LA	120	85,7	-	-	1,8	256,1
3	LA	100	71,4	-	-	1,8	216,1
4	LA	120	85,7	-	-	1,8	256,1
5	LA	100	71,4	-	-	1,8	216,1
6	LA	120	85,7	-	-	1,8	256,1
7	LA	120	85,7	-	-	1,8	256,1

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

Punto N	Litologia	C _{uk} (kPa)	C _{ud} (kPa)	φ' _k (°)	φ' _d (°)	γ _R	R _d (kPa)
1	LA	110	110,0	-	-	2,3	253,8
2	LA	120	120,0	-	-	2,3	275,7
3	LA	100	100,0	-	-	2,3	231,8
4	LA	120	120,0	-	-	2,3	275,7
5	LA	100	100,0	-	-	2,3	231,6
6	LA	120	120,0	-	-	2,3	275,7
7	LA	120	120,0	-	-	2,3	275,7

Fondazione nastriforme attestata a -4,00 m; B < 2,00 m- *Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2)*

Punto N	Litologia	C _{uk} (kPa)	C _{ud} (kPa)	φ' _k (°)	φ' _d (°)	γ _R	R _d (kPa)
1	LA	80	57,1	-	-	1,8	170,7
2	LA	100	71,4	-	-	1,8	210,8
3	LA	95	67,9	-	-	1,8	201,0
4	LA	100	71,4	-	-	1,8	210,8
5	LA	110	78,6	-	-	1,8	231,0
6	LA	100	71,4	-	-	1,8	210,8
7	LA	100	71,4	-	-	1,8	210,8

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

Punto N	Litologia	C _{uk} (kPa)	C _{ud} (kPa)	φ' _k (°)	φ' _d (°)	γ _R	R _d (kPa)
1	LA	80	80,0	-	-	2,3	183,8
2	LA	100	100,0	-	-	2,3	227,7
3	LA	95	95,0	-	-	2,3	216,7
4	LA	100	100,0	-	-	2,3	227,7
5	LA	110	110,0	-	-	2,3	249,7
6	LA	100	100,0	-	-	2,3	227,7
7	LA	100	100,0	-	-	2,3	227,7

Sarà cura del progettista, sulla base della conoscenza dei parametri di progetto, della geometria del sistema fondale e delle azioni di progetto, la verifica della disequazione $E_d < R_d$.

14. CONSIDERAZIONI FINALI

L'area in esame si sviluppa ad una quota media di 58,00 m s.l.m., in un settore deposizionale dell'alta Pianura Padana pressoché pianeggiante, caratterizzato da leggere ondulazioni che degradano progressivamente verso Nord.

La litologia del primo sottosuolo, al disotto di un orizzonte di terreno pedogenizzato e/o di riporto dello spessore variabile mediamente da 0,40 m a 1,00 m circa, sino ad una profondità variabile da 1,40 m a 2,40 m circa, risulta caratterizzata dalla presenza di limi argillosi di colore da beige a nocciola di consistenza da dura a molto dura ed umidità scarsa, presumibilmente sovraconsolidati per essiccazione.

Sotto si evidenziano dei limi argillosi di colore da nocciola a marrone con screziature grigiastre, ruggine e nerastre e patine di ossidazione, di consistenza plastico dura ed umidità da medio scarsa a media, e rare e sottili lenti sabbiose e limose di addensamento da medio a medio buono.

Da una profondità variabile da 5,20 m (fascia meridionale) a 7,40 m circa, prevalgono dei limi argillosi di colore da beige a marrone, di consistenza da plastica a plastico dura ed umidità media, inglobanti localmente sottili lenti sabbioso limose di addensamento da medio scarso a medio.

I suddetti terreni si evidenziano sino alla profondità indagata, ad eccezione della fascia meridionale dove dalla profondità di 8,80 m risultano sopportati da ghiaie in matrice sabbioso limosa di addensamento da medio scarso a medio elevato, che hanno determinato l'arresto della penetrometria statica.

Al termine dell'indagine, all'interno dei fori di prova e sondaggio, non è stata evidenziata la presenza di falde freatiche di superficie o di circolazioni idriche localizzate.

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	0,40÷1,00	P/R	-	-	-	-	-
A	0,40÷1,00	1,40÷2,40	LA	3,7÷7,1	19,4÷19,7	150÷280	0	0
B	1,40÷2,40	5,20÷7,40	LA	1,9÷3,6	19,2÷19,4	95÷160	0	0
B1	2,80÷6,60	3,00÷7,20	S/SL	3,7÷10,4	18,5÷18,6	0	31÷36	29÷55
C	5,20÷7,40	8,80÷fine ind.	LA	1,1÷3,4	19,0÷19,3	55÷145	0	0
D	8,80	fine indag.	GSL	11,5÷34,3	18,5	0	35÷39	63÷95

I terreni del primo sottosuolo al p.c. presentano una Vs30 pari a 244 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 spessori superiori a

30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fine”).

La modellazione della risposta sismica locale ha consentito di determinare i valori del Fattore di Amplificazione (F.A.), in termini di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA₀) e di intensità spettrale (IS).

Dall'analisi della risposta sismica locale risulta che il fattore di amplificazione (F.A.), in termini di intensità spettrale (IS), per periodi propri del sito (T_0) compresi tra 0,1 e 0,5 sec è pari a 1,7, e per periodi compresi tra 0,5 e 1,0 sec varia da 1,5 a 1,7.

Il valore di accelerazione massima al sito per un tempo di ritorno di 475 anni è pari a 0,163g; la modellazione di III livello effettuata porta a stimare un'accelerazione massima attesa in superficie compresa tra 0,225g e 0,286g.

Il fattore di amplificazione in superficie F.A. in termini di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA₀) è compreso tra 1,4 e 1,7.

Dalla funzione di trasferimento bedrock/superficie risulta che la frequenza di risonanza tipica dei terreni (F_0) assume un valore di circa 2,6 Hz con amplificazione massima compresa tra 2,38 e 2,43.

Lo spettro normalizzato determinato sulla base dell'involuppo dei massimi presenta un'accelerazione spettrale S_e pari a 0,804g e un coefficiente di amplificazione locale $S_{RSL} = 2,06$.

Nell'area in esame sedimenti potenzialmente liquefabili sono inesistenti, essendo la litologia di superficie rappresentata da limi argillosi compatti supportati da ghiaie di elevato addensamento il cui tetto nella fascia Sud/Est è stato evidenziato ad una profondità media di 8,80 m dal p.c. attuale.

I terreni limoso argillosi e/o sabbiosi presenti ad una profondità media di 2,00 m dal p.c. attuale, nel caso di sistemi fondali a plinti, non considerando la superficie efficace degli stessi, consentono valori di resistenza di progetto compresi tra 261,4 kN/m² a 309,5 kN/m² nel caso di verifica mediante "Approccio 1 Combinazione 2" e tra 279,9 kN/m² e 332,5 kN/m² nel caso di "Approccio 2".

Per fondazioni nastriformi attestata alla profondità di 1,50 m dal p.c. attuale, sempre non considerando la superficie efficace delle stesse, si ottengono valori di resistenza di progetto compresi tra 216,1 kN/m² e 256,1 kN/m² nel caso di verifica mediante "Approccio 1 Combinazione 2" e tra 231,8 kN/m² e 275,7 kN/m² nel caso di "Approccio 2", mentre per fondazioni poste alla profondità di 4,00 m risultano rispettivamente compresi tra 170,7 kN/m² e 231,0 kN/m² (Approccio 1 Combinazione 2) e tra 183,8 kN/m² e 249,7 kN/m² (Approccio 2).

Si rimanda ad una analisi più approfondita e dettagliata l'esatta verifica della capacità portante, in relazione anche alle tipologie costruttive ed a particolari esigenze.

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

Casalecchio di Reno, 14 Maggio 2015



ALLEGATI

Indagine geognostica

Committente: Sassomet S.r.l.
 Località : Casalecchio di Reno
 Cantiere : comparto C.3.17
 n° prova : 1
 Profondità falda : assente
 Attrezzatura: Penetrometro da 200 kN
 Note: ---

Rapporto di prova N°: -- /RSP

Data prova: 30/10/2001
 Quota: --
 Codice lavoro: --
 Procedura di prova: --

L1 kg/cm ²	L2 kg/cm ²	qc MPa	fs kPa	qc/fs -	Rf %	
66		6,47	255,06	25	3,94	
51	90	5,00	130,80	38	2,62	
51	71	5,00	170,04	29	3,40	
47	73	4,61	202,74	23	4,40	
40	71	3,92	235,44	17	6,00	1,0 m
40	76	3,92	235,44	17	6,00	
47	83	4,61	261,60	18	5,68	
30	70	2,94	111,18	26	3,78	
28	45	2,75	170,04	16	6,19	
24	50	2,35	156,96	15	6,67	2,0 m
25	49	2,45	130,80	19	5,34	
26	46	2,55	130,80	19	5,13	
32	52	3,14	209,28	15	6,67	
34	66	3,33	215,82	15	6,47	
34	67	3,33	215,82	15	6,47	3,0 m
37	70	3,63	228,90	16	6,31	
36	71	3,53	183,12	19	5,19	
28	56	2,75	143,88	19	5,24	
23	45	2,25	130,80	17	5,80	
20	40	1,96	111,18	18	5,67	4,0 m
21	38	2,06	137,34	15	6,67	
23	44	2,25	137,34	16	6,09	
31	52	3,04	104,64	29	3,44	
23	39	2,25	176,58	13	7,83	
37	64	3,63	52,32	69	1,44	5,0 m
35	43	3,43	65,40	52	1,91	
16	26	1,57	71,94	22	4,59	
16	27	1,57	78,48	20	5,00	
14	26	1,37	52,32	26	3,81	
15	23	1,47	52,32	28	3,56	6,0 m
22	30	2,16	52,32	41	2,43	
15	23	1,47	71,94	20	4,89	
14	25	1,37	98,10	14	7,15	
13	28	1,27	71,94	18	5,64	
19	30	1,86	111,18	17	5,97	7,0 m
33	50	3,24	58,86	55	1,82	
26	35	2,55	52,32	49	2,05	
19	27	1,86	78,48	24	4,21	
22	34	2,16	111,18	19	5,15	
23	40	2,25	137,34	16	6,09	8,0 m
23	44	2,25	137,34	16	6,09	
23	44	2,25	71,94	31	3,19	
19	30	1,86	65,40	28	3,51	
32	42	3,14	52,32	60	1,67	
118	126	11,57	78,48	147	0,68	9,0 m
278	290	27,25	143,88	189	0,53	
350	372	34,31				

Revisione	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
0	30/10/2001	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

Committente: Sassomet S.r.l.
 Località: Casalecchio di Reno
 Cantiere: comparto C.3.17
 n° prova: 2
 Profondità falda: assente
 Attrezzatura: Penetrometro da 200 kN
 Note: ---

Rapporto di prova N°: -- /RSP

Data prova: 30/10/2001
 Quota: --
 Codice lavoro: --
 Procedura di prova: --

L1 kg/cm ²	L2 kg/cm ²	qc MPa	fs kPa	qc/fs -	Rf %	
30		2,94	143,88	20	4,89	
35	57	3,43	143,88	24	4,19	
34	56	3,33	228,90	15	6,87	
39	74	3,82	202,74	19	5,30	
43	74	4,22	215,82	20	5,12	1,0 m
51	84	5,00	209,28	24	4,19	
59	91	5,78	241,98	24	4,18	
53	90	5,20	156,96	33	3,02	
45	69	4,41	209,28	21	4,74	
36	68	3,53	196,20	18	5,56	2,0 m
44	74	4,31	281,22	15	6,52	
50	93	4,90	313,92	16	6,40	
35	83	3,43	215,82	16	6,29	
31	64	3,04	143,88	21	4,73	
27	49	2,65	137,34	19	5,19	3,0 m
26	47	2,55	143,88	18	5,64	
29	51	2,84	170,04	17	5,98	
32	58	3,14	209,28	15	6,67	
38	70	3,73	235,44	16	6,32	
36	72	3,53	235,44	15	6,67	4,0 m
37	73	3,63	235,44	15	6,49	
36	72	3,53	209,28	17	5,93	
30	62	2,94	163,50	18	5,56	
23	48	2,25	117,72	19	5,22	
30	48	2,94	196,20	15	6,67	5,0 m
35	65	3,43	150,42	23	4,38	
24	47	2,35	150,42	16	6,39	
26	49	2,55	111,18	23	4,36	
21	38	2,06	104,64	20	5,08	
25	41	2,45	143,88	17	5,87	6,0 m
21	43	2,06	130,80	16	6,35	
20	40	1,96	124,26	16	6,34	
19	38	1,86	117,72	16	6,32	
22	40	2,16	130,80	16	6,06	
28	48	2,75	98,10	28	3,57	7,0 m
25	40	2,45	98,10	25	4,00	
26	41	2,55	104,64	24	4,11	
17	33	1,67	85,02	20	5,10	
47	60	4,61	85,02	54	1,85	
33	46	3,24	65,40	49	2,02	8,0 m
16	26	1,57	85,02	18	5,42	
17	30	1,67	91,56	18	5,49	
16	30	1,57	98,10	16	6,25	
17	32	1,67	104,64	16	6,28	
18	34	1,76	111,18	16	6,30	9,0 m
15	32	1,47	91,56	16	6,23	
16	30	1,57	104,64	15	6,67	
20	36	1,96	117,72	17	6,00	
20	38	1,96	111,18	18	5,67	
20	37	1,96				10,0 m

Revisione	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
0	30/10/2001	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

Committente: Sassomet S.r.l.
 Località: Casalecchio di Reno
 Cantiere: comparto C.3.17
 n° prova: 3
 Profondità falda: assente
 Attrezzatura: Penetrometro da 200 kN
 Note: ---

Rapporto di prova N°: **-- /RSP**

Data prova: 30/10/2001
 Quota: --
 Codice lavoro: --
 Procedura di prova: --

L1 kg/cm ²	L2 kg/cm ²	qc MPa	fs kPa	qc/fs -	Rf %	
26		2,55	143,88	18	5,64	
48	70	4,71	156,96	30	3,34	
37	61	3,63	143,88	25	3,97	
60	82	5,88	261,60	22	4,45	
54	94	5,29	281,22	19	5,31	1,0 m
50	93	4,90	170,04	29	3,47	
45	71	4,41	215,82	20	4,89	
35	68	3,43	183,12	19	5,34	
30	58	2,94	137,34	21	4,67	
28	49	2,75	150,42	18	5,48	2,0 m
28	51	2,75	150,42	18	5,48	
19	42	1,86	98,10	19	5,27	
23	38	2,25	130,80	17	5,80	
25	45	2,45	98,10	25	4,00	
49	64	4,80	91,56	52	1,91	3,0 m
27	41	2,65	130,80	20	4,94	
27	47	2,65	111,18	24	4,20	
31	48	3,04	150,42	20	4,95	
35	58	3,43	189,66	18	5,53	
37	66	3,63	215,82	17	5,95	4,0 m
37	70	3,63	222,36	16	6,13	
37	71	3,63	209,28	17	5,77	
36	68	3,53	222,36	16	6,30	
37	71	3,63	196,20	18	5,41	
48	78	4,71	91,56	51	1,95	5,0 m
45	59	4,41	85,02	52	1,93	
20	33	1,96	85,02	23	4,34	
19	32	1,86	91,56	20	4,92	
20	34	1,96	104,64	19	5,34	
25	41	2,45	130,80	19	5,34	6,0 m
21	41	2,06	104,64	20	5,08	
24	40	2,35	111,18	21	4,73	
18	35	1,76	71,94	25	4,08	
19	30	1,86	104,64	18	5,62	
18	34	1,76	104,64	17	5,93	7,0 m
19	35	1,86	124,26	15	6,67	
16	35	1,57	85,02	18	5,42	
22	35	2,16	98,10	22	4,55	
21	36	2,06	137,34	15	6,67	
17	38	1,67	98,10	17	5,89	8,0 m
17	32	1,67	104,64	16	6,28	
18	34	1,76	111,18	16	6,30	
17	34	1,67	111,18	15	6,67	
21	38	2,06	117,72	17	5,72	
22	40	2,16	117,72	18	5,46	9,0 m
19	37	1,86	111,18	17	5,97	
18	35	1,76	98,10	18	5,56	
21	36	2,06	130,80	16	6,35	
20	40	1,96	117,72	17	6,00	
20	38	1,96				10,0 m

Revisione	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
0	30/10/2001	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

Committente: Sassomet S.r.l.
 Località: Casalecchio di Reno
 Cantiere: comparto C.3.17
 n° prova: 4
 Profondità falda: assente
 Attrezzatura: Penetrometro da 200 kN
 Note: ---

Rapporto di prova N°: **-- /RSP**

Data prova: 30/10/2001
 Quota: --
 Codice lavoro: --
 Procedura di prova: --

L1 kg/cm ²	L2 kg/cm ²	qc MPa	fs kPa	qc/fs -	Rf %	
42		4,12	117,72	35	2,86	
47	65	4,61	235,44	20	5,11	
53	89	5,20	163,50	32	3,15	
68	93	6,67	176,58	38	2,65	
73	100	7,16	241,98	30	3,38	1,0 m
60	97	5,88	183,12	32	3,11	
43	71	4,22	215,82	20	5,12	
33	66	3,24	209,28	15	6,47	
26	58	2,55	137,34	19	5,39	
31	52	3,04	170,04	18	5,59	2,0 m
31	57	3,04	189,66	16	6,24	
30	59	2,94	189,66	16	6,45	
29	58	2,84	137,34	21	4,83	
32	53	3,14	183,12	17	5,84	
36	64	3,53	235,44	15	6,67	3,0 m
33	69	3,24	163,50	20	5,05	
39	64	3,82	235,44	16	6,16	
35	71	3,43	183,12	19	5,34	
38	66	3,73	189,66	20	5,09	
29	58	2,84	183,12	16	6,44	4,0 m
26	54	2,55	170,04	15	6,67	
37	63	3,63	202,74	18	5,59	
36	67	3,53	183,12	19	5,19	
29	57	2,84	183,12	16	6,44	
30	58	2,94	196,20	15	6,67	5,0 m
27	57	2,65	156,96	17	5,93	
30	54	2,94	163,50	18	5,56	
25	50	2,45	163,50	15	6,67	
23	48	2,25	104,64	22	4,64	
19	35	1,86	91,56	20	4,92	6,0 m
20	34	1,96	111,18	18	5,67	
20	37	1,96	111,18	18	5,67	
23	40	2,25	104,64	22	4,64	
38	54	3,73	71,94	52	1,93	
26	37	2,55	78,48	32	3,08	7,0 m
66	78	6,47	98,10	66	1,52	
24	39	2,35	71,94	33	3,06	
15	26	1,47	98,10	15	6,67	
16	31	1,57	91,56	17	5,84	
18	32	1,76	91,56	19	5,19	8,0 m
20	34	1,96	117,72	17	6,00	
22	40	2,16	111,18	19	5,15	
17	34	1,67	104,64	16	6,28	
17	33	1,67	111,18	15	6,67	
17	34	1,67	85,02	20	5,10	9,0 m
21	34	2,06	124,26	17	6,04	
24	43	2,35	111,18	21	4,73	
35	52	3,43	137,34	25	4,00	
25	46	2,45	124,26	20	5,07	
30	49	2,94				10,0 m

Revisione	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
0	30/10/2001	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

Committente: Sassomet S.r.l.
 Località: Casalecchio di Reno
 Cantiere: comparto C.3.17
 n° prova: 5
 Profondità falda: assente
 Attrezzatura: Penetrometro da 200 kN
 Note: ---

Rapporto di prova N°: -- /RSP

Data prova: 30/10/2001
 Quota: --
 Codice lavoro: --
 Procedura di prova: --

L1 kg/cm ²	L2 kg/cm ²	qc MPa	fs kPa	qc/fs -	Rf %	
60		5,88	39,24	150	0,67	
11	17	1,08	65,40	16	6,06	
45	55	4,41	98,10	45	2,22	
45	60	4,41	98,10	45	2,22	
38	53	3,73	98,10	38	2,63	1,0 m
37	52	3,63	130,80	28	3,61	
46	66	4,51	248,52	18	5,51	
34	72	3,33	176,58	19	5,30	
23	50	2,25	104,64	22	4,64	
21	37	2,06	111,18	19	5,40	2,0 m
23	40	2,25	137,34	16	6,09	
21	42	2,06	117,72	17	5,72	
21	39	2,06	130,80	16	6,35	
21	41	2,06	104,64	20	5,08	
26	42	2,55	143,88	18	5,64	3,0 m
28	50	2,75	163,50	17	5,96	
32	57	3,14	163,50	19	5,21	
25	50	2,45	163,50	15	6,67	
29	54	2,84	156,96	18	5,52	
29	53	2,84	156,96	18	5,52	4,0 m
35	59	3,43	130,80	26	3,81	
30	50	2,94	117,72	25	4,00	
39	57	3,82	71,94	53	1,88	
44	55	4,31	78,48	55	1,82	
27	39	2,65	137,34	19	5,19	5,0 m
25	46	2,45	130,80	19	5,34	
24	44	2,35	124,26	19	5,28	
26	45	2,55	117,72	22	4,62	
52	70	5,10	85,02	60	1,67	
54	67	5,29	91,56	58	1,73	6,0 m
107	121	10,49	130,80	80	1,25	
118	138	11,57	111,18	104	0,96	
30	47	2,94	52,32	56	1,78	
19	27	1,86	91,56	20	4,92	
25	39	2,45	91,56	27	3,74	7,0 m
32	46	3,14	71,94	44	2,29	
28	39	2,75	71,94	38	2,62	
21	32	2,06	98,10	21	4,76	
20	35	1,96	111,18	18	5,67	
17	34	1,67	98,10	17	5,89	8,0 m
19	34	1,86	98,10	19	5,27	
20	35	1,96	104,64	19	5,34	
20	36	1,96	78,48	25	4,00	
26	38	2,55	111,18	23	4,36	
26	43	2,55	130,80	19	5,13	9,0 m
24	44	2,35	117,72	20	5,00	
28	46	2,75	124,26	22	4,53	
29	48	2,84	117,72	24	4,14	
27	45	2,65	98,10	27	3,71	
27	42	2,65				10,0 m

Revisione	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
0	30/10/2001	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

Committente: Sassomet S.r.l.
 Località: Casalecchio di Reno
 Cantiere: comparto C.3.17
 n° prova: 6
 Profondità falda: assente
 Attrezzatura: Penetrometro da 200 kN
 Note: ---

Rapporto di prova N°: -- /RSP

Data prova: 30/10/2001
 Quota: --
 Codice lavoro: --
 Procedura di prova: --

L1 kg/cm ²	L2 kg/cm ²	qc MPa	fs kPa	qc/fs -	Rf %	
23		2,25	117,72	19	5,22	
62	80	6,08	170,04	36	2,80	
75	101	7,35	202,74	36	2,76	
67	98	6,57	176,58	37	2,69	
98	125	9,61	261,60	37	2,72	1,0 m
84	124	8,24	241,98	34	2,94	
72	109	7,06	202,74	35	2,87	
63	94	6,18	189,66	33	3,07	
64	93	6,27	189,66	33	3,02	
58	87	5,69	183,12	31	3,22	2,0 m
47	75	4,61	163,50	28	3,55	
55	80	5,39	327,00	16	6,06	
32	82	3,14	156,96	20	5,00	
26	50	2,55	124,26	21	4,87	
26	45	2,55	130,80	19	5,13	3,0 m
30	50	2,94	189,66	16	6,45	
33	62	3,24	170,04	19	5,26	
31	57	3,04	170,04	18	5,59	
31	57	3,04	202,74	15	6,67	
26	57	2,55	130,80	19	5,13	4,0 m
32	52	3,14	156,96	20	5,00	
29	53	2,84	143,88	20	5,06	
27	49	2,65	111,18	24	4,20	
36	53	3,53	104,64	34	2,96	
26	42	2,55	124,26	21	4,87	5,0 m
24	43	2,35	104,64	22	4,45	
21	37	2,06	91,56	22	4,45	
22	36	2,16	85,02	25	3,94	
27	40	2,65	98,10	27	3,71	
19	34	1,86	85,02	22	4,56	6,0 m
23	36	2,25	91,56	25	4,06	
25	39	2,45	98,10	25	4,00	
28	43	2,75	104,64	26	3,81	
19	35	1,86	78,48	24	4,21	
26	38	2,55	45,78	56	1,80	7,0 m
15	22	1,47	65,40	22	4,45	
21	31	2,06	65,40	31	3,18	
17	27	1,67	71,94	23	4,32	
20	31	1,96	65,40	30	3,34	
13	23	1,27	65,40	19	5,13	8,0 m
16	26	1,57	71,94	22	4,59	
14	25	1,37	65,40	21	4,76	
14	24	1,37	71,94	19	5,24	
12	23	1,18	52,32	22	4,45	
27	35	2,65	78,48	34	2,96	9,0 m
30	42	2,94	85,02	35	2,89	
42	55	4,12	78,48	52	1,91	
28	40	2,75	98,10	28	3,57	
27	42	2,65	98,10	27	3,71	
25	40	2,45				10,0 m

Revisione	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
0	30/10/2001	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

Committente: Sassomet S.r.l.
 Località: Casalecchio di Reno
 Cantiere: comparto C.3.17
 n° prova: 7
 Profondità falda: assente
 Attrezzatura: Penetrometro da 200 kN
 Note: ---

Rapporto di prova N°: -- /RSP

Data prova: 30/10/2001
 Quota: --
 Codice lavoro: --
 Procedura di prova: --

L1 kg/cm ²	L2 kg/cm ²	qc MPa	fs kPa	qc/fs -	Rf %	
20		1,96	58,86	33	3,00	
38	47	3,73	78,48	47	2,11	
66	78	6,47	150,42	43	2,32	
75	98	7,35	202,74	36	2,76	
77	108	7,55	209,28	36	2,77	1,0 m
78	110	7,65	222,36	34	2,91	
71	105	6,96	202,74	34	2,91	
63	94	6,18	209,28	30	3,39	
48	80	4,71	170,04	28	3,61	
42	68	4,12	202,74	20	4,92	2,0 m
49	80	4,80	281,22	17	5,85	
46	89	4,51	228,90	20	5,08	
37	72	3,63	189,66	19	5,23	
33	62	3,24	156,96	21	4,85	
36	60	3,53	183,12	19	5,19	3,0 m
37	65	3,63	215,82	17	5,95	
34	67	3,33	202,74	16	6,08	
34	65	3,33	143,88	23	4,32	
38	60	3,73	222,36	17	5,97	
39	73	3,82	235,44	16	6,16	4,0 m
39	75	3,82	202,74	19	5,30	
32	63	3,14	215,82	15	6,88	
33	66	3,24	143,88	22	4,45	
33	55	3,24	156,96	21	4,85	
42	66	4,12	78,48	52	1,91	5,0 m
56	68	5,49	91,56	60	1,67	
30	44	2,94	71,94	41	2,45	
20	31	1,96	85,02	23	4,34	
20	33	1,96	71,94	27	3,67	
21	32	2,06	78,48	26	3,81	6,0 m
18	30	1,76	71,94	25	4,08	
29	40	2,84	91,56	31	3,22	
34	48	3,33	98,10	34	2,94	
27	42	2,65	71,94	37	2,72	
30	41	2,94	58,86	50	2,00	7,0 m
18	27	1,76	104,64	17	5,93	
15	31	1,47	65,40	22	4,45	
20	30	1,96	78,48	25	4,00	
19	31	1,86	85,02	22	4,56	
22	35	2,16	45,78	47	2,12	8,0 m
16	23	1,57	52,32	30	3,34	
15	23	1,47	45,78	32	3,11	
19	26	1,86	71,94	26	3,86	
23	34	2,25	91,56	25	4,06	
30	44	2,94	52,32	56	1,78	9,0 m
18	26	1,76	78,48	22	4,45	
19	31	1,86	78,48	24	4,21	
23	35	2,25	85,02	27	3,77	
25	38	2,45	91,56	27	3,74	
20	34	1,96				10,0 m

Revisione	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
0	30/10/2001	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

GEO-PROBE S.r.l.

- Indagini Geostatiche -

40033 CASALECCHIO DI RENO

Via Cimara, 119 - Tel. 051/61.33.072

CPT (CONE PENETRATION TEST)

N. 1

Rapporto di Prova N°: -- /RSP

Committente : Sassomet S.r.l.

Quota: --

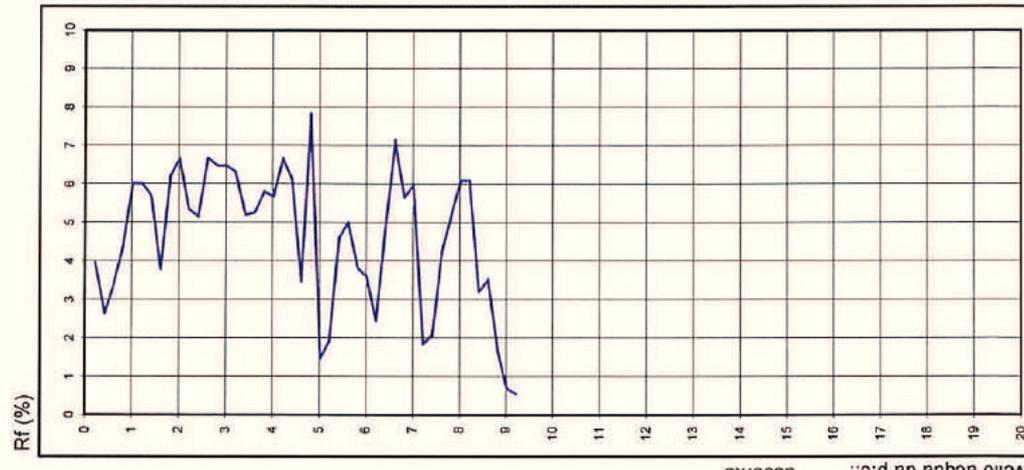
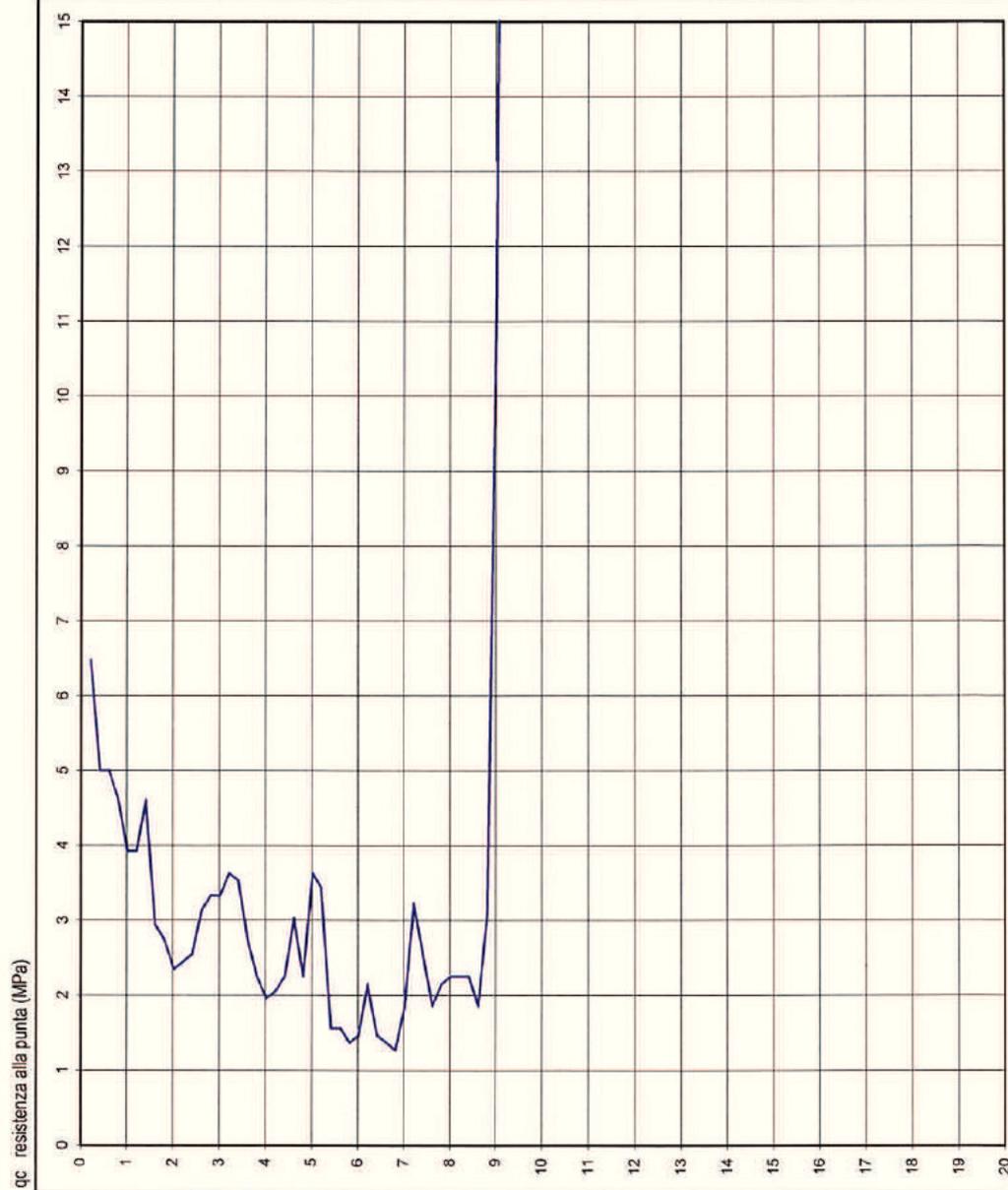
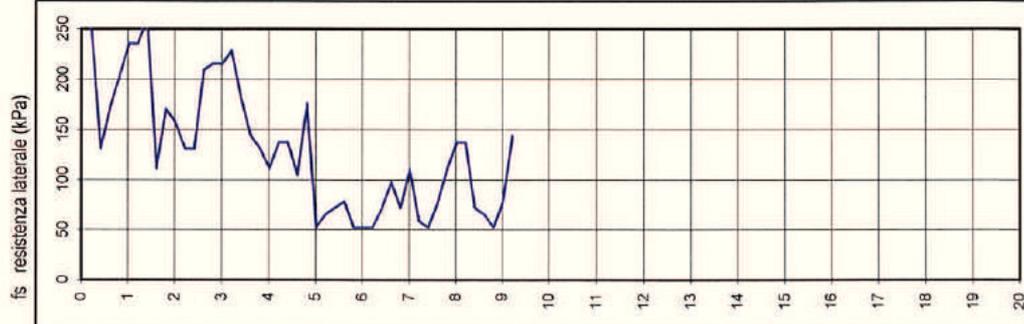
Località : Casalecchio di Reno

Data prova : 30/10/2001

comparto C.3.17

Attrezzatura : Penetrometro da 200 kN

Codice lavoro: --



Note: ---

Procedura di prova	Normativa di riferimento	Rev.	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
--		0	30/10/2001	Dr. Tabarroni	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. 2

Committente : Sassomet S.r.l.

Località : Casalecchio di Reno

Attrezzatura : Penetrometro da 200 kN

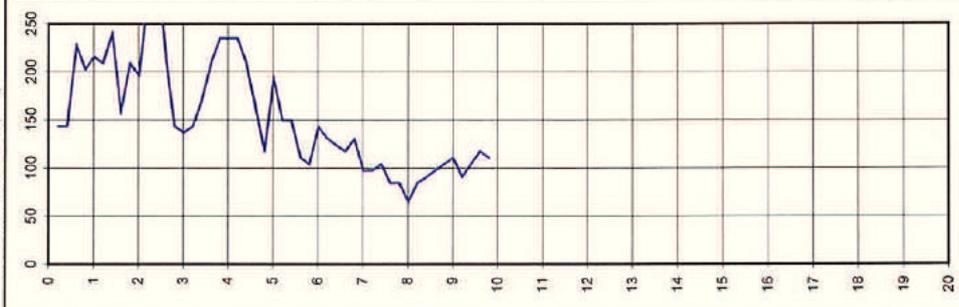
Rapporto di Prova N°: --

Quota: --

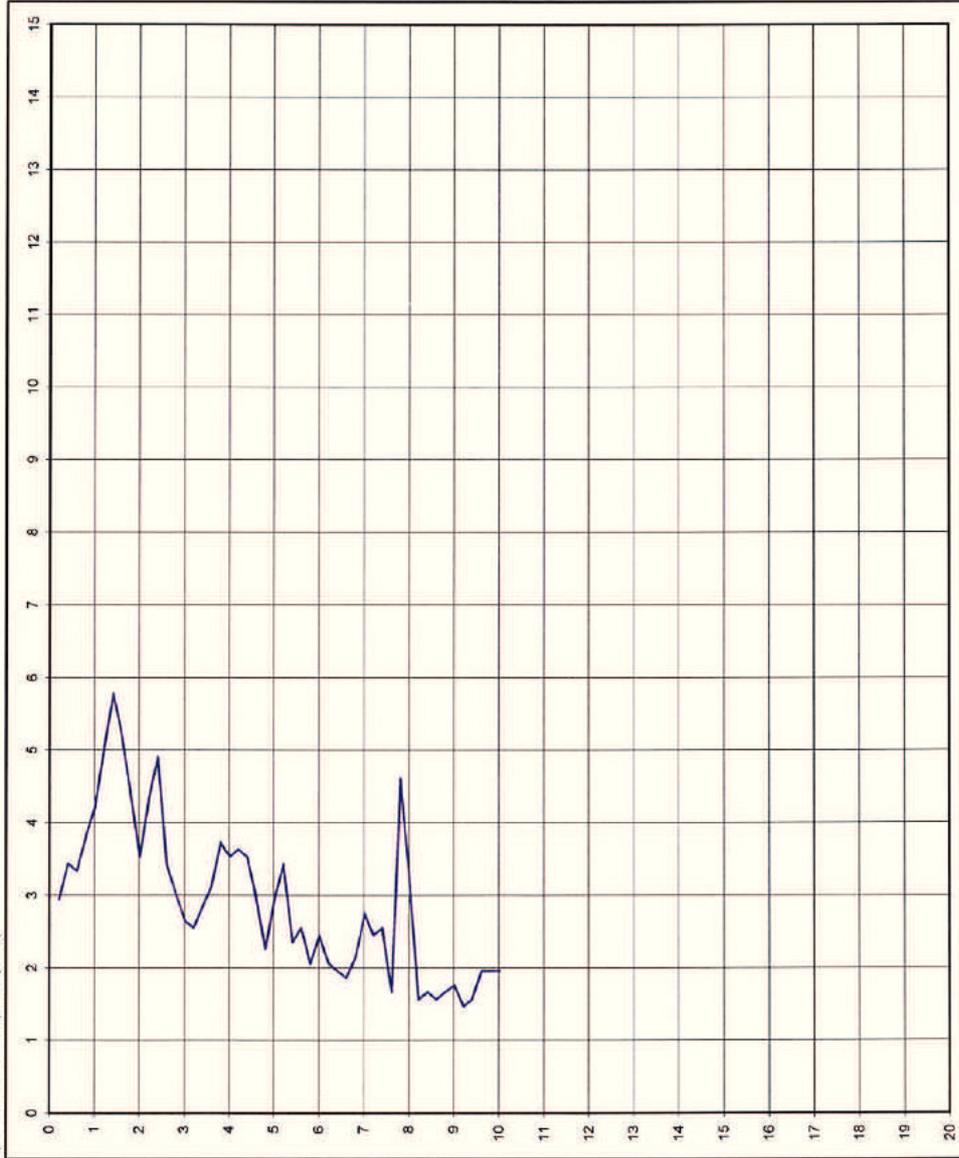
Data prova : 30/10/2001

Codice lavoro: --

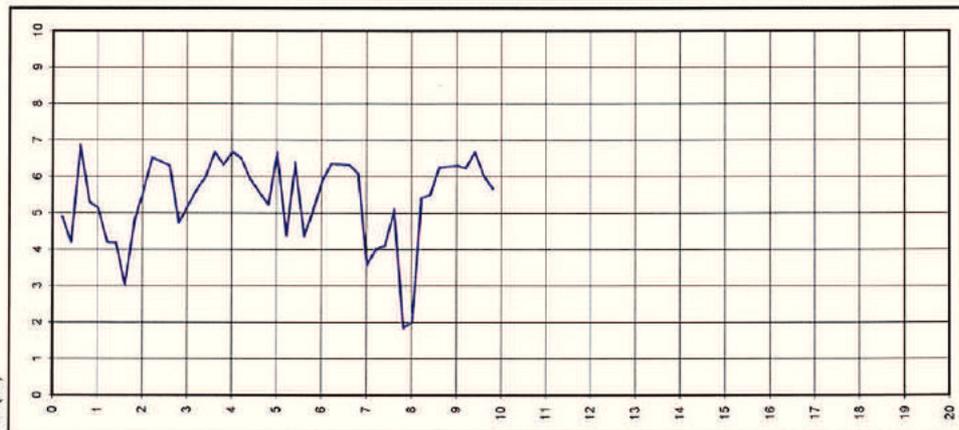
fs resistenza laterale (kPa)



qc resistenza alla punta (MPa)



Rf (%)



Livello acqua da p.c.: assente

Note: ---

GEO-PROBE S. r. l. Indagini Geognostiche

Procedura di prova	Normativa di riferimento	Rev.	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
--		0	30/10/2001	Dr. Tabarroni	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. 3

Rapporto di Prova N°: -- /RSP

Committente : Sassomet S.r.l.

Quota: --

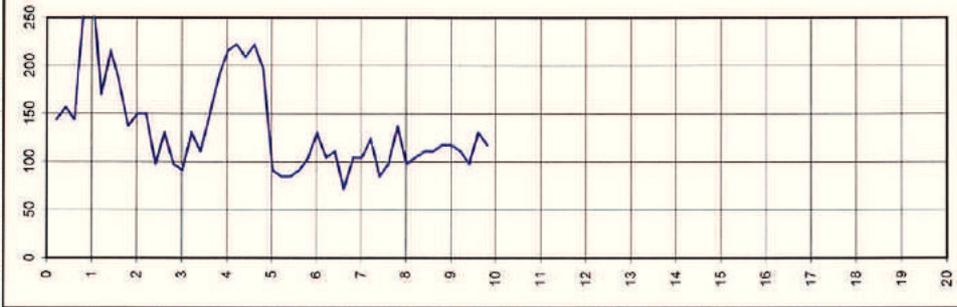
Località : Casalecchio di Reno

Data prova : 30/10/2001

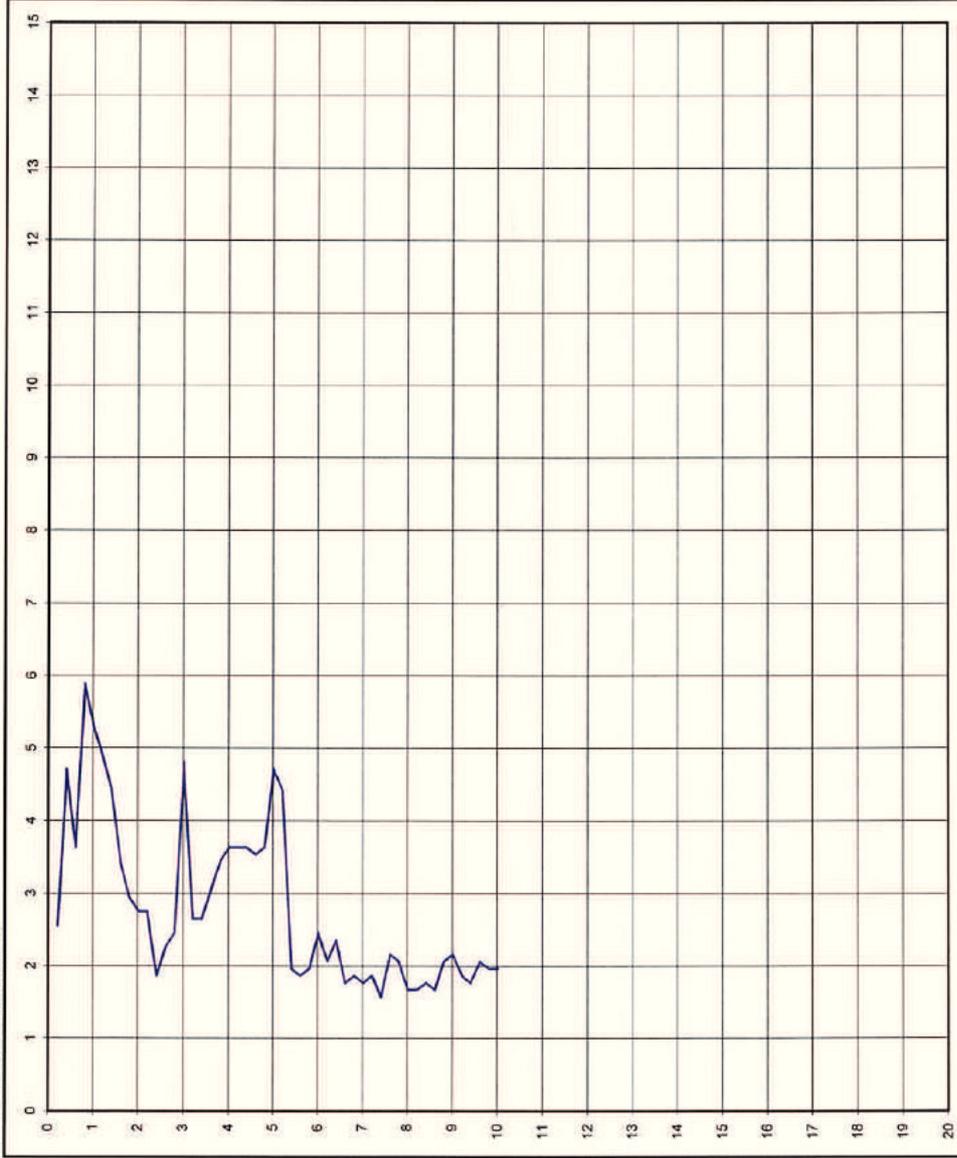
Attrezzatura : Penetrometro da 200 kN

Codice lavoro: --

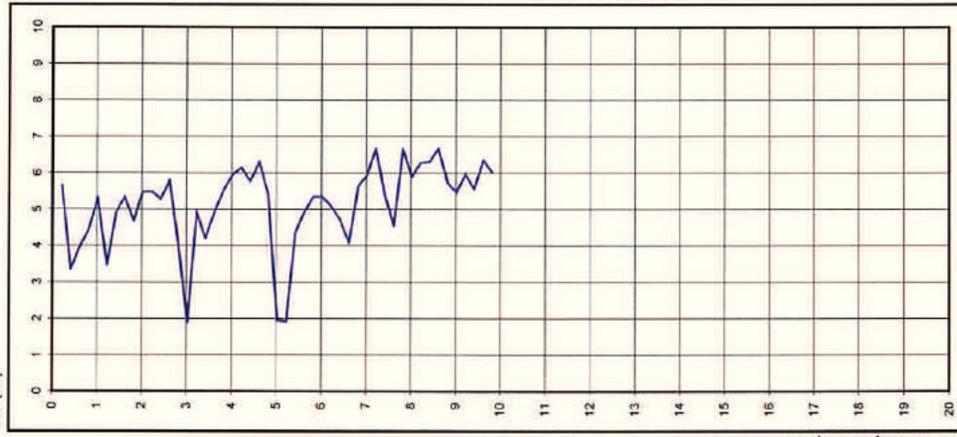
fs resistenza laterale (kPa)



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	30/10/2001	Dr. Tabarroni	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

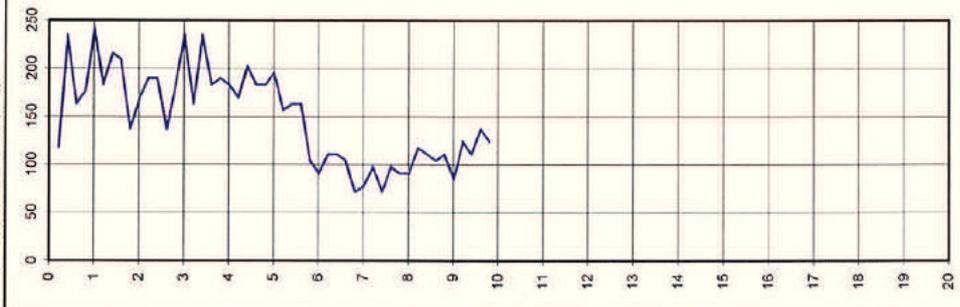
Rapporto di Prova N°: -- /RSP

Committente : Sassomet S.r.l.
 Località : Casalecchio di Reno
 Attrezzatura : Penetrometro da 200 kN

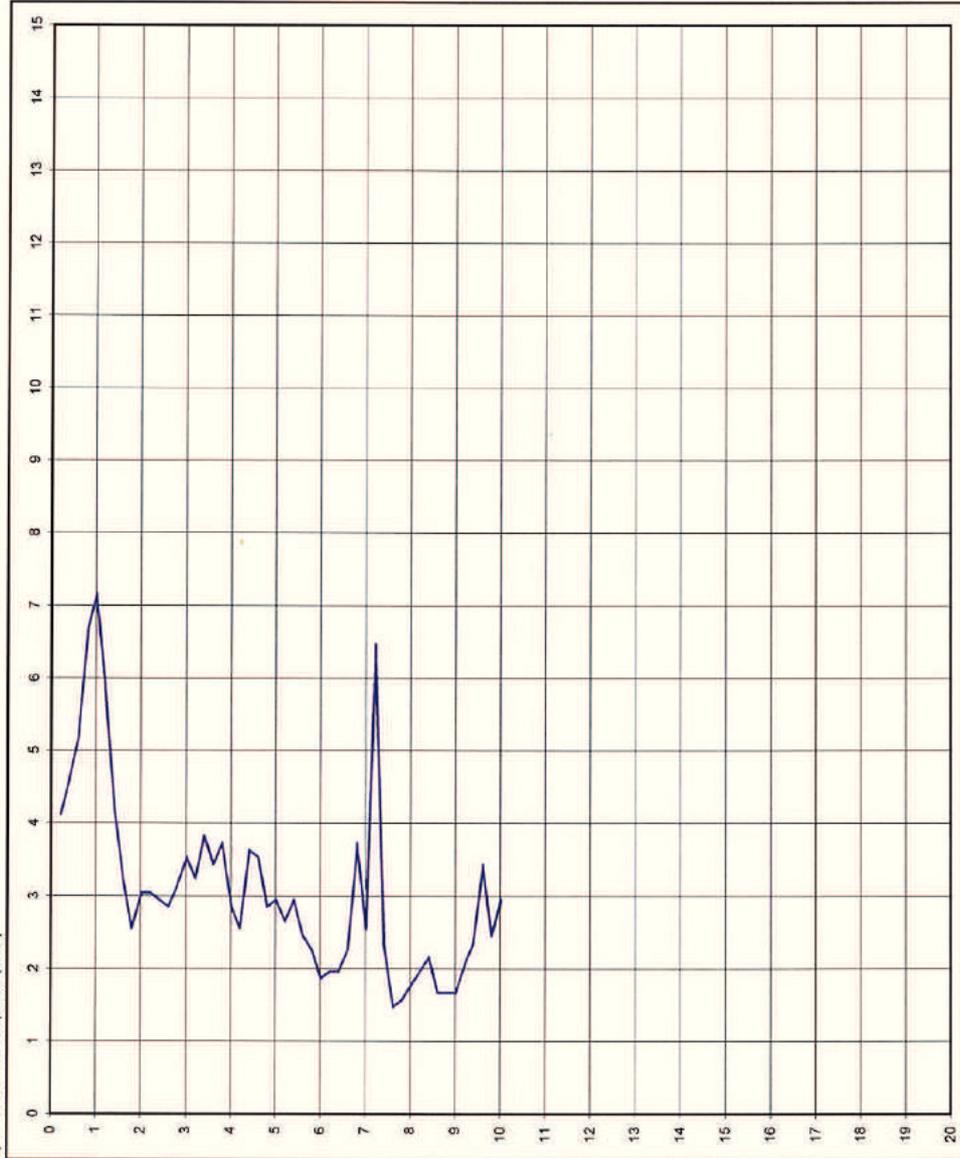
comparto C.3.17

Quota: --
 Data prova : 30/10/2001
 Codice lavoro: --

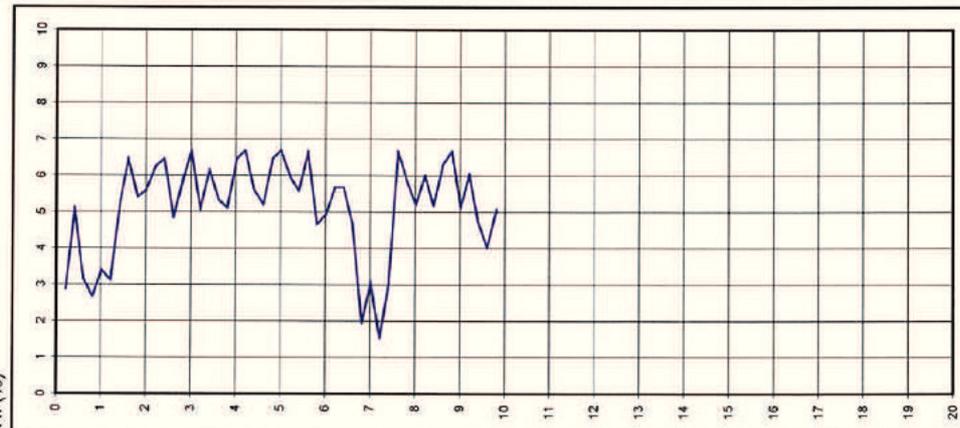
fs resistenza laterale (kPa)



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	30/10/2001	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

GEO-PROBE S.r.l.
- Indagini Geostatiche -

40033 CASALECCHIO DI RENO
Via Cimara, 119 - Tel. 051/61.33.072

CPT (CONE PENETRATION TEST)

N. 5

Rapporto di Prova N°: -- /RSP

Committente : Sassomet S.r.l.

Quota: --

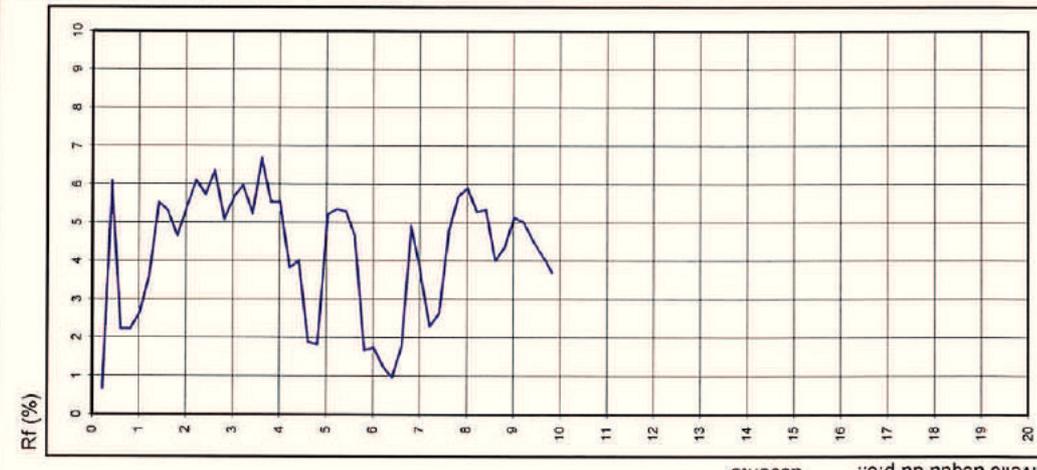
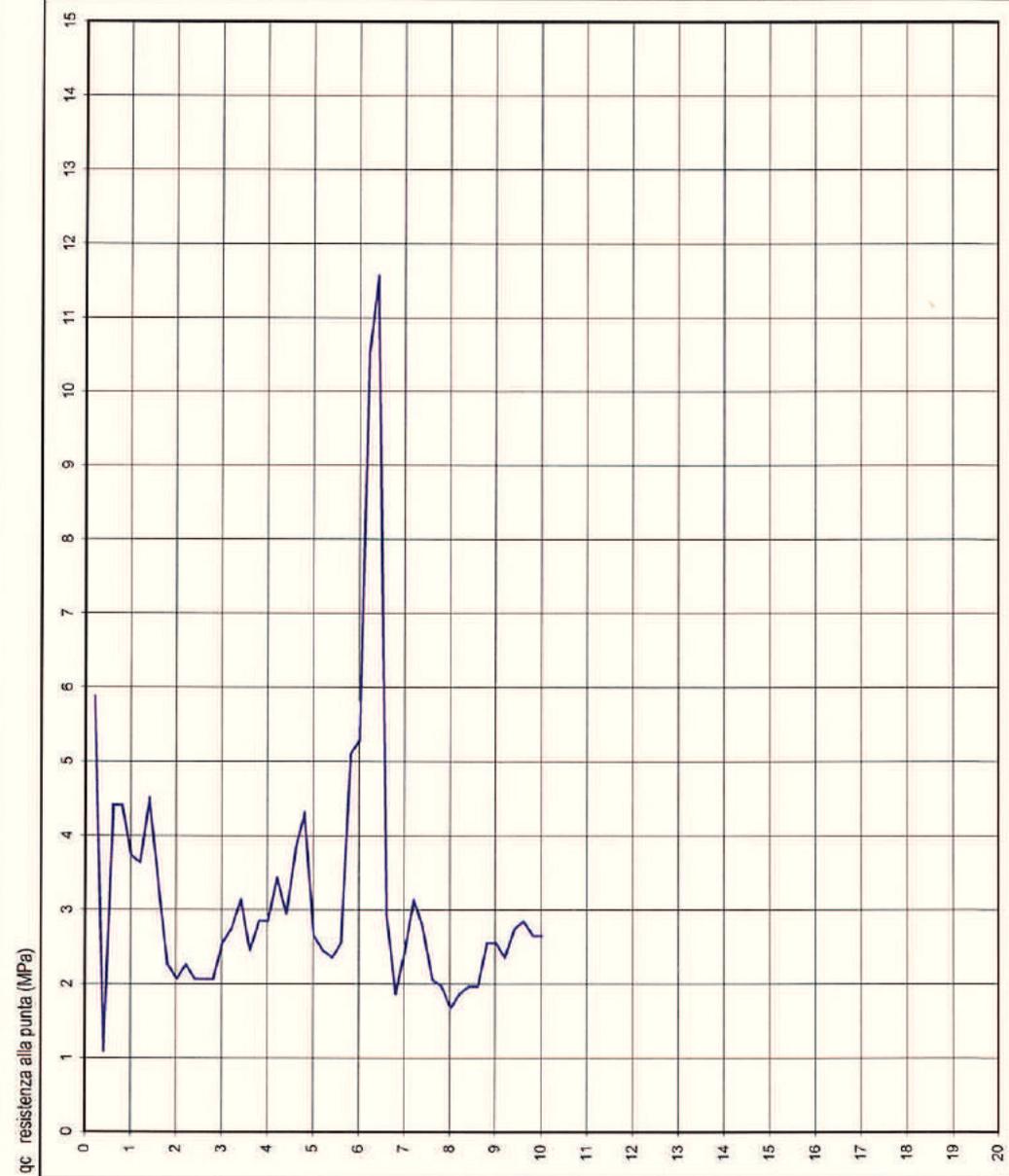
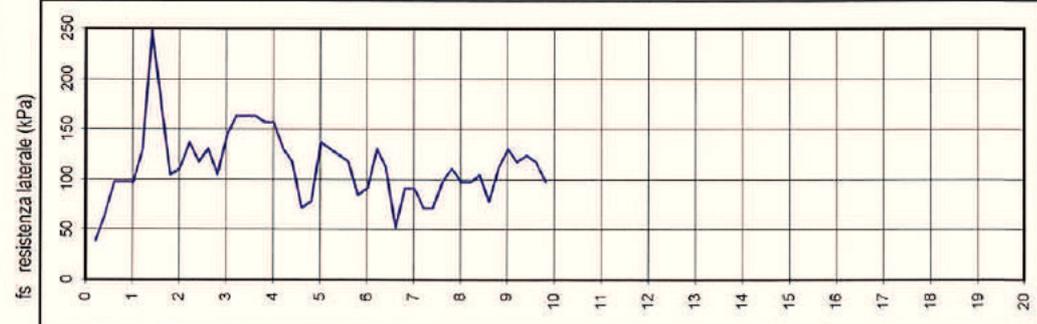
Località : Casalecchio di Reno

Data prova : 30/10/2001

comparto C.3.17

Attrezzatura : Penetrometro da 200 kN

Codice lavoro: --



Livello acqua da p.c.: assente

Note: ---

Procedura di prova	Normativa di riferimento	Rev.	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
--		0	30/10/2001	Dr. Tabarroni	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. 6

Rapporto di Prova N°: -- /RSP

Committente : Sassomet S.r.l.

Quota: --

Località : Casalecchio di Reno

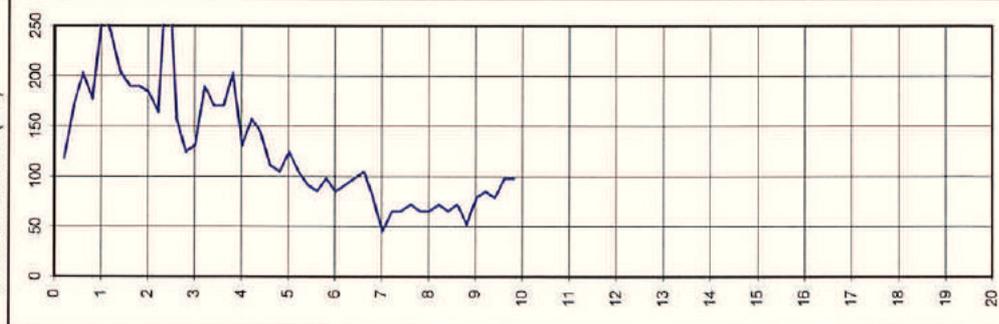
Data prova : 30/10/2001

Attrezzatura : Penetrometro da 200 kN

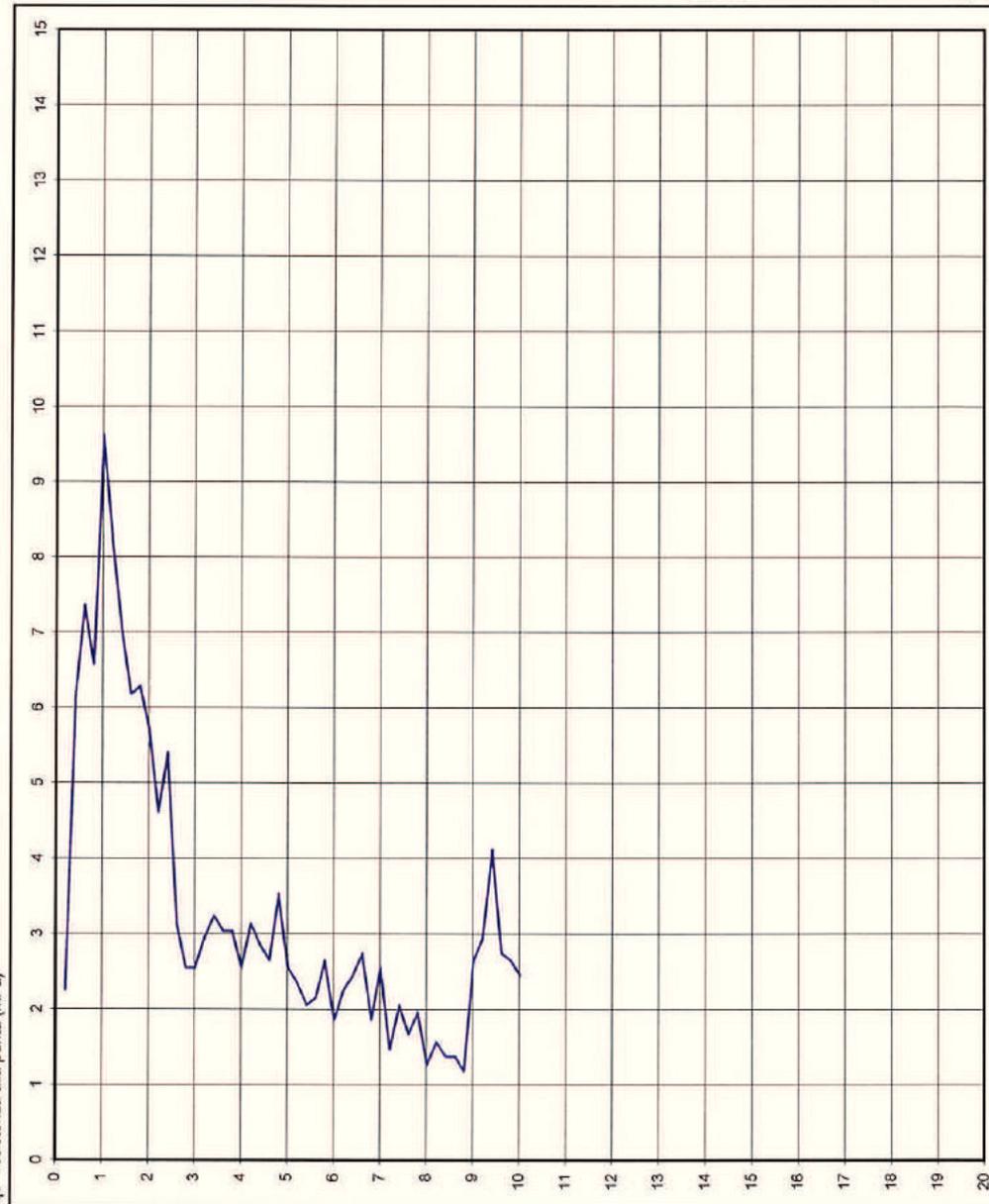
Codice lavoro: --

comparto C.3.17

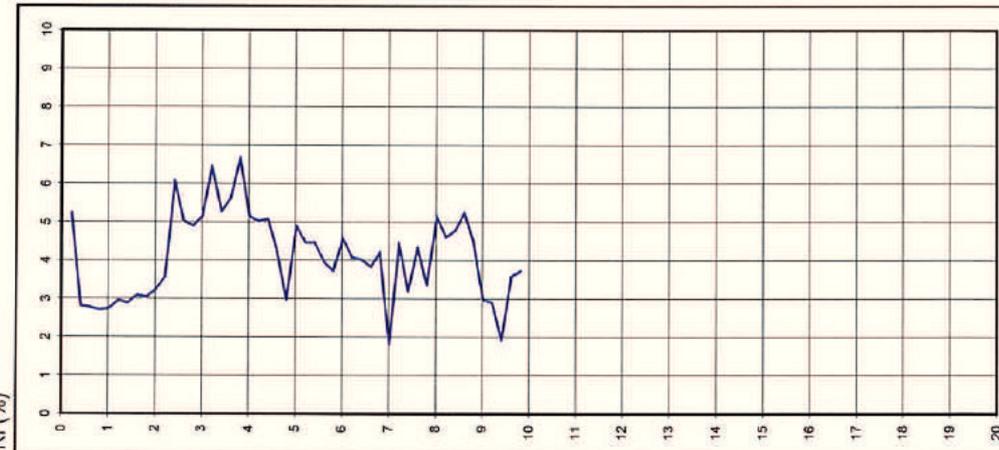
fs resistenza laterale (kPa)



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	30/10/2001	Dr. Tabarroni	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. 7

Rapporto di Prova N°: -- /RSP

Committente : Sassomet S.r.l.

Località : Casalecchio di Reno

Attrezzatura : Penetrometro da 200 kN

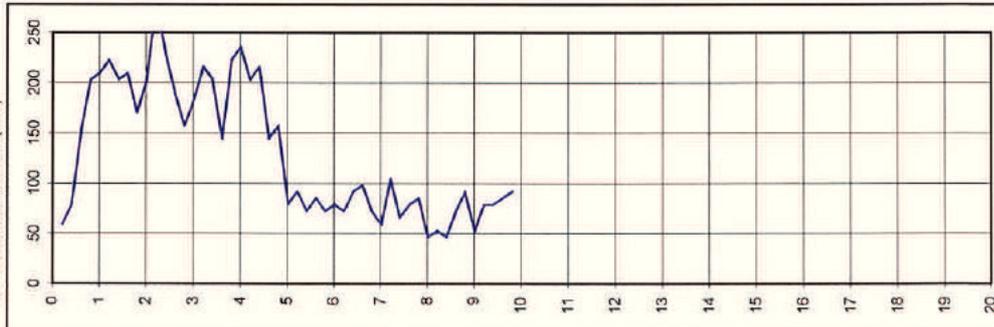
comparto C.3.17

Quota: --

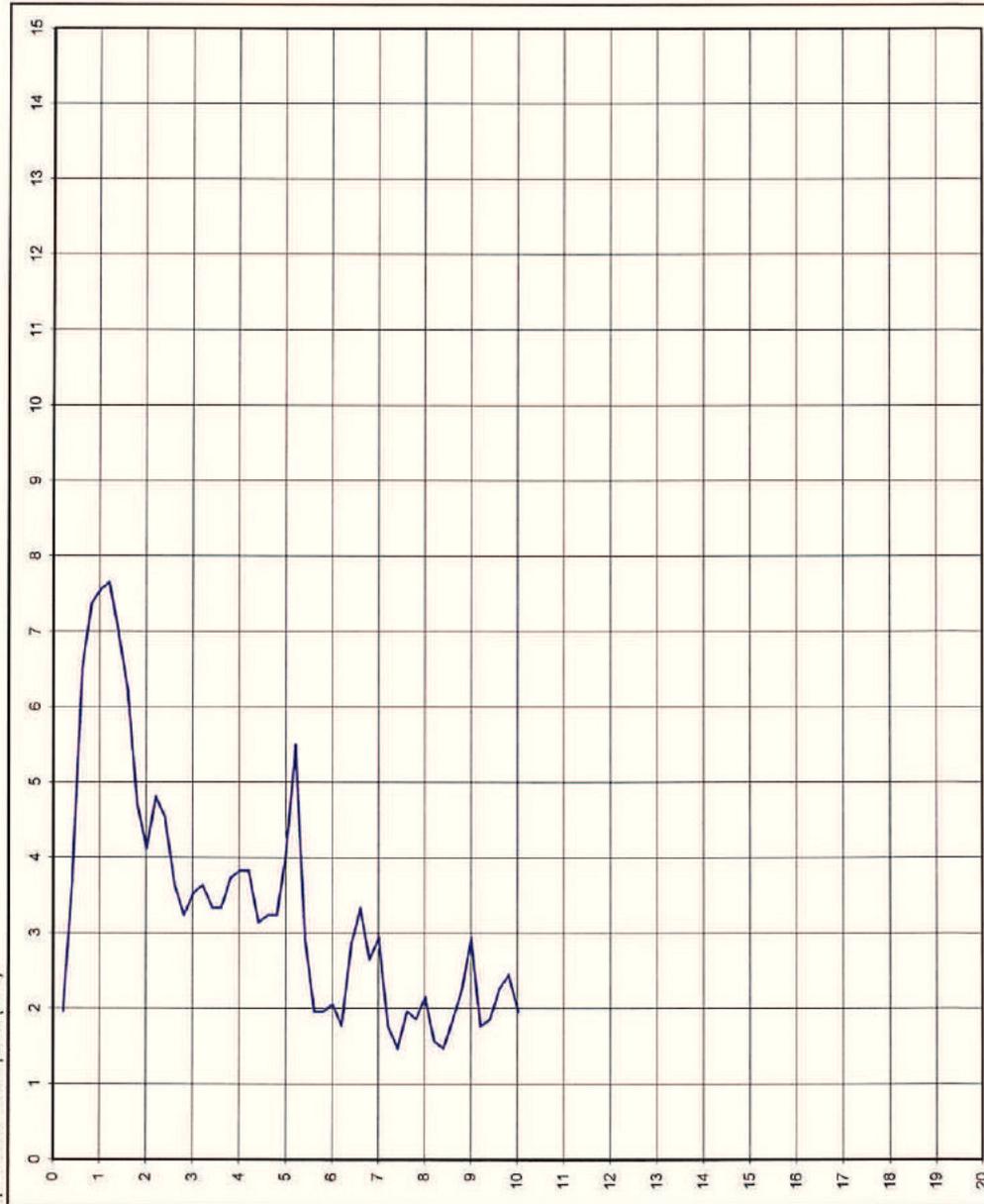
Data prova : 30/10/2001

Codice lavoro: --

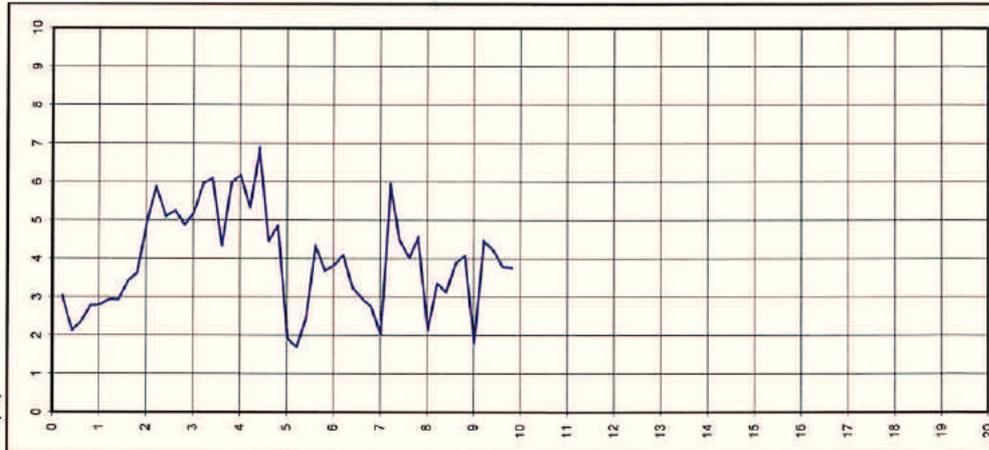
fs resistenza laterale (kPa)



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	30/10/2001	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

GEO-PROBE s.r.l. <i>Indagini Geognostiche</i> 40033 CASALECCHIO DI RENO (BO) Via Cimarosa, 119 - Tel. 051/61.33.072		Committente: <u>Sassomet S.r.l.</u>	Quota: <u>--</u>	Rap. Pr. N°--/RSP	
		Località: <u>Casalecchio di Reno (BO)</u>	Profondità: <u>7.50 m</u>	Codice Lavoro 2001.309	
		Cantiere: <u>comparto C.3.17</u>	Data Inizio: <u>30/10/2001</u>	SONDAGGIO 1 FOGLIO 1/1	
		Perforazione: <u>Trivellazione a secco d 120 mm</u>	Data Fine: <u>30/10/2001</u>		
		Attrezzatura: <u>Unimog Mercedes 400L</u>	Il geologo: <u>Dr. L. Conti</u>		
Procedura di Prova --	Rapporto di Prova N° --/RSP	Rev. 0	Data di emissione 30/10/2001	Lo Sperimentatore Dr. Tabarroni	Il Direttore di Laboratorio Dr. L. Conti

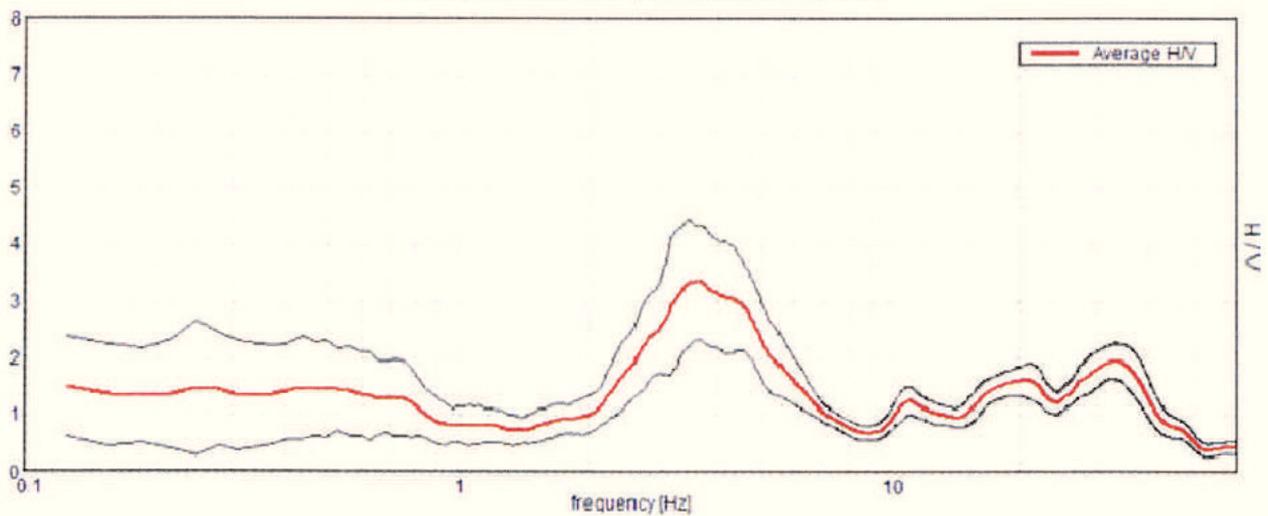
Profondità [m]	Scala 1:50	Stratigrafia	Descrizione stratigrafica	Campioni	Falda	Piezometro Norton
1.00	1		Terreno di riporto di natura limoso argillosa con frammenti lapidei eterogenei; terreno di consistenza dura ed umidità scarsa.			
2.80	2		Limi debolmente argilloso di colore beige; terreno di consistenza molto dura ed umidità scarsa.			
6.40	3		Limi argilloso di colore marrone con screziature grigiastre e patine di ossidazione; terreno di consistenza dura ed umidità medio scarsa.			
7.50	4		Limo argilloso di colore beige; terreno di consistenza da dura a plastico dura ed umidità media.			
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	11					
	12					
	13					
	14					
	15					

Indagine sismica

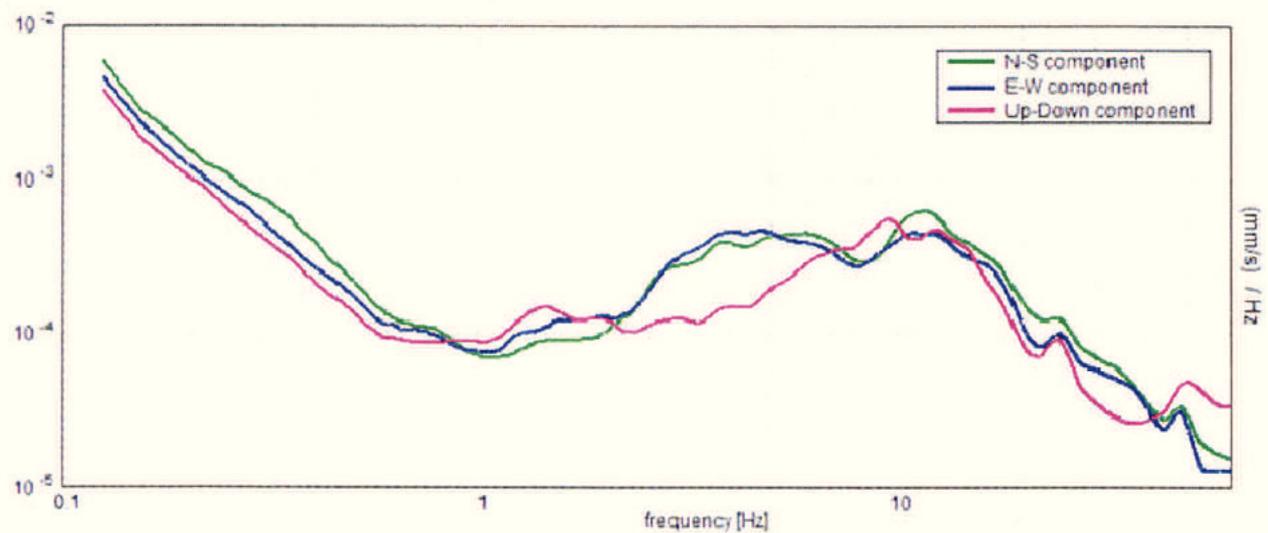
ACQUISIZIONE DATI	
Strumento	TRZ-0184/01-12
Inizio registrazione	14:30:37 del 09/04/15
Fine registrazione	14:50:57 del 09/14/15
Durata registrazione	20'00"
Frequenza campionamento	128 Hz
Lunghezza finestre	20 s
Tipo di lisciamento	Finestra triangolare
Lisciamento	10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Picco H/V a 3.63 ± 0.16 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz)

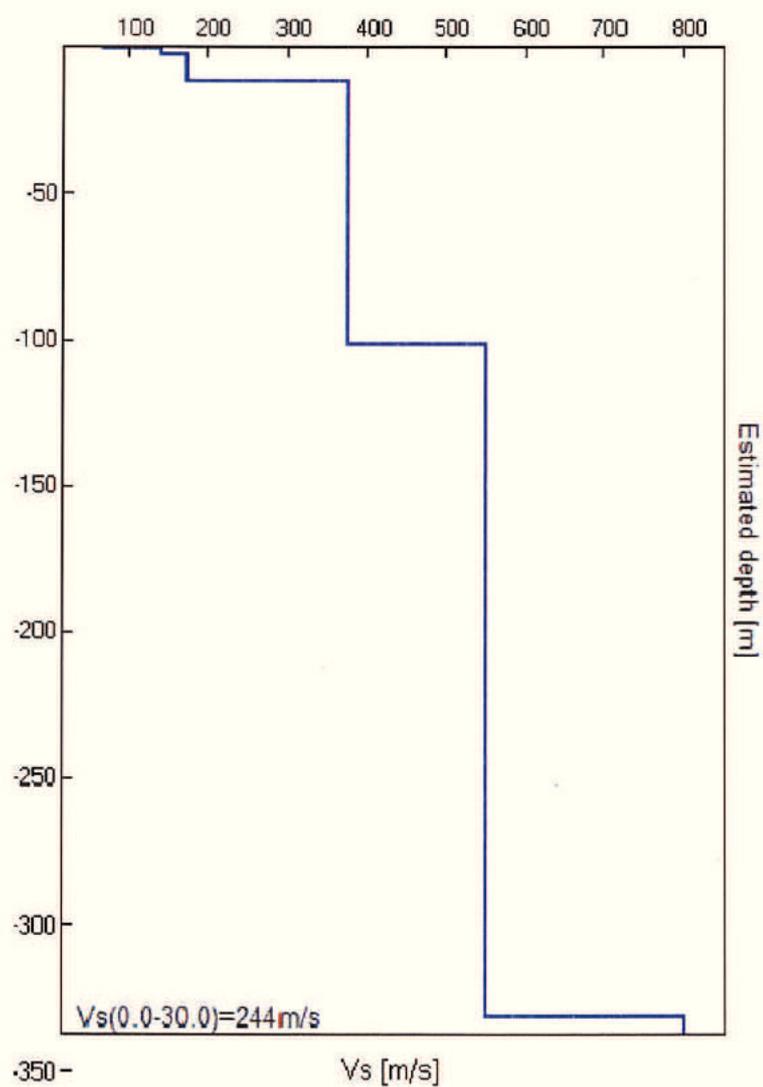


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.50	0.50	68
2.60	2.10	140
11.60	9.00	175
101.60	90.00	375
331.60	230.00	550
inf.	inf.	800

$V_s(0.0-30.0) = 244 \text{ m/s}$

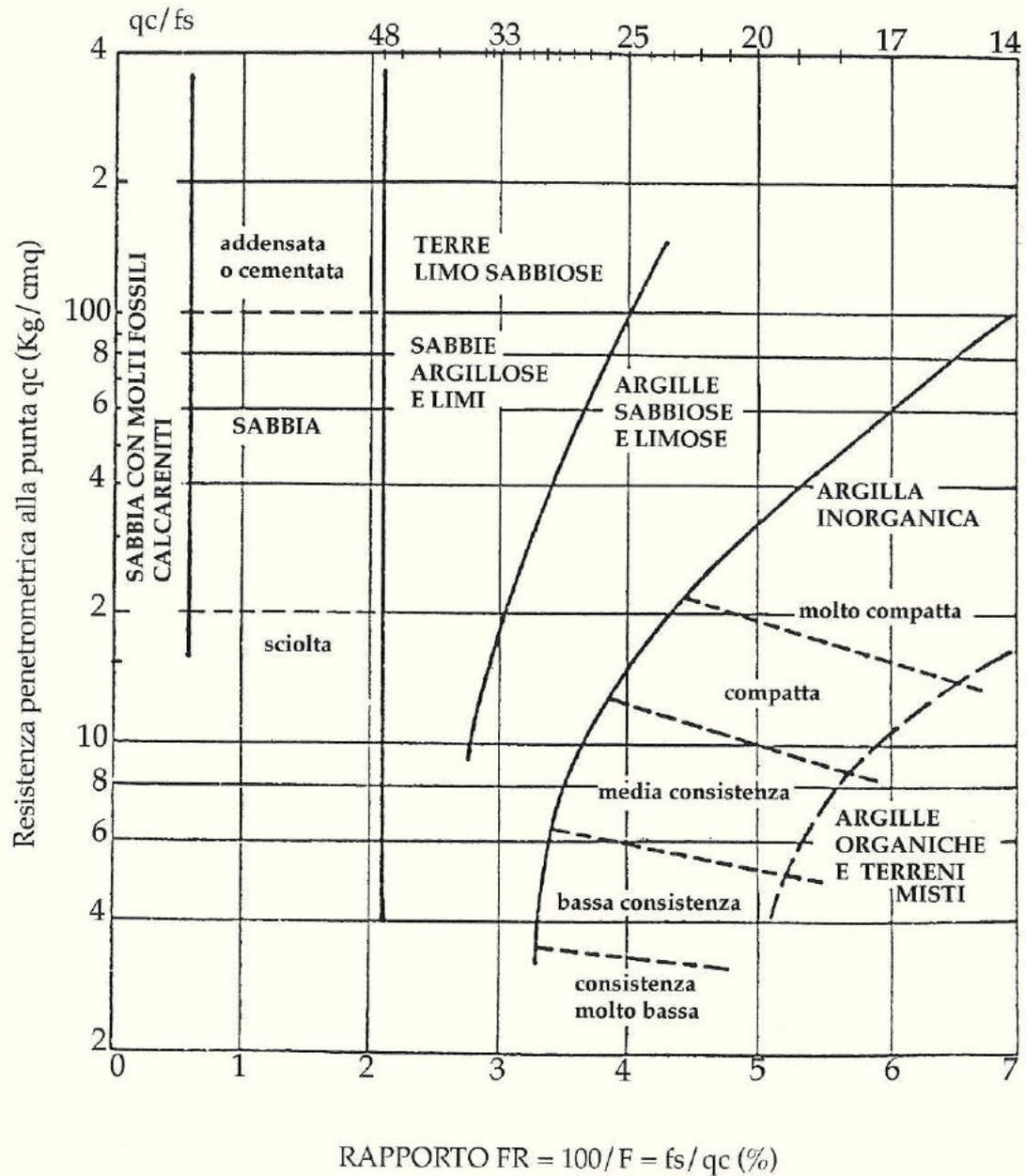


Classificazione orientativa dei terreni

(Schmertmann, 1978)

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

(Schmertmann, 1978)



Sassomet s.r.l.
comparto C3.17 - Casalecchio di Reno (BO)
CPT 1

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 oriz Kg/cm ³	Perm cm/sec
0.20		Arilla sabbiosa e Sabbia argillosa e Limosa	1971	1971	0.039	3.300	0	0	0.003030	4.4000	7.92e-004
0.60		Argilla molto compatta	1850	1850	0.113	0.000	44	85	0.009804	3.4000	6.56e-003
1.40		Argilla molto compatta	1955	1955	0.270	2.175	0	0	0.004598	4.3500	3.08e-005
1.60		Arilla limosa Argilla molto compatta	1942	1942	0.309	1.500	0	0	0.006667	3.0000	1.56e-003
2.40		Argilla molto compatta	1936	1936	0.464	1.288	0	0	0.009358	2.5750	3.02e-005
3.40		Argilla molto compatta	1947	1947	0.658	1.730	0	0	0.005780	3.4600	6.94e-006
4.40		Argilla molto compatta	1932	1932	0.851	1.150	0	0	0.012077	2.3000	3.37e-005
4.60		Arilla limosa	1943	1943	0.890	1.550	0	0	0.006452	3.1000	2.78e-003
4.80		Arilla molto Sabbia	1932	1932	0.929	1.150	0	0	0.012077	2.3000	4.17e-007
5.20		Argilla compatta	1850	1850	1.003	0.000	32	32	0.018519	1.8000	6.36e-002
6.00		Argilla compatta	1916	1916	1.156	0.762	0	0	0.031987	1.5250	8.38e-004
6.20		Limo arilloso Argilla compatta	1930	1930	1.195	1.100	0	0	0.015152	1.4667	1.84e-002
7.00		Argilla compatta	1916	1916	1.348	0.762	0	0	0.031987	1.5250	4.73e-005
7.40		Sabbia sciolta	1800	1800	1.420	0.000	29	18	0.016949	1.4750	4.20e-002
7.60		Arilla compatta Argilla molto compatta	1924	1924	1.459	0.950	0	0	0.018797	1.9000	8.44e-004
8.40		Argilla compatta	1931	1931	1.613	1.138	0	0	0.012382	2.2750	1.45e-004
8.60		Arilla limosa	1924	1924	1.652	0.950	0	0	0.010526	1.9000	2.62e-003
8.80		Sabbia	1850	1850	1.689	0.000	29	18	0.020833	1.6000	6.47e-002
9.00		Ghiaia Ghiaia	1850	1850	1.726	0.000	35	63	0.008475	5.9000	3.27e-001
9.40		Ghiaia	1850	1850	1.800	0.000	39	95	0.003185	15.7000	4.62e-001

Sassomet s.r.l.
 comparto C3.17 - Casalecchio di Reno (BO)
 CPT 2

Prof mt	Strati	Tipologia	Gamma kg/m ³	Gamma kg/m ³	Si _{ema} * kg/cm ²	CU kg/cm ²	FI %	DR %	Mv cm ² /Kg	K _{oriz} Kg/cm ³	Perm cm/sec
0.80		Argilla molto compatta	1947	1947	0.156	1.725	0	0	0.005797	3.4500	5.92e-005
1.00		Argilla sabbiosa e	1955	1955	0.195	2.150	0	0	0.004651	2.8667	7.61e-005
1.40		Argilla sabbiosa e limosa	1964	1964	0.273	2.750	0	0	0.003636	3.6667	5.22e-004
1.60		Sabbia araiillosa e	1850	1850	0.310	0.000	39	67	0.009434	3.5333	6.33e-003
1.80		Argilla sabbiosa e	1957	1957	0.350	2.250	0	0	0.004444	3.0000	1.77e-004
2.00		Argilla molto compatta	1948	1948	0.389	1.800	0	0	0.005595	3.6000	3.26e-005
2.40		Argilla molto compatta	1958	1958	0.467	2.350	0	0	0.004255	4.7000	1.80e-005
2.80		Argilla molto compatta	1945	1945	0.545	1.650	0	0	0.006061	3.3000	3.55e-005
3.60		Argilla molto compatta	1940	1940	0.700	1.425	0	0	0.007465	2.8500	2.02e-005
4.60		Argilla molto compatta	1948	1948	0.895	1.770	0	0	0.005650	3.5400	6.47e-005
4.80		Argilla molto compatta	1932	1932	0.933	1.150	0	0	0.012077	2.3000	1.19e-004
5.20		Argilla molto compatta	1945	1945	1.011	1.625	0	0	0.006154	3.2500	4.86e-005
6.40		Argilla molto compatta	1931	1931	1.243	1.142	0	0	0.012279	2.2833	4.69e-005
6.60		Argilla molto compatta	1924	1924	1.281	0.950	0	0	0.018797	1.9000	1.74e-005
7.40		Argilla compatta	1935	1935	1.436	1.263	0	0	0.009779	2.5250	5.70e-004
7.60		Argilla compatta	1920	1920	1.474	0.850	0	0	0.024510	1.7000	1.77e-004
8.00		Sabbia	1850	1850	1.548	0.000	30	27	0.016667	2.0000	4.13e-002
9.40		Argilla compatta	1919	1919	1.817	0.821	0	0	0.026630	1.6429	3.11e-005
10.00		Argilla compatta	1926	1926	1.933	1.000	0	0	0.016667	2.0000	4.74e-005

Sassomet s.r.l.

Comparto C3.17 - Casalecchio di Reno (BO)

CPT 3

Prof mt	Strati	Tipologia	Gamma kg/m ³	Gamma' kg/m ³	Si _{ema} *V kg/cm ²	CU kg/cm ²	FI °	DR %	Mv cm ² /Kg	K _{oriz} Kg/cm ³	Perm cm/sec
0.20		Argilla molto	1936	1936	0.039	1.300	0	0	0.009158	2.6000	4.19e-005
0.40		Sabbia arillosa e	1850	1850	0.075	0.000	45	91	0.010417	3.2000	3.68e-003
0.60		Argilla limosa	1949	1949	0.115	1.850	0	0	0.005405	3.7000	9.83e-004
		Argilla sabbiosa e limosa	1964	1964	0.233	2.733	0	0	0.003659	3.6444	2.99e-004
1.20											
1.40		Argilla sabbiosa e	1957	1957	0.272	2.250	0	0	0.004444	3.0000	1.24e-004
1.80		Argilla molto compatta	1945	1945	0.349	1.625	0	0	0.006154	3.2500	1.18e-004
2.20		Argilla molto compatta	1939	1939	0.427	1.400	0	0	0.007754	2.8000	5.53e-005
2.40		Argilla compatta	1924	1924	0.466	0.950	0	0	0.018797	1.9000	1.27e-004
2.80		Argilla compatta	1933	1933	0.543	1.200	0	0	0.010955	2.4000	2.30e-004
3.00		Sabbia	1850	1850	0.580	0.000	35	53	0.013605	2.4500	4.32e-002
3.40		Argilla limosa	1938	1938	0.657	1.350	0	0	0.007407	2.7000	3.52e-004
		Argilla molto compatta									
			1949	1949	0.930	1.829	0	0	0.005469	3.6571	4.20e-005
4.80											
5.20		Sabbia	1850	1850	1.004	0.000	33	41	0.014337	2.3250	4.06e-002
5.40		Argilla compatta	1925	1925	1.043	1.000	0	0	0.016667	2.0000	6.48e-004
5.60		Argilla molto compatta	1924	1924	1.081	0.950	0	0	0.018797	1.9000	2.49e-004
6.40		Argilla compatta	1931	1931	1.236	1.125	0	0	0.012698	2.2500	1.49e-004
		Argilla compatta									
			1922	1922	1.428	0.900	0	0	0.021368	1.8000	7.55e-005
7.40		Argilla molto compatta	1929	1929	1.505	1.075	0	0	0.014094	2.1500	6.28e-005
7.80		Argilla compatta									
			1921	1921	1.659	0.863	0	0	0.023662	1.7250	2.10e-005
8.60		Argilla molto compatta	1929	1929	1.736	1.075	0	0	0.014094	2.1500	6.28e-005
9.00		Argilla compatta	1923	1923	1.813	0.925	0	0	0.020020	1.8500	5.20e-005
9.40		Argilla molto compatta	1927	1927	1.928	1.017	0	0	0.016037	2.0333	2.35e-005
10.00											

Sassomet s.r.l.

Comparto C3.17 - Casalecchio di Reno (BO)

CPT 4

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 oriz Kg/cm ³	Perm cm/sec
0.40		Argilla sabbiosa e limosa	1956	1956	0.078	2.225	0	0	0.004494	2.9667	7.85e-004
		Sabbia argillosa e limosa	1850	1850	0.225	0.000	42	80	0.007874	4.2333	5.64e-003
1.20											
1.40		Argilla sabbiosa e	1955	1955	0.265	2.150	0	0	0.004651	2.8667	7.61e-005
1.60		Argilla molto	1945	1945	0.304	1.650	0	0	0.006061	3.3000	3.90e-006
1.80		Argilla molto	1936	1936	0.343	1.300	0	0	0.009158	2.6000	7.35e-005
		Argilla molto compatta	1942	1942	0.460	1.533	0	0	0.006522	3.0667	1.14e-005
2.40											
2.60		Argilla molto	1940	1940	0.498	1.450	0	0	0.007184	2.9000	2.00e-004
		Argilla molto compatta	1948	1948	0.732	1.775	0	0	0.005634	3.5500	2.35e-005
3.80											
4.20		Argilla molto compatta	1938	1938	0.810	1.375	0	0	0.008081	2.7500	4.93e-006
4.60		Argilla molto compatta	1949	1949	0.888	1.825	0	0	0.005479	3.6500	4.67e-005
4.80		Argilla molto compatta	1940	1940	0.926	1.450	0	0	0.007184	2.9000	5.26e-006
5.20		Argilla molto compatta	1940	1940	1.004	1.425	0	0	0.007465	2.8500	7.67e-006
5.40		Argilla molto compatta	1942	1942	1.043	1.500	0	0	0.006667	3.0000	3.86e-005
5.80		Argilla molto compatta	1933	1933	1.120	1.200	0	0	0.010965	2.4000	4.24e-005
6.00		Argilla compatta	1924	1924	1.159	0.950	0	0	0.018797	1.9000	2.49e-004
		Argilla compatta	1928	1928	1.274	1.050	0	0	0.014881	2.1000	1.13e-004
6.60											
6.80		Sabbia	1850	1850	1.311	0.000	31	29	0.017544	1.9000	4.16e-002
7.00		Limo argilloso	1936	1936	1.350	1.300	0	0	0.012821	1.7333	5.85e-003
7.20		Sabbia	1850	1850	1.387	0.000	33	47	0.010101	3.3000	8.15e-002
7.40		Argilla limosa	1933	1933	1.426	1.200	0	0	0.008333	2.4000	6.02e-003
		Argilla compatta	1919	1919	1.541	0.817	0	0	0.027011	1.6333	4.94e-005
8.00											
8.40		Argilla compatta	1928	1928	1.618	1.050	0	0	0.014881	2.1000	6.87e-005
		Argilla compatta	1920	1920	1.733	0.850	0	0	0.024510	1.7000	3.43e-005
9.00											
		Argilla molto compatta	1938	1938	1.927	1.350	0	0	0.008418	2.7000	2.81e-004
10.00											

Sassomet s.r.l.

Comparto C3.17 - Casalecchio di Reno (BO)

CPT 5

Prof mt	Strati	Tipologia	Gamma kg/m ³	Gamma' kg/m ³	Siema' kg/cm ²	CU kg/cm ²	FI %	DR %	Mv cm ² /Kg	K oriz Kg/cm ³	Perm cm/sec
0.20		Ghiaia	1850	1850	0.037	0.000	45	100	0.016667	3.0000	3.33e-001
0.40		Argilla organica/t.	1904	1904	0.075	0.550	0	0	0.018182	2.2000	2.64e-005
0.80		Sabbia argillosa e limosa	1850	1850	0.149	0.000	42	75	0.011111	3.0000	2.50e-002
1.20		Limo argilloso	1950	1950	0.227	1.875	0	0	0.008889	2.5000	5.40e-003
1.40		Argilla sabbiosa e	1958	1958	0.266	2.300	0	0	0.004348	3.0667	2.72e-005
1.60		Argilla molto compatta	1946	1946	0.305	1.700	0	0	0.005882	3.4000	6.35e-005
			1932	1932	0.614	1.150	0	0	0.012077	2.3000	5.38e-005
3.20											
3.40		Argilla molto compatta	1944	1944	0.653	1.600	0	0	0.006250	3.2000	7.93e-005
4.00		Argilla molto compatta	1939	1939	0.769	1.383	0	0	0.007973	2.7667	2.34e-005
		Limo argilloso									
4.60			1947	1947	0.886	1.733	0	0	0.009615	2.3111	5.18e-003
4.80		Sabbia Argilla molto compatta	1850	1850	0.923	0.000	33	40	0.015152	2.2000	4.94e-002
			1935	1935	1.078	1.275	0	0	0.009565	2.5500	1.35e-004
5.60		Sabbia									
			1850	1850	1.253	0.000	34	52	0.009234	3.6100	1.11e-001
6.60											
6.80		Argilla compatta	1924	1924	1.302	0.950	0	0	0.018797	1.9000	2.49e-004
7.00		Argilla limosa	1935	1935	1.340	1.250	0	0	0.008000	2.5000	1.77e-003
7.20		Limo argilloso	1944	1944	1.379	1.600	0	0	0.010417	2.1333	2.26e-002
		Argilla limosa									
7.80			1932	1932	1.495	1.150	0	0	0.008596	2.3000	8.20e-004
		Argilla compatta									
8.20		Argilla compatta	1922	1922	1.572	0.900	0	0	0.021368	1.8000	7.72e-005
		Argilla compatta									
			1935	1935	1.920	1.261	0	0	0.009803	2.5222	5.20e-004
10.00											

Sassomet s.r.l.

Comparto C3.17 - Casalecchio di Reno (BO)

CPT 6

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 _{oriz} Kg/cm ³	Perm cm/sec
0.20		Arilla molto Sabbia argillosa e Limosa	1932	1932	0.039	1.150	0	0	0.012077	2.3000	1.19e-004
0.80		Sabbia argillosa e Limosa	1850	1850	0.150	0.000	44	90	0.007353	4.5333	1.00e-002
1.20		Sabbia argillosa e Limosa	1850	1850	0.224	0.000	44	92	0.005495	6.0667	8.48e-003
2.00		Sabbia argillosa e Limosa	1850	1850	0.372	0.000	39	71	0.007782	4.2833	6.05e-003
2.20		Arilla sabbiosa e	1958	1958	0.411	2.350	0	0	0.004255	3.1333	2.07e-003
2.40		Arilla molto	1964	1964	0.450	2.750	0	0	0.003636	5.5000	4.15e-006
2.60		Arilla molto	1944	1944	0.489	1.600	0	0	0.005250	3.2000	1.28e-004
3.00		Argilla molto compatta	1936	1936	0.566	1.300	0	0	0.009158	2.6000	1.60e-004
		Argilla molto compatta	1943	1943	0.722	1.563	0	0	0.005400	3.1250	1.44e-005
3.80		Arilla molto	1936	1936	0.761	1.300	0	0	0.009158	2.6000	1.27e-004
4.00		Arilla molto	1944	1944	0.799	1.600	0	0	0.005250	3.2000	1.28e-004
4.20		Argilla molto compatta	1939	1939	0.877	1.400	0	0	0.007764	2.8000	3.02e-004
4.60		Limo arilloso	1948	1948	0.916	1.800	0	0	0.009259	2.4000	6.86e-003
		Argilla compatta	1933	1933	1.109	1.200	0	0	0.010955	2.4000	6.72e-004
5.80		Arilla compatta	1924	1924	1.148	0.950	0	0	0.018797	1.9000	4.39e-004
6.00		Argilla limosa	1935	1935	1.264	1.267	0	0	0.007895	2.5333	1.16e-003
6.60		Arilla compatta	1924	1924	1.302	0.950	0	0	0.018797	1.9000	8.44e-004
7.00		Sabbia sciolta	1800	1800	1.338	0.000	29	15	0.019231	1.3000	5.03e-002
7.20		Arilla compatta	1916	1916	1.377	0.750	0	0	0.033333	1.5000	5.75e-004
7.40		Arilla limosa	1928	1928	1.415	1.050	0	0	0.009524	2.1000	4.69e-003
7.60		Arilla compatta	1920	1920	1.454	0.850	0	0	0.024510	1.7000	7.52e-004
7.80		Arilla limosa	1926	1926	1.492	1.000	0	0	0.010000	2.0000	3.56e-003
		Argilla media	1912	1912	1.683	0.690	0	0	0.014493	1.3800	2.65e-004
8.80		Limo arilloso	1938	1938	1.722	1.350	0	0	0.012346	1.8000	7.11e-003
9.00		Limo arilloso	1942	1942	1.761	1.500	0	0	0.011111	2.0000	7.87e-003
9.40		Sabbia	1850	1850	1.798	0.000	30	25	0.015873	2.1000	4.27e-002
		Argilla limosa	1937	1937	1.914	1.333	0	0	0.007500	2.6667	1.65e-003
10.00											

Sassomet s.r.l.

Comparto C3.17 - Casalecchio di Reno (BO)

CPT 7

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 _{oriz} Kg/cm ³	Perm cm/sec
0.20		Argilla limosa	1926	1926	0.039	1.000	0	0	0.010000	2.0000	6.57e-003
0.40		Sabbia argillosa e Argilla limosa	1850	1850	0.076	0.000	45	82	0.013158	2.5333	3.05e-002
			1850	1850	0.298	0.000	41	79	0.006977	4.7778	8.48e-003
1.50		Argilla sabbiosa e limosa	1958	1958	0.454	2.313	0	0	0.004324	3.0833	1.28e-004
2.40		Argilla molto compatta									
			1948	1948	0.922	1.771	0	0	0.005647	3.5417	4.29e-005
4.80		Sabbia	1850	1850	0.996	0.000	33	43	0.013605	2.4500	5.39e-002
5.20		Limo argilloso	1942	1942	1.034	1.500	0	0	0.011111	2.0000	1.75e-002
5.40		Argilla compatta									
			1927	1927	1.150	1.017	0	0	0.016037	2.0333	1.34e-003
6.00		Argilla compatta	1922	1922	1.189	0.900	0	0	0.021368	1.8000	1.12e-003
6.40		Argilla limosa	1940	1940	1.227	1.490	0	0	0.006897	2.9000	4.39e-003
6.60		Limo argilloso	1946	1946	1.266	1.700	0	0	0.009804	2.2667	7.27e-003
7.00		Limo argilloso	1940	1940	1.344	1.425	0	0	0.011696	1.9000	2.07e-002
		Argilla compatta									
			1919	1919	1.421	0.825	0	0	0.026350	1.6500	1.36e-004
7.40		Argilla compatta	1926	1926	1.459	1.000	0	0	0.016667	2.0000	1.20e-003
7.60		Argilla compatta	1924	1924	1.498	0.950	0	0	0.018797	1.9000	4.39e-004
7.80		Limo argilloso	1930	1930	1.536	1.100	0	0	0.015152	1.4667	2.90e-002
		Argilla limosa									
			1920	1920	1.651	0.833	0	0	0.012000	1.6667	2.99e-003
8.60		Argilla limosa	1932	1932	1.690	1.150	0	0	0.008666	2.3000	9.91e-004
8.80		Sabbia sciolta	1800	1800	1.726	0.000	29	15	0.016667	1.5000	5.38e-002
9.00		Argilla compatta									
			1923	1923	1.803	0.925	0	0	0.020000	1.8500	6.96e-004
9.40		Argilla limosa									
			1931	1931	1.919	1.133	0	0	0.008824	2.2667	1.05e-003
10.00											