Nuova scuola media Enrico Panzacchi

Viale II Giugno, 49 - Ozzano dell'Emilia

committente

Comune di Ozzano dell'Emilia
Via della Repubblica, 10

responsabile unico del procedimento

ing. Chiara De Plato

raggruppamento temporaneo di professionisti

_progettazione architettonica
AREA PROGETTI srl *Arch. Giorgio Gazzera*
Via Regaldi 3, 10154 Torino, tel. 011 2386221, info@area-progetti.it
Archisbang associati *Arch. Silvia Minutolo, Arch. Marco Giai Via*
Via Bogino 4, 10123 Torino, tel. 011 026 7246, info@archisbang.com

_progettazione strutturale
AREA PROGETTI srl *Ing. Marco Cuccureddu*
Via Regaldi 3, 10154 Torino, tel. 011 2386221, info@area-progetti.it

_progettazione impianti meccanici, elettrici e speciali
AREA PROGETTI srl *Ing. Sergio Cerioni, Ing. Gabriele Pisani*
Via Regaldi 3, 10154 Torino, tel. 011 2386221, info@area-progetti.it

_progettazione antincendio
AREA PROGETTI srl *Ing. Sergio Cerioni*
Via Regaldi 3, 10154 Torino, tel. 011 2386221, info@area-progetti.it

_progettazione urbanistica
arch. Andrea Cavaliere
Via Cassini 43 - 10129 Torino, tel. 3284240491, archicavaliere@gmail.com

_consulenza LEED
arch. Elisa Sirombo
Via Stampatori 21, 10122 Torino, tel. 3356277109, elisa.sirombo@gmail.com

_piano di sicurezza e coordinamento
AREA PROGETTI srl *Arch. Domenico Racca*
Via Regaldi 3, 10154 Torino, tel. 011 2386221, info@area-progetti.it

consulenti

_arch. Chiara Devecchi (*progettazione acustica*)
Via Principi d'Acaja 19, 10138 Torino, tel. 011 4172277, devecchichiara@yahoo.it

archisbang

AREAPROGETTI
architettura e ingegneria

ST_Z_0001

Relazione geologica, geotecnica-sismica: Geotecnica Sismica

pratica	PAN_01
fase	PE_Progetto Esecutivo
oggetto	REL_GTS - Relazione Geotecnica Sismica
elaborato	Relazione geologica, geotecnica-sismica: Geotecnica Sismica
file	PAN_01_PE_ST_Z_0001_REL_GTS_a
scala	-
data	13 gennaio 2020

rev.	data	redatto	verificato	approvato	oggetto revisione
	13/01/20	mc	mc	gg	prima emissione
a	27/03/20	mm	mc	gg	modifiche non sostanziali

L' UTILIZZO E LA RIPRODUZIONE DEL PRESENTE DOCUMENTO SONO RISERVATE A NORMA DI LEGGE

Dott. Geol. Andrea Scaglioni
Studio di Geologia

40139 BOLOGNA – Via Milano, 17
cell. 3495985869 - E-mail: scageo@libero.it
P.IVA: 02076131206
C.F. SCGNDR61D29A944Q

COMUNE DI OZZANO DELL'EMILIA

PROVINCIA DI BOLOGNA

PROGETTO DI DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DELLA SCUOLA MEDIA PANZACCHI, SITA IN VIALE II GIUGNO N.49

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA-SISMICA

(COPIA REVISIONATA)

Committente: Comune di Ozzano dell'Emilia

Dott. Geol. Andrea Scaglioni
Studio di Geologia Tecnica

Bologna, Novembre 2018

PROGETTO DI DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DELLA SCUOLA MEDIA PANZACCHI, SITA IN VIALE II GIUGNO N.49

RELAZIONE GEOTECNICA-SISMICA

Copia revisionata

40139 BOLOGNA – Via Milano 17 – cell. 3495985869
mail: scageo@libero.it – web: www.studiogeologiascaglioni.it

1. PREMESSA.....1
2. INDAGINE GEOGNOSTICA E SISMICA.....2
2.1 Sondaggi geognostici 4
2.2 Prove di laboratorio.....5
2.3 Prove penetrometriche statiche esistenti 9
2.4 Indagini sismiche esistenti 10
3. CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI 11
4. MODELLO LITOSTRATIGRAFICO E GEOTECNICO.....19
4.1 Stima dei parametri caratteristici (X_K) e di progetto (X_D).....23
5. PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE 26
5.1 Valutazione dell'azione sismica 27
5.2 Risposta sismica locale – Del. Reg. n.2193/2015.....30
6. STIMA DELLA RESISTENZA DEL TERRENO 32
6.1 Cedimenti potenziali 34
7. CONCLUSIONI.....35

ALLEGATI

- ALLEGATO A: Stratigrafie sondaggi
- ALLEGATO B: Prove di laboratorio
- ALLEGATO C: Prove penetrometriche statiche esistenti
- ALLEGATO D: Prove sismiche
- ALLEGATO E: Interpretazione prove penetrometriche
- ALLEGATO F: Modello geotecnico (tabelle parametriche)

1. PREMESSA

Oggetto del presente elaborato, eseguito a completamento della Relazione Geologica, è lo studio geotecnico e sismico dei terreni d'imposta della Scuola Media Panzacchi, sita in v.le II Giugno n.49, nel comune di Ozzano dell'Emilia (figura1).

Il complesso in esame presenta, allo stato attuale, una pianta grossomodo ad "L", in cui è possibile riconoscere tre corpi di fabbrica, di cui due sviluppati in direzione SE-NO, ospitanti aule scolastiche e palestra, ed uno in direzione SSO-NNE, ospitante aule scolastiche ed uffici. Come già ricordato nella Relazione Geologica, a seguito delle verifiche effettuate nell'ambito di uno studio finalizzato al miglioramento sismico del complesso e delle carenze di tipo strutturale evidenziate, il Comune ha deciso di prevedere la demolizione e la successiva ricostruzione dei fabbricati esistenti; sulla base del progetto adottato, il nuovo complesso scolastico dovrebbe comporsi di tre corpi di fabbrica distinti ma collegati da un elemento connettivo monopiano, ospitanti, rispettivamente, la scuola vera e propria, la palestra e l'auditorium.

fig. 1 Corografia area d'indagine - scala 1:5.000

Come rappresentato nello schema planimetrico di figura 2, il nuovo complesso si sviluppa su un'area più estesa rispetto alla struttura esistente, impegnando in modo consistente gran parte dell'area cortiliva attualmente presente a S della stessa.

Da un punto di vista planivolumetrico, il corpo di fabbrica ospitante la scuola dovrebbe presentare una pianta di circa 53x24 metri, sviluppandosi su tre piani fuori-terra, più il piano di copertura; il fabbricato ospitante la palestra dovrebbe estendersi in pianta per circa 43x23 metri, componendosi di un piano terra semi-interrato, un piano primo e la copertura; infine, il fabbricato ospitante l'auditorium dovrebbe presentare una dimensione in pianta di circa 24x19 metri, componendosi di un piano terra semi-interrato, più il piano di copertura.

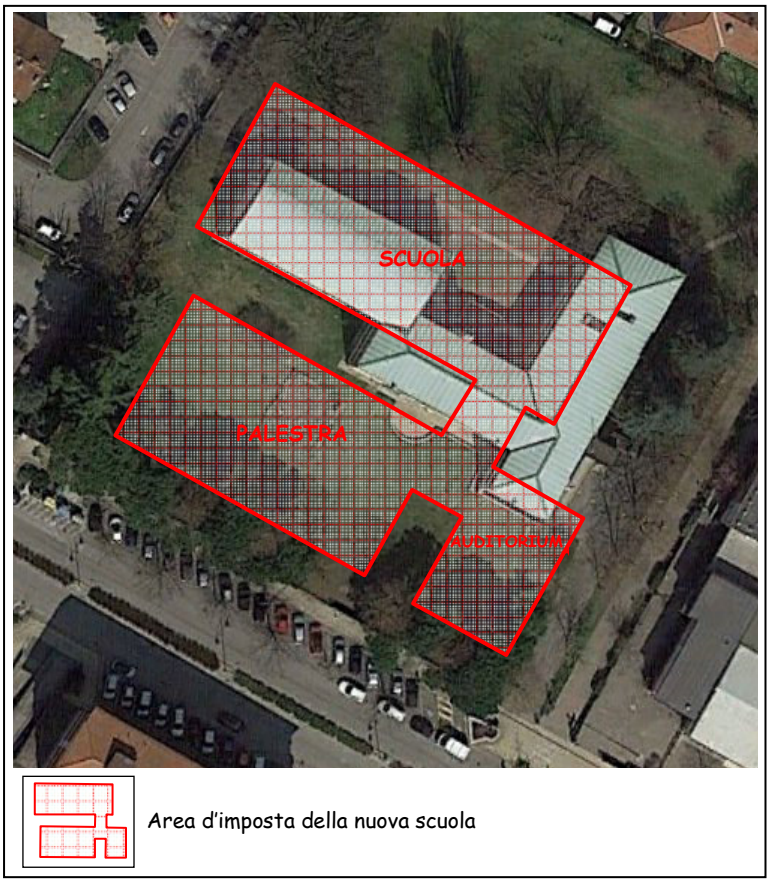


fig.2 Schema planimetrico della nuova scuola
scala 1:1000

2. INDAGINE GEOGNOSTICA E SISMICA

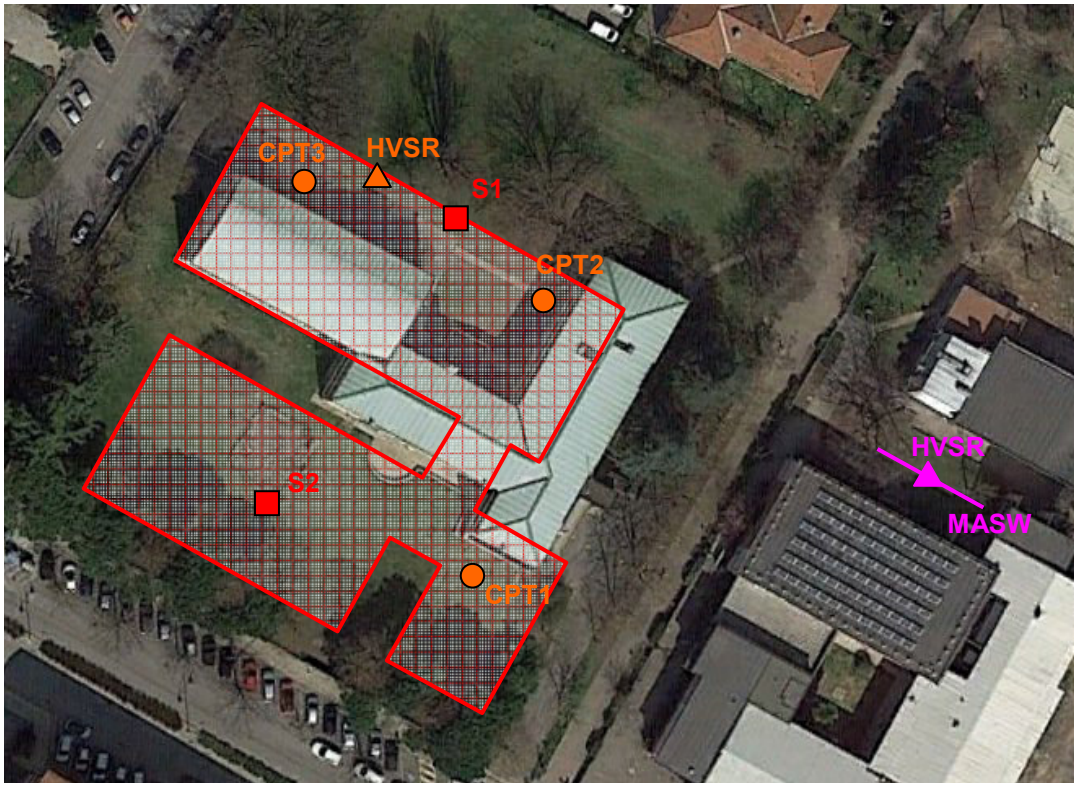
Per lo studio dei terreni interessati dall'intervento edilizio in esame, oltre all'analisi dei dati relativi a studi e prove esistenti riguardanti l'area in esame e/o aree limitrofe, è stata condotta una specifica indagine geognostica integrativa articolata attraverso l'esecuzione di n.2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, spinti fino alla profondità di 10.00 metri dal relativo piano campagna, e di alcune prove di laboratorio eseguite su n.4 campioni indisturbati di terreno prelevati in corrispondenza dei suddetti sondaggi.

Le prove esistenti sono quelle eseguite nel 2010 dallo Studio Geologico Associato Geo-Probe[1], costituite da n.3 prove penetrometriche statiche spinte,

[1] STUDIO GEOLOGICO ASSOCIATO GEO-PROBE: "Studio geologico-tecnico dei terreni del primo sottosuolo di un'area sita in via II Giugno n.49, sulla quale è in progetto il miglioramento sismico di un fabbricato ad uso scolastico", Luglio 2010

rispettivamente, fino a profondità di m. 25.00 (CPT1), m. 15.20 (CPT2) e m. 14.80 (CPT3), e n.1 prova sismica[2] condotta mediante metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) con tromografo digitale (Tromino). Si ha, inoltre, a disposizione un'altra prova sismica condotta nel 2017 dallo Studio Mattioli[3] in corrispondenza dell'adiacente Scuola Elementare Bruno Ciari; tale prova è stata realizzata mediante metodologia integrata HVSR e MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave).

L'ubicazione delle nuove prove condotte e di quelle disponibili prese in esame nel presente studio è riportata in figura 3.



LEGENDA

Indagine geognostica integrativa (2018)

Sondaggi geognostici

Indagine geognostica e sismica esistente (Geo-Probe, 2010)

Prove penetrometriche statiche CPT

Prova HVSR (Tromografo digitale)

Indagine sismica esistente (Studio Mattioli, 2017)

Prova MASW

Prova HVSR (Tromografo digitale)

N

fig. 3 Ubicazione indagini geognostiche e geofisiche
scala 1:1000

[2] Geologo Mirko Sita: Relazione Geofisica allegata allo Studio Geologico-Tecnico redatto da Geo-Probe, Febbraio 2010
[3] STUDIO MATTIOLI: "Studio sismico dei terreni del primo sottosuolo caratterizzanti l'area della Scuola Elementare Bruno Ciari – Ozzano dell'Emilia", Dicembre 2017

2.1 Sondaggi geognostici

I sondaggi geognostici, come noto, rappresentano un metodo di indagine diretta in grado di raggiungere notevoli profondità e di attraversare anche terreni dotati di elevata consistenza o depositi grossolani, come le ghiaie molto addensate o in banchi molto spessi, altrimenti difficilmente investigabili con altri sistemi di indagine diretta come le prove penetrometriche. I sondaggi a carotaggio continuo, in particolare, consentono di determinare, in maniera dettagliata, la stratigrafia del sottosuolo investigato e di prelevare, all'occorrenza, campioni rappresentativi di terreno da sottoporre a prove di laboratorio. I fori di prova, inoltre, possono essere utilizzati per l'esecuzione di prove in situ (es. Standard Penetration Test) e per l'installazione di strumentazione geotecnica o geofisica.

Nell'area di studio, come già anticipato, sono stati eseguiti n.2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S1 e S2), entrambi spinti fino a 10 metri dal relativo piano d'imposta. Il sondaggio S1, così come riportato in figura 3, è stato posizionato, compatibilmente alle condizioni di accessibilità ed alla presenza di eventuali sottoservizi, sul lato N del complesso, a circa 9.00 metri dallo spigolo NE del fabbricato attualmente ospitante la palestra, in corrispondenza del lato settentrionale dell'area d'imposta della struttura destinata ad ospitare la nuova scuola; il sondaggio S2 è stato, invece, posizionato sul lato S del complesso, a circa 16 metri dallo spigolo SO del fabbricato ospitante attualmente l'ala meridionale della scuola, in posizione grossomodo baricentrica rispetto all'area d'imposta del fabbricato destinato ad ospitare la nuova palestra.

Per l'esecuzione dei sondaggi è stata utilizzata una perforatrice MB540 Boart Longyear, montata su mezzo cingolato e dotata della seguente attrezzatura:
- carotiere semplice: L= 1600 mm. e ∅= 101 mm.;
- tubi di rivestimento: L= 1500 mm. e ∅= 127 mm.;
- aste di perforazione: L= 3000 mm. e ∅= 60 mm.;
- campionatori Shelby per prelievo di campioni indisturbati: ∅= 88.9 mm., L= 600 mm. e 700 mm.
- cassette in pvc per complessivi 5 metri di carotaggio ciascuna;
- pocket penetrometer;
- scissometro (vane test).

Sugli spezzoni di carota prelevati nel corso dei sondaggi sono state eseguite, compatibilmente alle caratteristiche litologiche, tessiturali e geomeccaniche dei terreni, delle prove speditive di consistenza mediante pocket penetrometer e scissometro tascabile. Come noto, tali prove si eseguono solamente sui materiali a comportamento coesivo, consentendo di stimarne, in maniera indicativa, la relativa

consistenza; in pratica, tale parametro viene descritto in funzione della resistenza all'infissione nel caso del pocket penetrometer (strumento costruito in modo tale da fornire valori di resistenza "q_u" confrontabili con quelli ottenibili dalla prova di compressione semplice), oppure in base alla torsione nel caso dello scissometro (legata invece alla resistenza non drenata C_u). Come sistema di classificazione si può fare riferimento a quello basato sulle indicazioni di Terzaghi, riferito ai valori di resistenza misurati con il pocket penetrometer; in tabella 1, in affiancamento al sistema di classificazione sopra richiamato, si riportano i corrispondenti valori di C_u riferiti alle misure condotte con scissometro.

Pocket Penetrometer (kg/cm^2)	Grado di consistenza	Scissometro (kg/cm^2)
<0,25	Molto molle	< 0,10
0,25-0,50	Molle	0,10-0,25
0,50-1,00	Plastico	0,25-0,50
1,00-2,00	Consistente	0,50-1,00
2,00-4,00	Molto consistente	1,00-2,00
>4,00	Duro	>2,00

tab. 1 Classificazione basata sulle resistenze misurate con pocket penetrometer e scissometro

In corrispondenza di ciascuna verticale di sondaggio sono stati prelevati, compatibilmente alle relative stratigrafie e alle indicazioni fornite dai progettisti incaricati, dei campioni indisturbati di terreno su cui sono state eseguite delle specifiche analisi di laboratorio per determinarne le principali caratteristiche fisiche e meccaniche. In corrispondenza del sondaggio S1 sono stati prelevati due campioni, rispettivamente a 2.50-3.20 metri (C1) e a 4.60-5.30 metri (C2) dal relativo piano d'imposta, mentre in corrispondenza del sondaggio S2, sono stati prelevati altri due campioni, rispettivamente a 3.20-3.80 metri (C1) e a 6.00-6.60 metri (C2) dal relativo piano d'imposta. I campioni sono poi stati conferiti presso un laboratorio geotecnico accreditato (Geotea s.r.l.) per l'esecuzione delle analisi richieste.

Le stratigrafie dei sondaggi eseguiti sono riportate in allegato A, unitamente alle foto delle cassette catalogatrici e dell'ubicazione dei punti di perforazione.

2.2 Prove di laboratorio

Sui campioni di materiale prelevati nel corso dei sondaggi sono state eseguite, sulla base delle indicazioni fornite dai progettisti incaricati, delle specifiche prove di laboratorio per determinare le principali proprietà indici e le caratteristiche meccaniche dei terreni indagati.

L'elenco delle prove condotte è sinteticamente riportato nella sottostante tabella:

Campione	Tipo prova
Campioni indisturbati	o determinazione dei limiti di consistenza o analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione o prova di taglio diretto consolidata drenata (C.D.) o prova triassiale non consolidata non drenata (U.U.) o prova edometrica (I.L.)

tab. 2 Prove di laboratorio condotte sui campioni di terreno prelevati

Per quanto riguarda la classificazione granulometrica, si è proceduto ad un'analisi combinata mediante setacciatura e sedimentazione, facendo riferimento alla normativa UNI CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI Anno V n.23.

La setacciatura, utilizzata per la frazione di sedimento più grossolana costituita da ghiaia e sabbia, ovvero per quella caratterizzata da granuli di dimensioni maggiori di 0.075 mm., ha come obiettivo quello di raggruppare in diverse classi di grandezza, le particelle costituenti il terreno e di determinare successivamente le percentuali in peso di ciascuna classe, riferite al peso iniziale del materiale secco. Nel caso in esame, l'analisi è stata condotta utilizzando una serie di 13 setacci, di apertura progressivamente decrescente, da 100 mm. a 0.075 mm, sovrapposti verticalmente e fatti vibrare, in modo da separare i granuli in frazioni di diverse dimensioni, ciascuna trattenuta al corrispondente setaccio. Per quanto riguarda, invece, la distribuzione dei granuli di dimensioni inferiori a 0,075 mm., ovvero delle particelle costituenti i terreni limosi e argillosi, l'analisi è stata effettuata con il metodo del densimetro, che si basa sui tempi di sedimentazione delle particelle in acqua. In pratica le dimensioni delle particelle vengono determinate indirettamente, misurandone la relativa velocità di caduta all'interno di un cilindro, contenente una dispersione delle particelle stesse in acqua distillata.

Per quanto riguarda i cosiddetti limiti di consistenza, o di Atterberg, che, come noto, esprimono la transizione di comportamento del terreno al variare del contenuto in acqua, la loro determinazione può essere utile per fornire informazioni inerenti la resistenza, la permeabilità e la compressibilità dei terreni. Nel caso in esame si è proceduto alla stima del Limite Liquido (LL) e del Limite Plastico (LP).

Senza entrare nelle specifiche tecniche delle prove, eseguite facendo riferimento alla normativa UNI EN ISO/TS 17892-12, si ricorda che il Limite Liquido è fissato convenzionalmente dal contenuto d'acqua che permette la penetrazione di 20 mm. della punta del cono all'interno del provino di terreno. Il limite plastico è, invece, convenzionalmente fissato dal contenuto d'acqua in corrispondenza del quale un provino di terreno cilindrico di 3,2 mm. che viene "rollato" con il palmo della mano su una superficie liscia (es. una lastra di vetro) comincia a fessurarsi.

Come già ricordato, i limiti di consistenza rappresentano i contenuti d'acqua corrispondenti ai limiti di separazione tra due stati contigui:

- Limite Liquido (LL): definito come il contenuto di acqua sotto al quale il terreno possiede un comportamento plastico e sopra al quale possiede un comportamento fluido-viscoso;
- Limite Plastico (LP): definito come il contenuto d'acqua sotto al quale il terreno perde il comportamento plastico.

Esiste poi anche il Limite di Ritiro (LR) che rappresenta il contenuto d'acqua al di sotto del quale il terreno non subisce più riduzione di volume se viene essiccato, assumendo un comportamento solido.

Dai suddetti Limiti è possibile ottenere degli indici rappresentativi della consistenza dei terreni:

- Indice Plastico (I_P), definito dalla differenza tra Limite Liquido e Limite Plastico, che indica il campo di variazione del contenuto d'acqua all'interno del quale il terreno ha un comportamento plastico, ovvero dove può essere deformato o rimaneggiato senza cambio di volume e senza fessurarsi; empiricamente può essere correlato alla resistenza del terreno, così come schematizzato nella sottostante tabella:

Indice Plastico I_P	Plasticità del terreno
$0<I_P<5$	Non plastico
$5<I_P<15$	Poco plastico
$15<I_P<40$	Plastico
$I_P>40$	Molto plastico

tab. 3 Classificazione del terreno con I_P

- Indice di Consistenza (I_C), definito dal rapporto $(LL-w_N)/I_P$, con w_N corrispondente al contenuto d'acqua allo stato naturale, che fornisce indicazioni sullo stato di consistenza di un terreno (tabella 4);

Confronto Limiti	Valori di I_C	Consistenza
$w_N>LL$	<0	Fluida
$w_N<LL$	$0<I_C<0.25$	Fluido-plastica
"	$0.25<I_C<0.50$	Molle-plastica
"	$0.50<I_C<0.75$	Plastica
"	$0.75<I_C<1.00$	Solido-plastica
"	$I_C>1.00$	Semisolida

tab. 4 Classificazione del terreno con I_C

- Indice di Liquidità (I_L), definito dal rapporto $(w_N-LP)/I_P$, che in pratica rappresenta il parametro complementare dell'Indice di Consistenza ($I_L=1-I_C$); ne consegue che un terreno molto consistente presenta un indice di liquidità negativo, mentre un terreno di bassa consistenza presenta un indice di liquidità intorno a 1 (tabella 5).

Indice di Liquidità I_L	Descrizione della resistenza del terreno
$I_L<0$	Stato semisolido – resistenza alta, comportamento fragile, possibile apertura di fratture
$0<I_L<1$	Stato plastico – resistenza intermedia, il terreno si deforma come un materiale plastico
$I_L>1$	Stato liquido – resistenza bassa, il terreno si deforma come un liquido viscoso

tab. 5 Descrizione della resistenza dei terreni con I_L

Per quanto riguarda la determinazione dei parametri meccanici di resistenza e di deformabilità, si è proceduto, come già anticipato, all'esecuzione di prove di taglio, a prove di compressione e a prove edometriche.

- Prova di taglio diretto consolidata e drenata (normativa UNI CEN ISO/TS 17892-10): tale prova viene eseguita inserendo un provino all'interno di un'intelaiatura metallica (detta scatola di Casagrande), suddivisa in due semiscatole prismatiche poste una sopra l'altra; il provino, di cui occorre registrare preliminarmente le dimensioni ed il peso umido, viene inserito in modo che la sua porzione centrale coincida con la giunzione delle semiscatole. Queste sono libere di muoversi l'una rispetto all'altra lungo la loro linea di giunzione che definirà il piano di rottura del provino. La semiscatola inferiore è vincolata ad un motore che la spinge in avanti, mentre la semiscatola superiore è vincolata ad un anello dinamometrico (o ad una cella di carico) che misura la resistenza che il terreno offre allo sforzo di taglio. Un carico verticale viene imposto durante il taglio, e in fase di prova vengono misurate, oltre alla resistenza, sia lo spostamento della semiscatola inferiore (deformazione orizzontale) sia il cedimento del provino ovvero la deformazione verticale. Poiché la metodologia adottata permette sempre il drenaggio dell'acqua, la prova è definita Consolidata Drenata (CD). La prova viene eseguita su tre provini che vengono consolidati a differenti pressioni e sottoposti poi alla fase di taglio. Riportando i valori di tensione verticale e di resistenza al taglio ricavati per ciascun provino su di un piano τ-σ_v è possibile definire la retta di inviluppo di rottura da cui ricavare i parametri di resistenza al taglio c' e φ'.
- Prova triassiale non consolidata e non drenata (UNI CEN ISO/TS 17892-8): normalmente viene eseguita su 2 o 3 provini cilindrici di dimensioni standard (7,6 cm. di altezza per 3,8 cm. di diametro) che vengono inseriti in una guaina elastica impermeabile e posizionati nella cella triassiale. Dopo aver chiuso i sistemi di drenaggio, viene imposta la pressione di cella e quindi avviata la fase di compressione. La prova, condotta a volume costante, viene considerata conclusa a rottura e, comunque, dopo aver raggiunto una deformazione pari al 20% dell'altezza iniziale del provino. La prova restituisce direttamente il valore della resistenza al taglio non drenata C_u.

- Prova edometrica IL (UNI CEN ISO/TS 17892-5): come noto la prova edometrica dovrebbe consentire di definire il comportamento di un terreno coesivo quando è sottoposto ad una variazione dello stato tensionale rispetto a quello in sito. La prova viene eseguita su provini cilindrici confinati lateralmente da un anello metallico; sulle basi inferiore e superiore dei provini vengono disposti un disco di carta da filtro e uno di pietra porosa, per favorire il drenaggio. L'insieme provino-anello rigido-pietre porose è posto in un contenitore (cella edometrica) pieno d'acqua, in modo da garantire la totale saturazione del provino durante la prova le cui modalità standard di esecuzione prevedono l'applicazione di un carico verticale con incrementi successivi, ciascuno dei quali è mantenuto il tempo necessario per consentire la dissipazione delle sovrapressioni interstiziali generate e l'esaurirsi del cedimento di consolidazione primaria. Durante la permanenza di ciascun gradino di carico, viene misurata la variazione di altezza del provino nel tempo, dalla quale vengono poi calcolate le deformazioni assiali e l'indice dei vuoti che consentono, attraverso specifiche relazioni, di stimare i coefficienti ed i moduli di deformazione e di compressibilità più rappresentativi del comportamento del materiale.

I certificati delle diverse prove di laboratorio eseguite, con i risultati ottenuti sono riportati in allegato B.

2.3 Prove penetrometriche statiche esistenti

Le prove penetrometriche statiche esistenti risultano essere ubicate perimetralmente al complesso scolastico, così come riportato in figura 3.

Per quanto riguarda i dati penetrometrici acquisiti in campagna ed i relativi grafici interpretativi, si rimanda alla pertinente Relazione redatta dagli esecutori, ovvero dallo Studio Geologico Associato Geo-Probe e riportata parzialmente in allegato C.

Come noto, la prova penetrometrica statica (CPT – Cone Penetration Test) consente, da un punto di vista qualitativo, di caratterizzare il sottosuolo, individuando la presenza di strati di terreno a diversa consistenza; in tal senso, la possibilità di individuare la posizione di livelli di consistenza molto bassa rende di grande utilità l'impiego delle prove penetrometriche per la ricerca di strati compressibili in grado di dare origine a cedimenti significativi, o di livelli di debole resistenza al taglio lungo i quali potrebbe avvenire uno scorrimento. Dall'elaborazione dei dati acquisiti in campagna è, inoltre, possibile, mediante correlazioni empiriche, risalire con una certa approssimazione alla natura dei terreni attraversati e ricostruire, conseguentemente, il locale assetto litostratigrafico. Oltre a rilevare l'andamento stratigrafico lungo una

verticale ed individuare i tipi di terreno attraversato, da un punto di vista quantitativo la prova penetrometrica consente di stimare i parametri geotecnici più significativi attraverso numerose correlazioni empiriche fornite da diversi Autori.

2.4 Indagini sismiche esistenti

Le prospezioni sismiche disponibili, la cui ubicazione è riportata in figura 3, fanno riferimento alla già citata indagine geologica condotta dalla Geo-Probe in corrispondenza del sito in esame, e all'indagine sismica condotta dallo Studio Mattioli nell'adiacente area ospitante la Scuola Elementare Bruno Ciari.

Per quanto riguarda lo studio della Geo-Probe, si ha a disposizione l'indagine commissionata al geol. Mirko Sita, e condotta mediante registrazione del rumore sismico ambientale di fondo con tromografo digitale (metodo HVSR).

Per quanto riguarda, invece, l'indagine condotta dallo Studio Mattioli, si hanno a disposizione un'indagine a stazione singola (metodo HVSR) e una in array lineare con acquisizione attiva tipo MASW.

Per la descrizione delle caratteristiche strumentali e delle modalità esecutive delle prove condotte, nonché delle interpretazioni e delle elaborazioni eseguite sui dati acquisiti si rimanda alle pertinenti Relazioni redatte dagli esecutori e riportate in allegato D.

Entrambe le prospezioni sono state condotte al fine di ottenere la classificazione "sismica" del tipo di suolo presente nel sito, sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio (V_S) entro i primi 30 metri di profondità ($V_{S,30}$), in ottemperanza a quanto riportato nella normativa vigente al momento dell'esecuzione delle indagini (NTC08). Il tipo di dato acquisito è da considerare compatibile anche con quanto previsto dalla nuova normativa tecnica (NTC18) circa l'individuazione delle categorie di sottosuolo ai fini della definizione dell'azione sismica, nonostante alcune modifiche introdotte. Come noto, infatti, la nuova normativa non fa più riferimento diretto al valore del parametro $V_{S,30}$, ma a quello del parametro $V_{S,eq}$, corrispondente al valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio V_S (in m/s) definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{hi}{Vs,i}}$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato,

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato,

N numero di strati,

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.
Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 metri, come nel caso in esame, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo H=30 metri nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

3. CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI

I dati geognostici e geofisici utilizzati per la caratterizzazione litologica e geomeccanica dei terreni investigati e per la definizione della categoria "sismica" di sottosuolo, sono stati desunti, come già anticipato, dall'indagine integrativa condotta dallo scrivente, e da alcuni studi preesistenti, sia di carattere geognostico (prove penetrometriche statiche) che geofisico (HVSR e MASW), condotti all'interno del sito e nelle immediate vicinanze dello stesso.

- *SONDAGGI GEOGNOSTICI (all.A):*

Come già ricordato, i due sondaggi, spinti entrambi fino a 10.00 metri di profondità dal relativo piano d'imposta, sono stati eseguiti, rispettivamente, sul lato N del complesso (S1), a circa 9.00 metri dallo spigolo NE del fabbricato attualmente ospitante la palestra, in corrispondenza del lato settentrionale dell'area d'imposta della struttura destinata ad ospitare la nuova scuola, e sul lato S del complesso (S2), a circa 16 metri dallo spigolo SO del fabbricato ospitante attualmente l'ala meridionale della scuola, in posizione grossomodo baricentrica rispetto all'area d'imposta del fabbricato destinato ad ospitare la nuova palestra. In relazione al locale assetto morfologico, il sondaggio S2 risulta essere impostato ad una quota superiore di circa 0.90 metri rispetto al sondaggio S1.
Dall'esame comparato delle due stratigrafie, schematicamente rappresentate in figura 4, si può rilevare come l'assetto litostratigrafico e geomeccanico del sottosuolo investigato, pur in presenza di alcuni elementi di specificità puntuale, sia caratterizzato, nel complesso, da una struttura relativamente omogenea, caratterizzata dalla successione verticale di "corpi" sedimentari abbastanza ben definiti, costituiti da prevalenti litotipi a tessitura fina, di natura limoso-argillosa, a componente sabbiosa generalmente scarsa, cui s'intercalano, a partire da 5.50-6.50 metri circa di profondità, litotipi a tessitura più grossolana, costituiti da prevalenti ghiaie eterometriche in matrice limoso-sabbiosa, talora argillosa, più o meno abbondante.

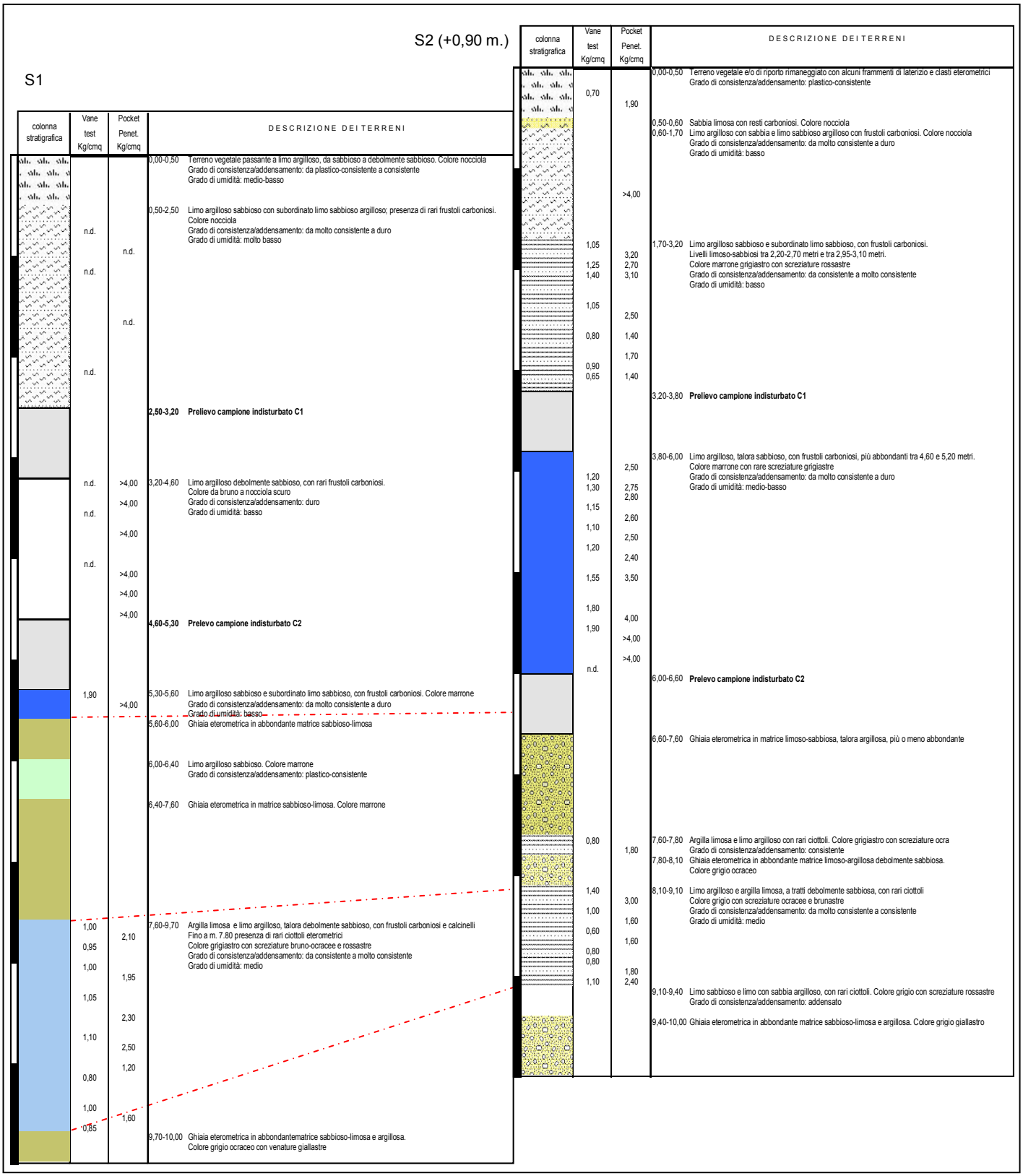


fig.4 Correlazione sondaggi

Da un punto di vista geomeccanico, l'assetto definito evidenzia variazioni laterali del grado di consistenza più marcate rispetto alle variazioni di carattere litologico, soprattutto nella porzione più superficiale; in tal senso, sicuramente significativo

appare l'elevato grado di consistenza e compattezza rilevato nei litotipi limoso-argillosi e argilloso-limosi, più o meno sabbiosi, individuati nel sondaggio S1 fino a circa 5.50 metri di profondità; tali terreni, talmente resistenti da non consentire la corretta esecuzione delle prove speditive di consistenza con pocket penetrometer e scissometro tascabile (valore stimato della coesione non drenata C_u mediamente maggiore di 2.00 kg/cm^2), hanno evidenziato anche uno stato di forte essicazione con un grado di umidità abbastanza basso. Nel sondaggio S2 la presenza di litotipi di caratteristiche analoghe, anche se non così "spinte", è stata rilevata solamente fino a circa 2.00 metri, pur evidenziandosi, anche a maggiori profondità, terreni caratterizzati da discrete caratteristiche geomeccaniche; facendo riferimento ai valori di resistenza rilevati con lo scissometro ed il pocket penetrometer (p.p), i litotipi limoso-argillosi e argilloso-limosi testati possono essere classificati, mediamente, da consistenti a molto consistenti (valore di q_u ricavato da p.p. compreso tra 1.40 e 4.00 Kg/cm^2, valore di C_u ricavato da scissometro compreso tra 0.65 e 1.90 Kg/cm^2), talora anche duri (q_u>4.00 Kg/cm^2, C_u>2.00 Kg/cm^2). Ritenendo che l'elevato grado di consolidazione rilevato possa essere ricondotto, almeno in parte, a fenomeni di essiccamento evapotraspiratrivo, si può ipotizzare che in corrispondenza del sondaggio S1 i processi di compattazione siano stati amplificati, estendendosi più in profondità, a causa della presenza di numerosi alberi d'alto fusto e di aree pavimentate relativamente impermeabili; è noto, infatti, che gli apparati radicali delle piante, soprattutto in presenza di condizioni climatiche siccitose e di falde relativamente profonde (nell'area investigata la soggiacenza della falda è sicuramente maggiore di 7-8 metri), possono determinare per suzione una significativa deumidificazione dei terreni coinvolti, con conseguente contrazione volumetrica e progressiva consolidazione degli stessi.
Relativamente ai litotipi argilloso-limosi e limoso-argillosi individuati più in profondità, all'interno del "corpo" ghiaioso, le prove di consistenza condotte hanno evidenziato, per entrambi i sondaggi, la persistenza di discreti valori di resistenza, con valori di q_u compresi tra 1.20 e 3.00 Kg/cm^2, e valori di Cu oscillanti tra 0.60 e 1.40 Kg/cm^2.
Per quanto riguarda gli strati di sedimenti più grossolani, costituiti da ghiaie eterometriche in matrice limoso-sabbiosa, talora argillosa, in assenza di prove SPT non è possibile fornire indicazioni quantitative sul relativo grado di addensamento. Facendo riferimento alle osservazioni riportate dall'operatore in fase di avanzamento si può, comunque, ipotizzare che tali terreni siano caratterizzati, nel complesso, da discreti valori di resistenza.

A causa della temporanea permanenza dell'acqua di perforazione all'interno dei fori, non è possibile fornire indicazioni attendibili circa l'eventuale presenza di una falda e la sua relativa profondità di rinvenimento; ammettendone la presenza, si può

indicare, sulla base dei rilievi freatimetrici condotti al termine dei sondaggi, una soggiacenza minima mediamente compresa tra m. 7.80 (S2) e m. 8.40 (S1) dai relativi piani d'imposta.

- *PROVE DI LABORATORIO (all.B):*

Come già anticipato, sui campioni di materiale prelevati nel corso dei sondaggi sono state eseguite, sulla base delle indicazioni fornite dai progettisti incaricati, delle specifiche prove di laboratorio per determinare le principali proprietà indici e le caratteristiche meccaniche dei terreni potenzialmente interessati dall'intervento edificatorio. I risultati ottenuti sono riportati schematicamente nella sottostante tabella.

Campioni	prof. (m.)	w_n (%)	γ (kN/m^3)	LL (%)	LP (%)	Frazioni granulometrica		φ' (°)	c' (kPa)	Cu (kPa)	E' (MPa)	Cv cm^2/s	K (m/s)
						%	denominazione						
S1-C1	2.50-3.20	17,75	18,83	43,2	22,5	Ghiaia: 00,1 Sabbia: 14,71 Limo: 58,31 Argilla: 26,97	Limo argilloso debolmente sabbioso	27,2	30,96	393	carico 196-398 kPa 14,08	4,885 E-05	3,469 E-10
S1-C2	4.60-5.30	16,86	18,14	45,1	23,4	Ghiaia: 0,00 Sabbia: 27,68 Limo: 42,95 Argilla: 29,37	Limo argilloso sabbioso	27,8	13,94	264	carico 49-98 kPa 2,78	1,508 E-05	6,549 E-10
S2-C1	3.20-3.80	22,64	19,22	37,3	20,8	Ghiaia: 0,00 Sabbia: 26,76 Limo: 58,44 Argilla: 13,80	Limo sabbioso debolmente argilloso	27,5	4,26	100	carico 196-398 kPa 4,42	5,911 E-04	1,337 E-08
S2-C2	6.00-6.60	19,36	17,55	n.d.	n.d.	Ghiaia: 33,72 Sabbia: 37,41 Limo: 21,6 Argilla: 7,21	Sabbia limosa debolmente argillosa con ghiaia	32,4	0,33	116	carico 98-196 5,48	1,125 E-04	2,053 E-08

w=umidità naturale; γ=massa volumica umida; LL=limite liquido; LP=limite plastico; IP=indice plastico; φ'=angolo di attrito; c'=coesione efficace; Cu=coesione non drenata; E'=modulo edometrico; Cv=coeff. di consolidazione; k=coeff. di permeabilità

tab. 5 Sintesi dei risultati delle prove di laboratorio

Relativamente al campione siglato S2-C2 occorre precisare che il prelievo è avvenuto proprio in corrispondenza del passaggio tra dei sedimenti prevalentemente limoso-argillosi, talora sabbiosi, e dei sedimenti ghiaiosi in matrice sabbioso-pelitica. In tali condizioni si è deciso di utilizzare la porzione a tessitura più fina per eseguire le prove meccaniche (taglio diretto C.D., edometria e triassiale U.U.) e quella rimanente, a tessitura più grossolana, per le prove classificatorie; in tal senso non è stato possibile procedere alla determinazione dei limiti di consistenza.

Tenendo conto delle profondità d'imposta previste per le fondazioni delle strutture in progetto, i terreni più direttamente sollecitati dovrebbero essere quelli rappresentati dai campioni siglati C1, prelevati tra 2.50 e 3.20 metri di profondità, in corrispondenza del sondaggio S1 (S1-C1), e tra 3.20 e 3.80 metri, in corrispondenza del sondaggio S2 (S2-C1). Per quanto riguarda i due campioni siglati C2, prelevati, rispettivamente tra 4.60 e 5.30 metri di profondità, in corrispondenza del sondaggio S1 (S1-C2), e tra 6.00 e 6.60 metri, in corrispondenza del sondaggio S2 (S2-C2), la loro valenza è da considerare, comunque, significativa nell'ambito delle valutazioni su l'eventuale insorgenza di cedimenti, ricadendo entrambi all'interno del volume di terreno potenzialmente interessato dal bulbo di diffusione dei carichi.

- Campione S1-C1: si tratta di limi argillosi debolmente sabbiosi di discreta consistenza e umidità medio-bassa. I valori stimati per i limiti di consistenza sono quelli tipici dei limi argillosi e delle argille limose; l'Indice Plastico, pari a 20,7, consente di classificare il terreno come mediamente plastico, mentre l'Indice di Consistenza, che descrive lo stato in cui si trova il materiale nelle condizioni naturali, risulta superiore a 1, testimoniando un elevato grado di resistenza ed uno stato di tipo semisolido. Il discreto grado di compattezza del terreno campionato si evidenzia anche dalla prova triassiale U.U. che restituisce un valore di coesione non drenata C_u pari a 393 kPa, in linea con i valori stimati mediante le prove speditive sugli spezzoni di carota sovra e sottostanti. Anche in termini efficaci, il campione di terreno testato evidenzia valori di resistenza al taglio discreti, così come desumibile dal valore di c' pari a 30,96 kPa e di φ pari a 27,2°.
- Campione S1-C2: si tratta di limi argillosi sabbiosi di discreta consistenza e umidità medio-bassa. I valori stimati per i limiti di consistenza sono quelli tipici dei limi argillosi e delle argille limose; l'Indice Plastico, pari a 21,7, consente di classificare il terreno come mediamente plastico, mentre l'Indice di Consistenza risulta superiore a 1, testimoniando un elevato grado di resistenza ed uno stato di tipo semisolido. Il discreto grado di compattezza del terreno campionato viene confermato, anche in questo caso, dalla prova triassiale U.U. che restituisce un valore di coesione non drenata C_u pari a 264 kPa, in linea con i valori stimati mediante le prove speditive. Anche in termini efficaci, il campione di terreno testato evidenzia valori di resistenza al taglio ancora discreti, con una c' pari a 13,94 kPa e un φ pari a 27,8°.
- Campione S2-C1: si tratta di limi sabbiosi debolmente argillosi di media consistenza e umidità medio-bassa. I valori stimati per i limiti di consistenza sono quelli tipici dei limi sabbiosi argillosi; l'Indice Plastico, pari a 16,5 consente di classificare il terreno come mediamente plastico, mentre l'Indice di Consistenza, pari a 0,89, testimonia un grado di resistenza leggermente minore rispetto ai

campioni precedenti, con uno stato di tipo solido-plastico. Il minor grado di compattezza del terreno campionato viene confermato dalla prova triassiale U.U. che restituisce un valore di coesione non drenata C_u pari a 100 kPa, in linea con i valori stimati mediante le prove speditive. In termini efficaci, il campione di terreno testato evidenzia la minor componente argillosa ed il grado di consistenza più basso con una c' pari a 4,26 kPa ed un φ pari a 27,5°.

- Campione S2-C2: come già anticipato, il campione prelevato si caratterizza per la presenza di due diverse tipologie litologiche. Superiormente s'individuano prevalenti limi argillosi e sabbiosi, mentre inferiormente subentrano prevalenti ghiaie e sabbie limose, debolmente argillose. La quantità di materiale fine disponibile ha consentito solamente l'esecuzione delle prove meccaniche, per cui non è stato possibile procedere alla determinazione dei limiti di consistenza. La maggior componente sabbiosa rilevata complessivamente nel campione sembrerebbe riflettersi nei risultati ottenuti dalla prova di taglio diretto, indicante un valore di c' pari a 0,33 kPa e di φ pari a 32,4°. In termini non drenati il valore di C_u stimato, pari a 116 kPa, risulta inferiore ai valori rilevati con le prove speditive nello spezzone di carota immediatamente sovrastante.

○ *PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (all.C):*

Facendo riferimento ai dati penetrometrici disponibili, così come schematicamente rappresentati in figura 5 (segnali della resistenza alla punta qc e del rapporto Rf, registrati fino a 15.00 metri e riportati ad un unico piano di riferimento coincidente con il piano d'imposta delle prove 2 e 3), si può evidenziare come, a livello generale, i terreni investigati risultino essere costituiti, fino a 5.40-5.80 metri, da un'associazione di prevalenti limi e argille, con subordinate sabbie, variamente miscelati tra loro ed organizzati in strati più o meno omogenei e continui. Il grado di consistenza si man-

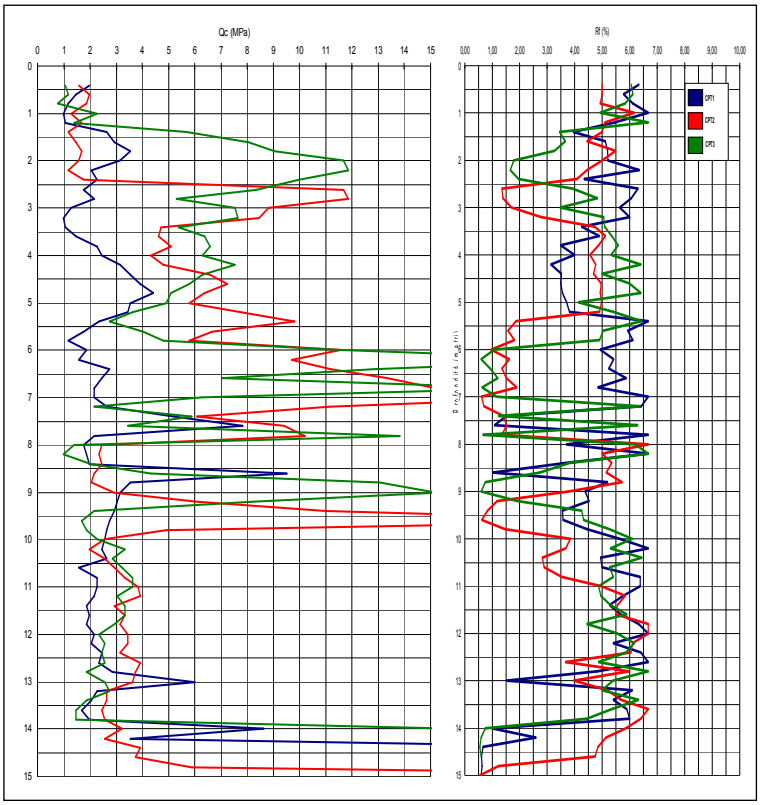


fig.5 Sovrapposizione dei segnali penetrometrici

tiene mediamente plastico, talora consistente (qc_{med}: 1.0-1.8 MPa), nella fascia più superficiale compresa tra il piano campagna e una profondità variabile tra 1.20 metri (CPT3) e 2.40 metri (CPT2), per poi aumentare significativamente, soprattutto lungo le verticali CPT2 e CPT3; in tali ambiti, infatti, i litotipi attraversati, costituiti da prevalenti limi argillosi, limi argilloso-sabbiosi e argille limose, si presentano consistenti e molto consistenti, talora anche duri (qc_{med}: 4.0-9.0 MPa), presumibilmente per fenomeni di essiccamento evapotraspirativo, fino ad una profondità mediamente compresa tra 5.40 e 5.80 metri. Al riguardo si evidenzia come gli elevati valori di resistenza (8.5<qc<11.5 MPa) registrati localmente nell'intervallo compreso tra 1.50 e 3.20 metri circa, pur potendo essere imputabili all'incontro di frammenti lapidei, potrebbero ancora dipendere dai fenomeni di essiccamento; in tal caso, l'attribuzione litologica, proprio in relazione all'elevata compattezza registrata, potrebbe essere stata leggermente falsata, portando a classificare dei litotipi limoso-agillosi, sia pur con una certa componente sabbiosa, come litotipi più grossolani (Rf<2.0%). In corrispondenza della prova CPT1, il grado di consistenza si mantiene complessivamente più basso; i litotipi attraversati, costituiti da limi argillosi, più sabbiosi nell'intervallo compreso tra 4.20 e 6.00 metri circa, e argille limose, risultano mediamente consistenti, talora anche plastici (qc_{med}: 1.5-3.5 MPa), fino ad una profondità di circa 9.20 metri. Lungo le verticali CPT2 e CPT3, sotto i 5.40-5.80 metri circa, fino a 9.20-9.60 metri di profondità, subentrano sedimenti più grossolani di natura ghiaioso-sabbiosa, di medio addensamento (qc_{med}: 7.0-20.0 MPa), con subordinati limi argillosi e argille limose plastico-consistenti (qc_{med}: 1.0-2.5 MPa), prevalenti nell'intervallo compreso tra 7.80 e 9.00 metri circa. In corrispondenza della verticale CPT1, sedimenti grossolani di natura ghiaioso-sabbiosa, di medio addensamento (qc_{med}: 5.0-9.5 MPa), s'individuano solamente in alcuni sottili livelli compresi tra 8.00 e 8.40 metri e tra 9.20 e 9.60 metri. Più in profondità, le tre prove ritornano ad essere nuovamente correlabili tra loro, risultando essere caratterizzate, in maniera abbastanza omogenea, da prevalenti litotipi argilloso limosi e limoso-argillosi, talora debolmente sabbiosi, da plastico-consistenti a consistenti (qc_{med}: 1.8-3.5 MPa), organizzati in uno strato di circa 4-5 metri di spessore, cui fanno seguito nuovamente sedimenti grossolani di prevalente natura ghiaiosa e sabbiosa, da mediamente addensati ad addensati (qc_{med}: 25.0-35.0 MPa).

Dal confronto dei segnali penetrometrici si può rilevare come, nell'ambito dell'assetto litostratigrafico definito, vi sia una discreta correlazione, sia di tipo litologico che geomeccanico, tra le verticali CPT2 e CPT3, lungo l'intero intervallo di profondità investigato, mentre, relativamente alla verticale CPT1, la correlabilità con le altre prove appaia più discontinua, risultando discreta solamente sotto i 10.00 metri di profondità. In particolare nella prova CPT1 si evidenziano due elementi

caratterizzanti: la mancanza superficiale dello strato sovraconsolidato e la quasi totale assenza di sedimenti ghiaiosi nell'intervallo compreso tra 5.50 e 8.00 metri circa.
A indagine ultimata, il rilievo freatimetrico condotto all'interno dei fori ha evidenziato presenza di acque sotterranee a profondità mediamente comprese tra m. 7.50 (CPT2 e CPT3) e m. 8.10 (CPT1).

○ *PROVE SISMICHE (all.D):*
Le prospezioni sismiche condotte nel corso delle precedenti indagini, sono state finalizzate alla determinazione della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio (V_S) entro i primi 30 metri di profondità ($V_{S,30}$) e, conseguentemente, alla classificazione "sismica" del suolo presente nel sito indagato.
Sulla base dei dati acquisiti e delle elaborazioni condotte, sono stati ricostruiti i modelli "sismici" del sottosuolo, definendo, per le aree investigate, il cosiddetto profilo sismo-stratigrafico, ovvero l'andamento del parametro V_S con la profondità (tabella 6).

Geo-Probe/geol. Mirko Sita (Scuola Media Panzacchi)			Studio Mattioli (Scuola Elementare Ciari)		
profondità alla base dello strato strato (m.)	Spessore (m.)	Vs (m/s)	profondità alla base dello strato strato (m.)	Spessore (m.)	Vs (m/s)
0.00-0.30	0.30	130	0.00-0.90	0.90	150
0.30-5.80	5.50	210	0.90-1.90	1.00	170
5.80-9.20	3.70	410	1.90-3.40	1.50	230
9.20-13.80	4.60	230	3.40-5.90	2.50	260
13.80-16.00	2.20	420	5.90-9.90	4.00	340
16.00-34.00	18.00	240	9.90-19.90	10.00	370
			19.90-39.90	20.00	430
			39.90-74.90	35.00	450
			74.90-∞	∞	650

tab.6 Profili sismo-stratigrafici

Senza entrare nel merito dei metodi interpretativi che hanno portato alla definizione dei profili sopra riportati, si può rilevare come, pur in presenza di evidenti difformità, siano, comunque, presenti alcuni elementi comuni; in particolare sembrerebbero abbastanza correlabili i sismostrati definiti nei primi 10 metri, indicando un incremento più significativo di V_S intorno ai 6.00 metri di profondità, presumibilmente corrispondente al passaggio, verificato dalle prove geognostiche condotte nell'area d'imposta della Scuola Media Panzacchi, tra litotipi prevalentemente limoso-argillosi a litotipi prevalentemente ghiaiosi.
Dai profili ottenuti sono stati ottenuti i seguenti valori di $V_{S,30}$:
- Scuola Media Panzacchi: 249 m/s;
- Scuola Elementare Ciari: 332 m/s.

Tali valori, anche se leggermente discordanti, consentono, comunque, di attribuire i terreni del sottosuolo, in maniera univoca, alla categoria "C", definita, secondo la normativa vigente come: "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,eq}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s".*
La classificazione effettuata è da considerare coerente anche con quanto riportato nel Piano Strutturale Comunale (PSC) del comune di Ozzano dell'Emilia che, nell'ambito degli studi di microzonazione sismica effettuati, colloca i terreni ricadenti nell'area urbanizzata del capoluogo nella suddetta categoria "C".

4. MODELLO LITOSTRATIGRAFICO E GEOTECNICO

La nuova indagine geognostica condotta, unitamente ai dati disponibili relativi allo studio geologico realizzato nel 2010 da Geo-Probe, hanno consentito di caratterizzare, sia pur con una certa approssimazione legata al numero ed al carattere puntuale delle prove eseguite rispetto all'estensione dell'area potenzialmente interessata dall'intervento in progetto, i terreni presenti in sito, sia da un punto di vista litostratigrafico che geomeccanico. Al riguardo, negli schemi sottostanti si riportano, per tutte le prove eseguite, la pertinente successione stratigrafica, con l'indicazione del relativo grado di consistenza e/o addensamento, unitamente ai valori medi di qc, per le prove penetrometriche statiche, e di q_u e C_u, ricavati dalle prove speditive con pocket penetrometer e scissometro, per i sondaggi.

Prova	Litologia prevalente	Intervallo di rinvenimento	qc_{med} (MPa)	Grado di consistenza o addensamento medio (termini prevalenti)
CPT1	La, talora s e Al	0.40-2.00	1.53	da plastico a consistente
	La-s, talora s, con La e Al	2.00-3.20	2.76	consistente, talora plastico
	La con Al	3.20-4.40	1.45	plastico, talora consistente
	Las con La	4.40-6.00	3.33	consistente, talora plastico
	La, talora s, e Al	6.00-7.00	1.75	plastico, talora consistente
	La, talora s, e Al con sottili livelli di Gs	7.00-14.60	2.30	consistente, talora plastico
	Sa-l passanti a G	14.60-15.00	6.08	mediamente addensato
CPT2	La e La-s	0.40-2.40	1.56	plastico
	S e Sl con G (oppure La-s)	2.40-3.20	10.20	med. addensato (duro)
	La-s e La	3.20-5.40	6.10	molto consistente
	Gs, Sg e S	5.40-7.80	10.90	mediamente addensato
	La con Al	7.80-9.00	2.40	consistente
	G, Gs e S	9.00-9.80	11.60	mediamente addensato
	La con Al e subordinate Sa-l	9.80-14.60	3.14	consistente, talora molto consistente
	G e S	14.60-15.00	19.00	mediamente addensato
CPT3	La e Al	0.40-1.20	1.33	plastico
	S e Sl con G (oppure La-s)	1.20-2.60	9.23	med. addensato (duro)
	La, talora sabbiosi, e Al	2.60-5.80	5.62	molto consistente, talora consistente
	Gs, Sg e S	5.80-7.80	12.26	mediamente addensato
	Al con La-s	7.80-8.40	1.47	plastico
	Gs, Sg e S	8.40-9.20	10.20	mediamente addensato
	La, talora s, con Al	9.20-13.80	2.57	consistente, talora plastico
	G	13.80-15.00	28.83	mediamente addensato
A=argilla, L=limo, S=sabbia, G=ghiaia, a=argilloso, l=limoso, s=sabbioso, g=ghiaioso, TVR=terreno vegetale o riportato				

tab. 7 Schema sintetico dell'assetto litostratigrafico desunto dalle prove penetrometriche

Prova	Litologia prevalente	Intervallo di rinvenimento	q_u (kPa)	C_u (kPa)	Grado di consistenza o addensamento medio (termini prevalenti)
S1	TVR	0.00-0.50	-	-	plastico, talora consistente
	La-s con Ls-a	0.50-2.50	n.d.	n.d.	duro
	La, debolmente s, Al	2.50-5.60	>392	n.d.	duro, talora molto consistente
	Gs con sottili livelli di La-s	5.60-7.60	-	-	mediamente addensato
	Al e La	7.60-9.70	190	95	molto consistente, talora consistente
	Gs	9.70-10.00	-	-	mediamente addensato
S2	TVR	0.00-0.50	186	69	plastico, talora consistente
	La-s e Ls-a con subordinate Sl-a	0.50-1.70	>392	n.d.	duro
	La-s con subordinati Ls-a	1.70-3.80	224	99	molto consistente, talora consistente
	La, debolmente sabbioso, Al	3.80-6.60	314	137	molto consistente, talora duro
	Gs con sottili livelli di Al	6.60-8.10	-	-	mediamente addensato
	Al e La	8.10-9.10	199	93	molto consistente, talora consistente
	Ls, La con S e Gs	9.10-10.00	-	-	mediamente addensato
A=argilla, L=limo, S=sabbia, G=ghiaia, a=argilloso, l=limoso, s=sabbioso, g=ghiaioso, TVR=terreno vegetale o riportato					

tab. 8 Schema sintetico dell'assetto litostratigrafico desunto dai sondaggi

L'assetto litostratigrafico e geomeccanico del sottosuolo pertinente al sito oggetto di studio, così come schematicamente riportato nelle precedenti tabelle, viene riproposto graficamente nelle tavole 1, 2 e 3, rappresentanti il probabile assetto del sottosuolo, ricostruito lungo le sezioni AA', BB' e CC' di figura 6 (si evidenzia come tutti i contatti laterali rappresentati nelle tavole, derivando da un lavoro di interpolazione di successioni puntuali, siano puramente indicativi). Definito l'assetto complessivo, si è cercato di individuare degli strati di caratteristiche litologiche e geo-meccaniche relativamente omogenee e definire, conseguentemente, delle unità litotecniche (U.L.), teoricamente rappresentative del sito in esame, contraddistinte da specifici parametri geotecnici, desunti direttamente o per estrapolazione dalle indagini eseguite. Per valutare la possibile interazione struttura-terreno, nelle tavole è stato rappresentato graficamente anche il probabile "volume d'imposta" pertinente alle fondazioni dei fabbricati in progetto. Come già descritto precedentemente e come desumibile dalle rappresentazioni riportate nelle tavole, i terreni investigati si caratterizzano, fino ad almeno 15.00 metri di profondità,

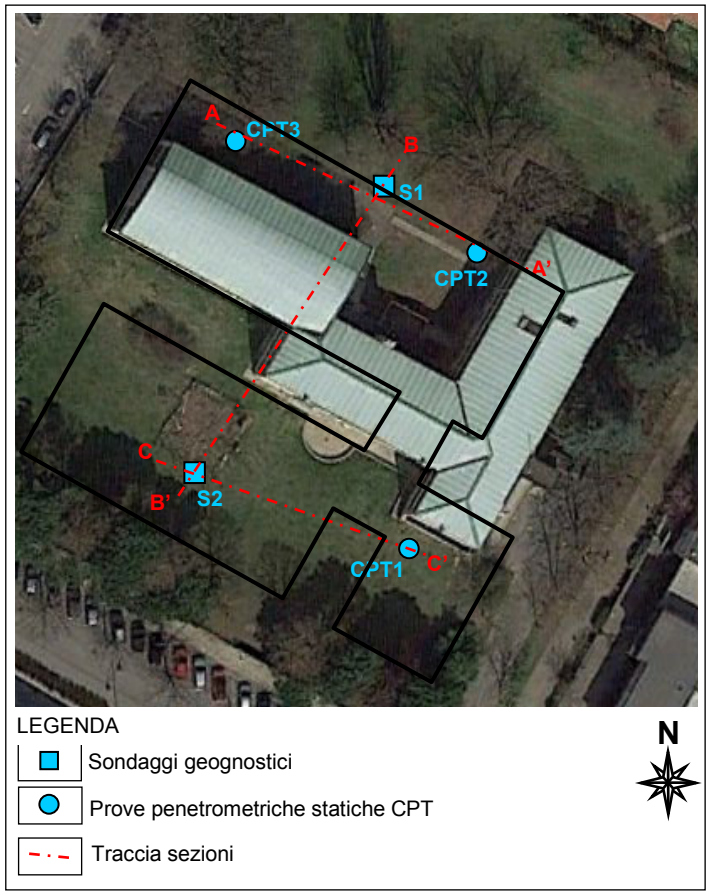
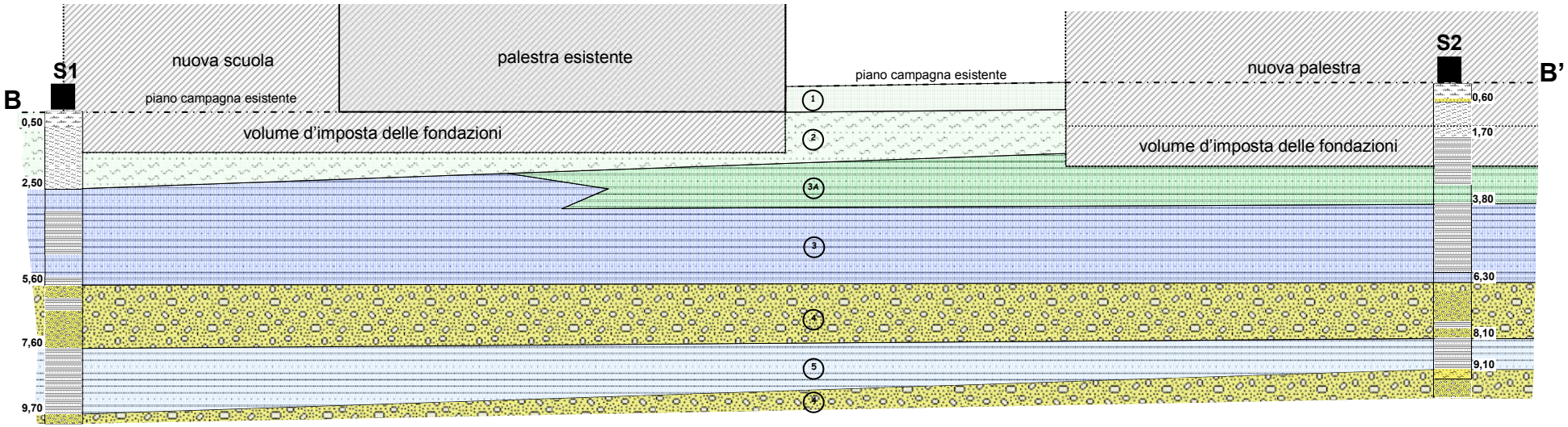


fig. 6 Traccia sezioni litostratigrafiche
scala 1:1000

TAV. 1 Sezione BB' - Modello geotecnico
scala 1:200

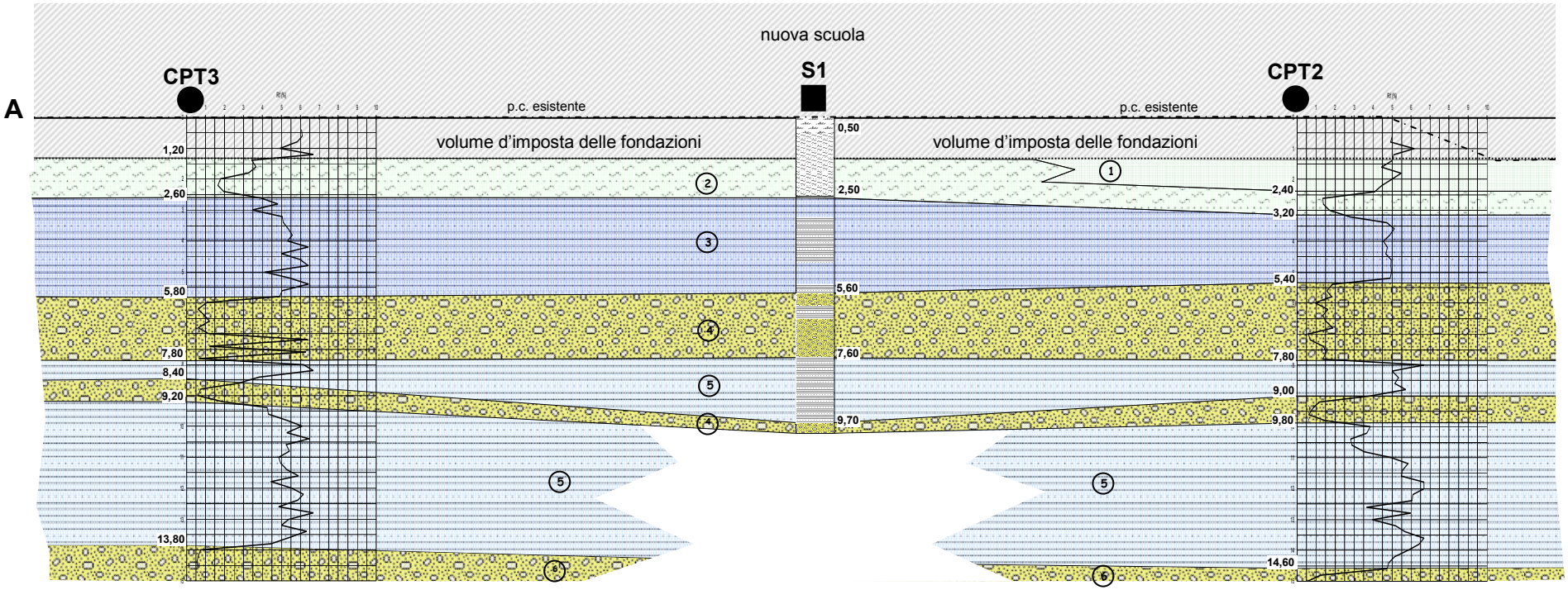


LEGENDA

- (1) Limi argillosi, talora sabbiosi, e argille limose. Al tetto terreno vegetale e/o di riporto
  Grado di consistenza: plastico
- (2) Prevalenti limi argillosi sabbiosi e subordinati limi sabbiosi argillosi
  Grado di consistenza: da molto consistente a duro
- (3) Prevalenti limi argillosi, talora debolmente sabbiosi, e Al
  Grado di consistenza: da molto consistente a duro
- (3A) Prevalenti limi argillosi sabbiosi e argille limose.
  Grado di consistenza: da consistente a molto consistente
- (4) Prevalenti ghiaie eterometriche in matrice limoso-sabbiosa, talora argillosa
  Grado di addensamento: medio
- (5) Prevalenti argille limose e limi argillosi, talora sabbiosi
  Grado di consistenza: da consistente a molto consistente, talora plastico

TAV. 2 Sezione AA' - Modello geotecnico

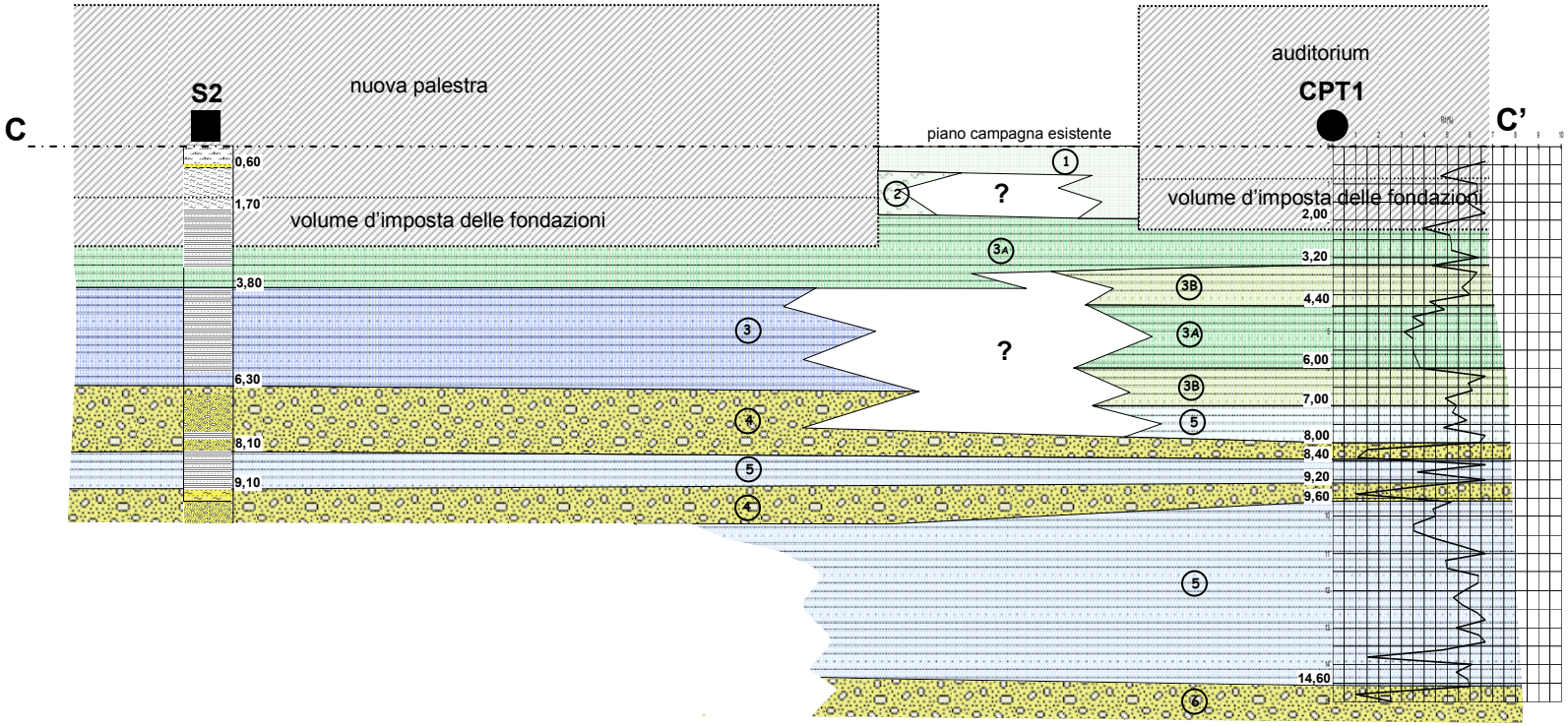
scala 1:200



LEGENDA

- (1) Limi argillosi, talora sabbiosi, e argille limose. Al tetto terreno vegetale e/o di riporto
  Grado di consistenza: plastico
- (2) Prevalenti limi argillosi sabbiosi e subordinati limi sabbiosi argillosi
  Grado di consistenza: da molto consistente a duro
- (3) Prevalenti limi argillosi, talora debolmente sabbiosi, e Al
  Grado di consistenza: da molto consistente a duro
- (4) Prevalenti ghiaie eterometriche in matrice limoso-sabbiosa, talora argillosa
  Grado di addensamento: medio
- (5) Prevalenti argille limose e limi argillosi, talora sabbiosi
  Grado di consistenza: da consistente a molto consistente, talora plastico
- (6) Prevalenti ghiaie eterometriche in matrice limoso-sabbiosa
  Grado di addensamento: medio-elevato

TAV. 3 Sezione CC' - Modello geotecnico
scala 1:200



LEGENDA

- (1) Limi argillosi, talora sabbiosi, e argille limose. Al tetto terreno vegetale e/o di riporto
  Grado di consistenza: plastico
- (2) Prevalenti limi argillosi sabbiosi e subordinati limi sabbiosi argillosi
  Grado di consistenza: da molto consistente a duro
- (3) Prevalenti limi argillosi, talora debolmente sabbiosi, e argille limose
  Grado di consistenza: da molto consistente a duro
- (3A) Prevalenti limi argillosi sabbiosi e argille limose
  Grado di consistenza: da consistente a molto consistente
- (3B) Prevalenti limi argillosi e argille limose
  Grado di consistenza: plastico, talora consistente
- (4) Prevalenti ghiaie eterometriche in matrice limoso-sabbiosa, talora argillosa
  Grado di addensamento: medio
- (5) Prevalenti argille limose e limi argillosi, talora sabbiosi
  Grado di consistenza: da consistente a molto consistente, talora plastico
- (6) Prevalenti ghiaie eterometriche in matrice limoso-sabbiosa, talora argillosa
  Grado di addensamento: medio-elevato

per la presenza di prevalenti sedimenti fini, di natura argillosa e limosa, generalmente a componente sabbiosa medio-bassa, intercalati da strati di prevalenti ghiaie eterometriche in matrice sabbioso-limosa, talora argillosa, arealmente discontinui, con spessori variabili da qualche decimetro a poco più di un metro. Sulla base dei dati disponibili, i sedimenti più grossolani sembrerebbero individuarsi solamente nell'intervallo di profondità compreso tra 5.50 e 10.00 metri circa, con un'apparente riduzione di rappresentatività nella porzione S-SE. In tale contesto, tenendo conto delle caratteristiche litologico-tessiturali e geomeccaniche dei terreni investigati, sono state definite, all'interno dei primi 15 metri di terreno, 8 unità litotecniche. Al riguardo si evidenzia come il numero relativamente elevato di U.L., a fronte di un assetto complessivo relativamente omogeneo, sia imputabile, per lo più, alla sequenza litostratigrafica individuata localmente in corrispondenza della verticale CPT1, caratterizzata, sia in termini litologici che geomeccanici, da peculiarità non riscontrate nelle altre prove; in particolare, si rilevano come elementi più significativi, il grado di consistenza costantemente più basso dei litotipi argilloso-limosi e limoso-argillosi, e la presenza nettamente più subordinata di sedimenti grossolani di natura ghiaioso-sabbiosa. Per la definizione delle diverse U.L., si è proceduto ad una parziale "semplificazione" del modello del sottosuolo, trascurando, in presenza di strati abbastanza omogenei e spessi, il contributo di eventuali intercalazioni di spessore sub-metrico costituite da litotipi di caratteristiche litologiche parzialmente diverse rispetto a quelle dello strato ospitante, ma caratterizzati da un grado di consistenza/addensamento non significativamente discordante; in tal senso, è stato trascurato anche il contributo del primo metro di terreno costituito, per lo più, da terreno vegetale e/o riportato che verrà asportato completamente nel corso dei lavori di messa in posto delle strutture di fondazione. Per ciascuna unità, facendo riferimento ai dati desunti dalle prove penetrometriche, sono stati stimati, sulla base di correlazioni elaborate da diversi Autori (allegato E), i valori medi dei principali parametri geotecnici, così come schematicamente riportato nella sottostante tabella:

Unità litotecnica	Litologia prevalente	Grado di Consistenza/addensamento	γ (kN/m^3)	φ (°)	M (MPa)	C_u (kPa)	E (MPa)
1	La, talora s, e Al	plastico	18,3			57	4,2
2	La-s e Ls-a	molto consistente-duro	19,0	33	24,5	185	17,2
3	La, talora deb. s, Al	molto consistente-duro	19,7			193	19,5
3A	La-s e Al	consistente-molto consistente	18,9			85	5,8
3B	La e Al	plastico, talora consistente	18,4			65	4,7
4	G in matrice l-s	medio	18,7	35	26,6		
5	Al e La, talora s	consistente, talotra plastico	18,8			93	6,5
6	G in matrice l-s	medio-alto	19,2	39	57,8		

γ= peso di volume; φ=angolo di attrito; M=mod. di deformazione (terreni granulari); C_u=coesione non drenata; E=mod. edometrico (terreni coesivi)

tab. 9 Unità litotecniche

Trattandosi di valori mediati ed estrapolati da tre ambiti di carattere puntuale, è evidente che l'effettiva rappresentatività degli stessi rispetto all'intera area d'intervento deve essere valutata con una certa attenzione, nonostante la parziale conferma ottenuta al riguardo dalle risultanze litostratigrafiche emerse dai due sondaggi eseguiti. In tal senso, anche i dati ottenuti dalle prove condotte sui campioni prelevati, pur non potendo essere utilizzati direttamente per la caratterizzazione delle unità litotecniche sopra definite, avendo una valenza estremamente localizzata, hanno comunque fornito indicazioni coerenti con la parametrizzazione adottata.

Sulla base del modello geotecnico sopra descritto e tenendo conto delle indicazioni progettuali riguardanti il dimensionamento delle fondazioni dei fabbricati in progetto, si possono fare le seguenti considerazioni:

- Edificio ospitante la nuova scuola – i terreni che, teoricamente, potrebbero individuarsi immediatamente al di sotto delle fondazioni, dovrebbero essere costituiti, in prevalenza, dai limi argilloso-sabbiosi e sabbioso-argillosi, mediamente molto consistenti, riconducibili all'Unità Litotecnica n.2. Localmente, in corrispondenza della porzione più orientale della struttura, potrebbero essere interessati anche i terreni limoso-argillosi, talora sabbiosi, di consistenza mediamente plastica, riconducibili all'U.L. n.1. Al riguardo, considerando che in tale ambito dovrebbe essere previsto, in relazione al locale assetto topografico, un parziale riempimento per livellarsi al piano d'appoggio della parte restante della struttura, i suddetti terreni potrebbero, almeno in parte, non essere direttamente a contatto delle fondazioni, ma costituire il sottofondo dello strato di materiale utilizzato per il riempimento.
- Edificio ospitante la nuova palestra - i terreni che, teoricamente, potrebbero individuarsi immediatamente al di sotto delle fondazioni, dovrebbero essere costituiti, in maniera arealmente abbastanza omogenea, dai limi argilloso-sabbiosi e dalle argille limose, da consistenti a molto consistenti, riconducibili all'Unità Litotecnica n.3A.
- Edificio ospitante l'Auditorium – anche per questa struttura, i terreni che, teoricamente, potrebbero individuarsi immediatamente al di sotto delle fondazioni, dovrebbero essere quelli dell'Unità Litotecnica n.3A.

Definite le unità litotecniche, si è cercato di caratterizzarle in maniera più specifica in ottica progettuale, derivando dai valori nominali medi dei parametri geotecnici sopra indicati i corrispondenti valori caratteristici (X_k).

4.1 Stima dei parametri caratteristici (X_K) e di progetto (X_D)

Il valore caratteristico X_k, inteso come una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro geotecnico nello stato limite considerato, così come definito al punto 6.2.2 delle NTC18, dovrà essere utilizzato per ricavare il valore di progetto (X_d) cui fare riferimento nelle verifiche geotecniche. I valori di progetto saranno desunti da quelli caratteristici attraverso l'applicazione dei coefficienti parziali γ_M ($\gamma_{\varphi'}$, $\gamma_{c'}$, γ_{Cu}, γ_γ) previsti dall'approccio di progetto adottato di cui alla tab. 6.2.II del D.M. 14.01.2018, utilizzando l'equazione: $X_d = X_k/\gamma_M$. In attesa della circolare di istruzioni per l'applicazione delle nuove norme, non vi sono indicazioni precise circa la determinazione dei valori caratteristici, ma solo alcune direttive di massima; in tal senso, nel rispetto delle suddette indicazioni, ma volendo avvalersi di determinazioni analitiche, si è deciso di fare riferimento alla trattazione specifica presentata dal dr. geol. Luca Nori nel Corso di aggiornamento professionale per geologi organizzato dall'Ordine dei Geologi della regione Emilia-Romagna – Consulta delle Province di Reggio Emilia e Modena "Caratterizzazione geotecnica e parametri di progetto secondo l'EC 7 e 8 ed il D.M. 14 Gennaio 2008 – Nuove norme tecniche per le costruzioni". Secondo tale trattazione, incentrata su criteri di analisi semiprobabilistica, il valore caratteristico X_k del valore dei parametri geotecnici necessari alle verifiche, può essere determinato seguendo una procedura che, attraverso l'individuazione preliminare di alcuni fattori discriminanti, porta alla scelta delle funzioni di distribuzione più opportune per la rappresentazione dei valori del parametro esaminato; il valore caratteristico, in relazione alle condizioni ipotizzate, potrà essere o il 5° percentile della distribuzione della media (*valori prossimi ai valori medi*) o il 5° percentile della distribuzione del campione (*valori prossimi ai valori minimi*). I principali fattori da prendere in esame sono:

1. stato limite da verificare e volume di sottosuolo interessato;
2. tipologia della struttura, sua rigidità e capacità di distribuire i carichi;
3. ubicazione delle prove rispetto alla struttura e attendibilità dei risultati, anche in relazione a esperienze pregresse e/o conoscenze del sito provenienti da altre fonti;
4. numero, tipo e dispersione dei dati a disposizione;
5. variabilità del sottosuolo.

Importanza e influenza dei fattori elencati:

1. nelle verifiche allo SLU, il volume (spessore) di influenza di una fondazione interessato da rottura comprende il cuneo di portata e le relative spirali logaritmiche, ed è definito come valore medio, o nominale: 1÷2 B dove B = larghezza di fondazione;

- il coeff. di influenza 1 si adotta per terreni poco addensati o poco consistenti;
- il coeff. di influenza 2 si adotta per terreni molto addensati o molto consistenti.

Il volume, o lo spessore, d'influenza rappresenta un fattore molto importante in relazione alla rappresentatività che i dati rivestono al suo interno. Se il volume d'influenza interessato dalla rottura è maggiore della scala di fluttuazione del parametro, cioè della distanza per la quale il valore non varia in maniera significativa, allora si avrà compensazione delle oscillazioni (i valori bassi e alti locali si compensano) e la media governerà la rottura. Se il volume d'influenza è minore della scala di fluttuazione, la compensazione delle oscillazioni potrebbe non avvenire e gran parte della superficie di rottura potrebbe essere interessata dalla parte più debole; in questo caso la rottura sarà governata dai valori più bassi. Nel primo caso, cioè in presenza di compensazione spaziale, il valore caratteristico corrisponde al 5° percentile della media, nel secondo caso, cioè in assenza di compensazione spaziale, il valore caratteristico è il 5° percentile del campione.

Nelle verifiche allo SLE, i volumi coinvolti sono generalmente maggiori rispetto a quelli interessati da problemi di rottura e, quindi, nella maggioranza dei casi si ha sempre compensazione spaziale;

2. se esiste compensazione strutturale, ovvero se le fondazioni sono sufficientemente rigide da distribuire le sollecitazioni omogeneamente sul terreno, allora il valore caratteristico può essere stimato facendo riferimento al 5° percentile della media; se, al contrario, non esiste compensazione strutturale, ovvero se la fondazione, a causa della sua insufficiente rigidezza, non è in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti, allora il valore caratteristico può essere stimato facendo riferimento al 5° percentile della distribuzione;
3. se la fondazione è ubicata sopra il profilo indagato, il segnale con le sue fluttuazioni è noto: il valore caratteristico è sempre uguale al 5° percentile della media. Se la fondazione non è ubicata sopra il profilo indagato, ed estrapoliamo i dati ad altre ubicazioni, il segnale in uno strato omogeneo è noto nella sua media e varianza, ma non nell'ubicazione delle sue fluttuazioni. In questo caso, se non si hanno altri dati a disposizione, il valore caratteristico, dipendendo dal volume di rottura e dalla rigidità della fondazione, potrebbe dover essere stimato facendo riferimento al 5° percentile della distribuzione e, in tal caso, potrebbe anche risultare eccessivamente basso, obbligando a scelte progettuali troppo cautelative. Una soluzione potrebbe essere quella di intensificare le indagini o cambiare la tipologia fondazionale (es. più grande, o più rigida);
4. il numero, il tipo e la dispersione dei dati influenzano la scelta della funzione di distribuzione e della formula statistica da applicare. In generale più è alto il

numero di dati a disposizione, minore sarà la distanza tra il valore medio e il valore caratteristico; più alta è la dispersione dei dati, maggiore sarà la distanza tra il valore medio e il valore caratteristico;

5. la presenza o meno di strati omogenei e continui influisce sulla procedura di calcolo; ad esempio, se uno strato è sufficientemente omogeneo da un punto di vista geomeccanico, la stima dei valori caratteristici dei parametri geotecnici di interesse può essere condotta utilizzando tutti i dati raccolti per quello strato, anche se provenienti da più prove;

Le funzioni di distribuzione statistica e delle formule adottate per ricavare i valori caratteristici (X_k) in relazione alle possibili combinazioni tra i fattori sopra descritti, sono indicate a margine delle tabelle A1/A2 di cui all'allegato F, riportanti il modello geotecnico relativo all'area indagata, con i valori caratteristici stimati per ogni unità litotecnica definita, nelle due possibili configurazioni di presenza (tab. A1) o assenza (tab. A2) di compensazione spaziale/strutturale.

Per quanto riguarda il modello geotecnico schematizzato nelle suddette tabelle di cui all'allegato F, la rappresentazione utilizzata mostra le unità litotecniche definite e non la loro successione nel sottosuolo, né il loro spessore, che sono, invece osservabili nelle tavole 1, 2 e 3 precedentemente menzionate.

L'ultimo passo, come precedentemente anticipato, è stato quello di definire i valori di progetto (X_d) cui fare riferimento nelle verifiche geotecniche per gli SL in esame. Tali valori sono stati desunti da quelli caratteristici, utilizzando l'equazione $X_d = X_k/\gamma_M$, dove il coefficiente parziale γ_M assume, in relazione all'approccio di progetto adottato, i seguenti valori (tab. 6.2.II NTC18):

PARAMETRO (a cui applicare il coefficiente parziale)	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	M1 (DA2: A1+M1+R3)	M2 (DA1-comb2: A2-M2+R2)
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: Cu_k	γ_{Cu}	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume: γ	γ_γ	1,00	1,00

tab. 10 Valori del coefficiente γ_M (tab.6.2.II NTC18)

I valori di progetto dei parametri considerati sono riportati, in relazione all'approccio adottato, nelle stesse tabelle riportanti i valori caratteristici.

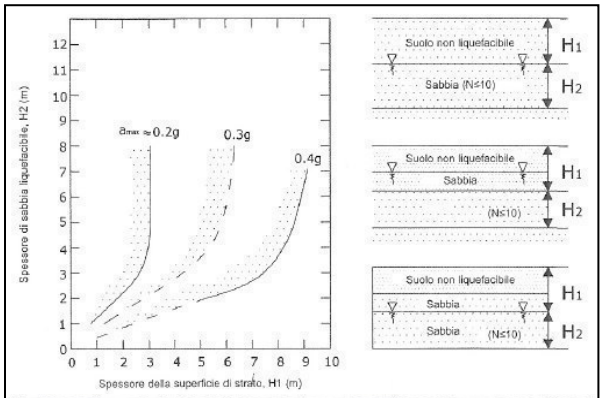
5. PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

L'assetto litostratigrafico e geomeccanico evidenziato, unitamente alla locale caratterizzazione geomorfologica ed idrogeologica, hanno consentito di classificare l'area oggetto d'intervento dal punto di vista sismico e di valutarne, preliminarmente, il relativo grado di pericolosità, attraverso l'individuazione dei possibili "effetti di sito" che, potenzialmente, potrebbero manifestarsi a livello locale in conseguenza di uno scuotimento sismico. E' noto, infatti, che i diversi fattori geomorfologici e litostratigrafici che caratterizzano un sito possono modificare, anche in maniera significativa, le caratteristiche del moto sismico, filtrando le onde nel passaggio dal bedrock (substrato rigido) alla superficie; l'effetto di filtraggio conduce ad una ridistribuzione dell'energia con l'amplificazione del moto vibratorio associato ad alcune frequenze. Condizioni locali particolari possono produrre anche effetti cosismici, quali spostamenti e deformazioni del terreno, di tipo transitorio o permanente (fenomeni franosi, liquefazione, densificazione, subsidenza, ecc.), tali da compromettere la stabilità e/o la funzionalità alle opere strutturali ed infrastrutturali presenti nell'area esaminata.
Facendo riferimento alla normativa vigente, come già riportato al punto 4.1 della Relazione Geologica, per la valutazione degli eventuali effetti di amplificazione stratigrafica è necessario individuare la categoria del terreno di fondazione. Sulla base dei dati acquisiti dalle indagini geofisiche disponibili, i terreni presenti nel sottosuolo del sito d'intervento sono stati attribuiti alla categoria C - "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di* $V_{S,eq}$ *compresi tra 180 m/s e 360 m/s",* a cui compete un coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S, compreso tra 1.0 e 1.5 (vedi successivo punto 5.1).

Da un punto di vista morfologico, il sito di studio, ricadendo in un'area pianeggiante, può essere attribuito alla categoria topografica T1, a cui compete un coefficiente di amplificazione topografica S_T=1.

Per quanto riguarda eventuali altri "effetti di sito", le caratteristiche tessiturali, stratigrafiche e geomeccaniche dei terreni investigati sono tali da non prefigurare particolari condizioni di rischio riguardanti la possibile insorgenza di fenomeni d'instabilità dinamica per cedimenti assoluti e/o differenziali. Non sono stati, infatti, individuati depositi di spessore significativo costituiti da litotipi sotto falda a prevalente componente sabbiosa poco addensati, potenzialmente suscettibili di densificazione o liquefazione, né depositi argillosi e/o limosi di caratteristiche fisico-meccaniche molto scadenti, tali da indurre significativi fenomeni di cedimento. In

particolare, per quanto riguarda il potenziale rischio di liquefazione, si può ipotizzare che, anche ammettendo un'eventuale risalita della falda e un'eventuale liquefazione dei terreni a tessitura più grossolana di natura ghiaiosa-sabbiosa individuati sotto i 5.50 metri di profondità, il fenomeno non potrebbe, comunque, estendersi in superficie, in relazione allo spessore ed alla profondità di rinvenimento dei sud-detti livelli, nonché alla condizione di non liquefacibilità dei depositi sovrastanti, prevalentemente costituiti da litotipi a tessitura fine di natura argilloso-limosa e limoso-argillosa, così come desumibile dal grafico proposto da Ishihara (figura 7).



Accelerazione [gal] 1 gal = 1 cm/s²	Condizione	Propagazione della liquefazione verso l'alto	Manifestazioni superficiali
200	$h_1 \geq 3$ m e $h_2 < 3$ m	IMPEDITA	NO
	$h_1 \leq 3$ m e $h_2 > 3$ m	NON IMPEDITA	SI
300	$h_1 < 5$ m e $h_2 > 4$ m	NON IMPEDITA	SI
	$h_1 > 5$ m e $h_2 < 4$ m	IMPEDITA	NO
400 - 500	$h_1 < 7$ m e $h_2 > 3$ m	NON IMPEDITA	SI
	$h_1 > 7$ m e $H_2 < 3$ m	IMPEDITA	NO

fig. 7 Valutazione delle manifestazioni superficiali in funzione del rapporto fra lo spessore dello strato superficiale non liquefacibile e quello sottostante liquefacibile (Ishihara, 1985)

5.1 Valutazione dell'azione sismica

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione che, come già ricordato al punto 4.1 della Relazione Geologica, è descritta dalla probabilità che, nel suddetto sito, in un fissato lasso di tempo ("periodo di riferimento" V_r espresso in anni), si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" P_{Vr} .

La pericolosità sismica, come indicato dalle NTC18, è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g, in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A), con superficie topografica orizzontale (categoria T1), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{Vr}, nel periodo di riferimento V_r. Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento 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_o 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. Facendo riferimento al nuovo impianto normativo, la terna di valori a_g, F_o e T^*_C relativi alla pericolosità sismica di un determinato sito, può essere ricavata, per nove distinti periodi di ritorno T_R,

utilizzando il reticolo di riferimento di oltre 10.000 nodi già richiamato al punto 4.1 della Relazione Geologica.

Per il sito oggetto d'intervento, individuabile dalle seguenti coordinate (sistema ED50): 44.44379 di latitudine e 11.47424 di longitudine

i punti nodali di riferimento sono:

Sito 1 ID: 16954 - Lat: 44.4675; Lon: 11.4593; Distanza: 2889.4

Sito 2 ID: 16955 - Lat: 44.4687; Lon: 11.5293; Distanza: 5168.5

Sito 3 ID: 17177 - Lat: 44.4187; Lon: 11.5309; Distanza: 5292.1

Sito 4 ID: 17176 - Lat: 44.4175; Lon: 11.4610; Distanza: 3107.7

Considerando la tipologia della struttura presa in esame, come classe di costruzione si è fatto riferimento alla classe III e ad una vita nominale (V_N) di 50 anni, così come previsto al cap. 2.4 delle NTC18 (vedi figura 8).

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: 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 in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: 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.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

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

Tab.2.4.I NTC18

fig. 8 Classi d'uso e vita nominale

Ne deriva un coefficiente d'uso (Cu) pari a 1,5 ed un periodo di riferimento (V_R)[4] pari a 75 anni.

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

tab.11 – Valori del coefficiente d'uso C_U (tab.2.4.II

La probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} per ciascun stato limite è definita nella sottostante tabella:

[4] Periodo di riferimento: $V_R = V_N \times Cu$

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

tab.12 – Valore P_{VR} (tab. 3.2.I NTC18 – probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato)

Come indicato al precedente punto 5, per il calcolo dei coefficienti di amplificazione sono state definite le seguenti categorie:
- Categoria di sottosuolo: C
- Categoria topografica: T1

Sulla base dei dati imposti sono stati ricavati i seguenti parametri sismici:

Stato Limite	Tr [anni]	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	TB [s]	TC [s]	TD [s]
Operatività (SLO)	45	0,070	2,442	0,268	1,500	1,620	1,000	1,500	0,145	0,434	1,880
Danno (SLD)	75	0,088	2,438	0,277	1,500	1,600	1,000	1,500	0,148	0,443	1,952
Salvaguardia Vita (SLV)	712	0,209	2,417	0,308	1,400	1,550	1,000	1,400	0,159	0,477	2,436
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0,259	2,464	0,320	1,320	1,530	1,000	1,320	0,163	0,490	2,636

tab.13 - Parametri sismici per la composizione dello spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Stato Limite	Tr [anni]	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	St	S	TB [s]	TC [s]	TD [s]
Operatività (SLO)	45	0,070	2,442	0,268	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
Danno (SLD)	75	0,088	2,438	0,277	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
Salvaguardia Vita (SLV)	712	0,209	2,417	0,308	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0,259	2,464	0,320	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

tab.14 - Parametri sismici per la composizione dello spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

con

Tr (tempo di ritorno) = $-[(V_R/\ln(1-P_{Vr})]$;

a_g = accelerazione orizzontale massima in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido;

F_o = 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;

S_S = coefficiente di amplificazione stratigrafica (per la componente orizzontale vedi tab. 3.2.IV NTC18; per la componente verticale vedi tab. 3.2.VI NTC18)

S_T = coefficiente di amplificazione topografica (vedi tab. 3.2.V NTC18);

C_C = coefficiente correttivo di T_C funzione della categoria di sottosuolo (vedi tab. 3.2.IV NTC18);

S = coefficiente di amplificazione complessivo dato da: $S_S x S_T$

T_B = periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante (per la componente orizzontale vedi eq. 3.2.6 NTC18; per la componente verticale vedi tab. 3.2.VI NTC18);

T_C = periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro (per la componente orizzontale vedi eq. 3.2.5 NTC18; per la componente verticale vedi tab. 3.2.VI NTC18);

T_D = periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro (per la componente orizzontale vedi eq. 3.2.7 NTC18; per la componente verticale vedi tab. 3.2.VI NTC18);

Noti i parametri, per la composizione dello spettro di risposta elastico in accelerazione [$S_e(T)$] si utilizzeranno le espressioni 3.2.2 (per la componente orizzontale) e 3.2.8 (per la componente verticale) delle NTC18, così come riportate in fig.9. Lo spettro di progetto [$S_d(T)$] da utilizzare per gli stati limite ultimi, sia per la componente orizzontale, sia per la componente verticale, verrà derivato dallo spettro elastico corrispondente, riferito alla P_{VR} considerata, con le ordinate ridotte sostituendo nelle relative espressioni il fattore η con 1/q, dove q è il fattore di comportamento; lo spettro di progetto [$S_d(T)$] da utilizzare per gli stati limite di esercizio, sia per la componente orizzontale, sia per la componente verticale, sarà, invece, lo stesso spettro elastico, riferito alla P_{VR} considerata.

$0 \le T < T_B$ $\quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v}\left(1 - \frac{T}{T_B}\right)\right]$

$T_B \le T < T_C$ $\quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$

$T_C \le T < T_D$ $\quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$

$T_D \le T$ $\quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2}\right)$

3.2.8 NTC 18

$0 \le T < T_B$ $\quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o}\left(1 - \frac{T}{T_B}\right)\right]$

$T_B \le T < T_C$ $\quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$

$T_C \le T < T_D$ $\quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$

$T_D \le T$ $\quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2}\right)$

3.2.2 NTC 18

fig. 9 Espressioni per la definizione dello spettro di risposta elastico

Coefficienti Sismici di progetto:

		SLO	SLD	**SLV**	SLC
Accelerazione orizzontale massima attesa al sito a_{max} (g)		0,105	0,132	**0,293**	0,342
Accelerazione orizzontale massima attesa al sito A_{max} (m/s^2)		1,036	1,294	**2,868**	3,357
		SLO	SLD	**SLV**	SLC
Fondazioni e stabilità pendii	Inerzia della struttura Khi (*)	n.d.	n.d.	**n.d.**	n.d.
	Coeff. di spinta sismica orizzontale Kh	0,021	0,026	**0,082**	0,096
	Coeff. di spinta sismica orizzontale Kh	0,011	0,013	**0,041**	0,048

(*) è dato dal valore in ordinata dello spettro di progetto al periodo T=periodo fondamentale della struttura. Allo stato attuale non è determinabile non essendo ancora noto il fattore di comportamento q necessario alla composizione degli spettri di progetto relativi ai diversi Stati Limite. Il parametro Khi può essere utilizzato per una stima orientativa del valore del taglio sismico alla base della fondazione tramite la relazione H=Nd*Khi, dove Nd è il carico verticale.

tab.15 – Coefficienti sismici

5.2 Risposta sismica locale – Del. Reg. n.2193/2015

Come ricordato nella Relazione Geologica, nel presente elaborato viene proposta, ai fini della valutazione delle pericolosità sismica locale, anche la metodologia prevista dagli indirizzi regionali di microzonazione sismica, anche se più specificatamente pertinenti alla pianificazione urbanistica. Come noto, l'amministrazione regionale, con l'intento di attivare e promuovere specifici studi per la valutazione degli effetti locali a scala territoriale (microzonazione sismica) finalizzati alla pianificazione del territorio, ha stabilito degli indirizzi e dei criteri procedurali di riferimento, così come definiti dalla Deliberazione della Giunta

Regionale n°2193 del 21 dicembre 2015 – Art.16 della L.R. n.20 del 24.03.2000. Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'Assemblea legislativa 02.05.2007, n.112. Secondo la suddetta Delibera e tenendo conto di quanto previsto dalla Variante al PTCP in materia di riduzione del rischio sismico, nell'ambito dell'area indagata la valutazione della pericolosità sismica locale può essere condotta sulla base delle analisi previste dal cosiddetto secondo livello di approfondimento (analisi semplificata). Tale analisi si basa sull'applicazione di criteri di valutazione semplificati riconducibili a situazioni morfologico-stratigrafiche a grande scala, da cui derivare i relativi fattori di amplificazione sismica.

Le situazioni morfologico-stratigrafiche di riferimento, così come riportate nell'Allegato 2 della suddetta Delibera sono: Appennino, Pianura Padana-Costa Adriatica e Margine, a loro volta suddivise in sotto-ambiti in relazione al profilo stratigrafico ed alla profondità di rinvenimento del substrato sismico (V_S>800 m/s). In funzione della velocità delle onde di taglio, vengono forniti, per ciascun ambito, i relativi fattori di amplificazione (FA), espressi come:

- FA_{PGA} - rapporto tra la massima ampiezza dell'accelerazione alla superficie del deposito ($a_{max,s}$) e la massima ampiezza dell'accelerazione su affioramento rigido ($a_{max,r}$);
- $FA\text{-}SI_{0,1\text{-}0,5s}$; $FA\text{-}SI_{0,5\text{-}1,0s}$; $FA\text{-}SI_{0,5\text{-}1,5s}$ – rapporto di Intensità di Housner per prefissati intervalli di periodo.

Considerando che fenomeni di amplificazione possono essere indotti anche dalle locali condizioni morfologiche, la Delibera fornisce anche i criteri per valutare gli eventuali effetti della topografia; nel caso in esame, si può comunque anticipare che questi possono essere trascurati in relazione all'assetto morfologico pianeggiante ed all'assenza di particolari configurazioni geometriche bidimensionali.

Relativamente all'area oggetto d'indagine, i dati raccolti dalle prove geofisiche disponibili, unitamente alle conoscenze sulla stratigrafia profonda del sottosuolo indicanti come possibile bedrock sismico i sedimenti di ambiente marino litorale (tetto del Quaternario Marino) che, presumibilmente, dovrebbero individuarsi tra circa 50 e 150 metri di profondità, consentono di assumere come contesto di riferimento quello definito <MARGINE di tipo B>: settore di transizione tra la zona collinare e la pianura caratterizzato da spessore dei terreni fini superiore a 30 metri; gli strati grossolani sovrastano altri strati di terreni fini presenti fino al substrato.

$V_{S,30}$ (m/s) ⇨	150	200	250	300	350	400
FA_{PGA}	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5
$FA\text{-}SI_{0,1\text{-}0,5s}$	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6
$FA\text{-}SI_{0,5\text{-}1,0s}$	2,9	2,8	2,5	2,3	2,1	2,0
$FA\text{-}SI_{0,5\text{-}1,5s}$	3,3	3,1	2,7	2,4	2,2	2,0

tab.16 Margine di tipo B - Fattori di Amplificazione

Considerando che le indagini sismiche disponibili per l'area di studio hanno permesso di stimare una $V_{S,30}$ mediamente variabile tra 250 m/s (Scuola Media Panzacchi) e 332 m/s (Scuola Elementare Ciari), i pertinenti Fattori di Amplificazione sono quelli evidenziati nella sovrastante tabella.

6. STIMA DELLA RESISTENZA DEL TERRENO

I dati acquisiti dalle diverse indagini condotte in corrispondenza dell'area d'imposta del complesso scolastico in progetto hanno permesso di definire, puntualmente, l'assetto litostratigrafico e geomeccanico e, quindi, di ricostruire il relativo modello geotecnico dei terreni, così come schematizzato nelle tabelle A1 e A2 riportate in allegato E e, graficamente, nelle tavole 1, 2 e 3.

Considerando che per le strutture in progetto sono state ipotizzate fondazioni superficiali a trave rovescia attestate a profondità comprese tra circa 1.30 e 2.70 metri dal piano campagna originario, i terreni di sedime più direttamente sollecitati dovrebbero essere quelli riconducibili all'Unità Litotecnica n.2 per la scuola, e all'U.L. n.3A per la palestra e l'auditorium; relativamente alla porzione orientale del fabbricato ospitante la scuola dove, per effetto dell'assetto topografico locale, dovrebbe rendersi necessario un parziale riporto di materiale, potrebbe rilevarsi un parziale coinvolgimento dell'U.L. n.1. Nel complesso, le caratteristiche geomeccaniche di tali terreni sembrerebbero essere abbastanza discrete e tali da ritenere ammissibile la scelta fondazionale ipotizzata.

Sulla base di tali assunzioni, per valutare l'ammissibilità delle strutture fondazionali previste e per fornire un'indicazione orientativa del valore di progetto della resistenza (Rd) offerta dal terreno di sedime, è stata condotta una verifica alla rottura per carico limite facendo riferimento alla combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'Approccio 2, fermo restando che le verifiche complete agli Stati Limite (Ed≤Rd) dovranno essere condotte nell'ambito del progetto strutturale, note le diverse combinazioni di carico. Per l'approccio 2, così come previsto dalla normativa, ai valori caratteristici dei parametri geotecnici devono essere applicati i coefficienti parziali γ_M che per, la combinazione utilizzata (M1),

risultano tutti pari all'unità; per quanto riguarda, invece, il coefficiente parziale γ_R da applicare al carico limite, la combinazione utilizzata (R3) prevede un valore pari a 2,3.

Considerando le indicazioni di progetto riguardanti le strutture di fondazione, le verifiche a breve termine sono state fatte utilizzando i valori caratteristici dei parametri geotecnici riportati nella tabella siglata A1, di cui all'allegato E, riferibile alla condizione di presenza di compensazione strutturale (fondazioni sufficientemente rigide da poter distribuire le sollecitazioni omogeneamente sul terreno). Per quanto riguarda, invece, le verifiche a lungo termine, si è fatto riferimento ai dati acquisiti dalle prove di laboratorio eseguite sui campioni di terreno prelevati nel corso dei sondaggi geognostici; al riguardo, considerando il carattere puntuale dei prelievi e le caratteristiche litologico-tessiturali delle Unità Litotecniche coinvolte, si è ritenuto opportuno utilizzare, a scopo cautelativo, solamente i valori dei parametri di resistenza al taglio (c' e φ') del campione S2-C1, anche se attinenti, in maniera più specifica, all'U.L. 3A, ovvero a quella teoricamente interessata dalle strutture di fondazione della palestra e dell'auditorium.

Le verifiche sono state fatte ipotizzando l'adozione di travi rovesce aventi una larghezza media di 2.00 metri; come altezza d'incastro è stata assunto un valore cautelativo di 0.55 metri, corrispondente all'altezza dello zoccolo di fondazione.
Per il calcolo di q_{lim} è stata adottata la formula di Brinch-Hansen. Sulla base dei calcoli effettuati sono stati ottenuti i seguenti risultati (valori espressi in kPa):

Verifica a breve termine		
U.L.	q_{lim}	Rd (γ_R=2.3)
1	275	120
2	702	305
3A	398	173

tab.17 – Stima di q_{lim} e Rd

Verifica a lungo termine		
U.L.	q_{lim}	Rd (γ_R=2.3)
1	357	155
2	533	231
3A	560	243

tab.18 – Stima di q_{lim} e Rd

I valori stimati potranno essere utilizzati per verificare la condizione Ed≤Rd, con Ed valore di progetto delle azioni, prevista per la verifica nei riguardi degli Stati Limite.

6.1 Cedimenti potenziali

Per quanto riguarda gli eventuali cedimenti di consolidazione derivanti dalla realizzazione dell'opera in progetto, al momento appare difficile fare valutazioni attendibili in relazione alle diverse configurazioni che si potrebbero venire a creare nel rapporto tra carichi imposti e scarichi tensionali derivanti dai materiali asportati per la realizzazione degli scavi di fondazione. Ciò anche considerando che, rispetto alla valutazione di Rd, legata alle caratteristiche dello strato di terreno su cui poggiano le fondazioni, la stima dei cedimenti risente anche delle caratteristiche degli strati sottostanti, ricadenti all'interno del bulbo di diffusione dei carichi, e, pertanto, in presenza di un assetto del sottosuolo non completamente omogeneo, la variabilità dei dati potrebbe crescere ulteriormente. A titolo indicativo si è, comunque, proceduto ad una valutazione di massima dei cedimenti prendendo in esame quattro scenari, caratterizzati dalle seguenti sequenze di Unità Litotecniche (in grassetto quelle poste al di sotto delle strutture di fondazione ipotizzate):

1. Scuola: U.L. n. 1-**2-3-4-5-4-5**
2. Scuola (porzione orientale): U.L. n. **1-2-3-4-5-4-5**
3. Palestra: U.L. n. 1-2-**3A-3-4-5-4-5**
4. Auditorium: U.L. n. 1-**3A-3B-3A-3B-5**

Per gli scenari definiti è stato ipotizzato l'imposizione di un carico indicativo di circa 118 kPa, compatibile con la presenza di strutture di fondazione abbastanza rigide da poter trasferire le sollecitazioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti.

Preliminarmente, utilizzando il metodo di Boussinesq, si è proceduto alla ricostruzione del "bulbo di pressione" per valutare la distribuzione e la diffusione nel sottosuolo del carico applicato sul terreno di fondazione, tenendo conto, se previsti, di eventuali scarichi tensionali. Nota la distribuzione del sovraccarico nel sottosuolo, si è proceduto, facendo riferimento alla teoria di consolidazione monodimensionale di Terzaghi, alla stima dei cedimenti assoluti mediante la relazione generica:

$s = \sum(DH x \Delta\sigma_v/Ed)$

dove:

DH = spessore dello strato;

$\Delta\sigma_v$ = incremento di pressione verticale dovuto al sovraccarico applicato dalla fondazione a metà strato;

Ed = modulo edometrico.

Relativamente a questo parametro, sono state fatte due verifiche utilizzando prima i valori desunti empiricamente dalle prove penetrometriche, poi quelli desunti sperimentalmente dalle prove edometriche condotte sui campioni di terreno prelevati lungo i sondaggi. Al riguardo, considerando la profondità di prova dei prelievi ed i risultati ottenuti, per quest'ultima verifica si è ritenuto opportuno suddividere l'U.L. n.3 in due sotto-unità di egual spessore, attribuendo a quella superiore il valore di Ed ottenuto nel campione S1-C1 (intervallo di carico tra 49 e 98 kPa), e a quella inferiore la media dei valori ottenuti nei campioni S1-C2 (98-196 kPa) e S2-C2 (98-196 kPa); il valore di Ed ottenuto nel campione S2-C1 (49-98 kPa) è stato, invece, attribuito all'U.L. n. 3A. E' evidente che l'utilizzo di tali valori, anche se tecnicamente, più precisi derivando direttamente da una determinazione di tipo sperimentale, presenta notevoli limiti nei confronti della loro effettiva rappresentatività a livello spaziale, sia in senso laterale che verticale.

Il calcolo è stato esteso fino alla profondità alla quale l'incremento di pressione verticale $\Delta\sigma_v$ risulta almeno uguale a $0.05*\sigma'_{v0}$ (tensione verticale efficace prima dell'applicazione del carico).

Sulla base delle metodologie di calcolo adottate sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Scenari	cedimento (cm)	
	Ed da prove penetrometriche	Ed da prove di laboratorio
1	1,71	2,38
2	4,46	5,19
3	0,64	1,26
4	2,32	3,23

tab. 19 Cedimenti teorici

7. CONCLUSIONI

Sulla base di quanto sopra descritto, dell'indagini geognostiche e geofisiche condotte e delle verifiche effettuate in corrispondenza dell'area d'imposta della Scuola Media Panzacchi sita in v.le II Giugno n.49, all'interno del centro abitato di Ozzano dell'Emilia, si possono trarre le seguenti considerazioni conclusive:

- l'area in esame, ricadente nella fascia di alta pianura delimitata dal T. Idice verso O, dal T. Quaderna verso E, dalla S.S. n.9 "via Emilia" verso N e dal margine pedecollinare verso S, è ubicata nella porzione centrale del territorio comunale di Ozzano dell'Emilia, all'interno dell'area urbanizzata del capoluogo, immediatamente a N di viale II Giugno;

- da un punto vista geolitologico l'area ospitante il sito in esame, collocabile all'interno del Sistema di Interconoide dell'elemento idrografico Idice-Quaderna, risulta essere caratterizzata dalla presenza di depositi quaternari di copertura, localmente costituiti da prevalenti litotipi a tessitura fine e medio-fine, di natura argilloso-limosa e limoso-sabbiosa, con possibili sottili intercalazioni sabbiose e/o ghiaioso-sabbiose. Quest'ultime risultano essere, tendenzialmente, più frequenti e spesse a maggiori profondità, localmente già a partire da 15-20 metri dal piano campagna, in relazione alla presenza più estesa di lobi di accrescimento dei conoidi riferibili ai due principali corsi d'acqua precedentemente citati, interessati, nel corso del Quaternario, da successive fasi di avanzamento ed arretramento;
- a livello locale, il sottosuolo indagato, si caratterizza, almeno fino alla profondità di 15.00 metri, per la sovrapposizione verticale di tre "corpi", litologicamente abbastanza ben definiti:
  - corpo A – individuato, apparentemente in maniera arealmente abbastanza continua, tra il piano campagna e la profondità di circa 5.40-5.80 metri. Risulta essere costituito da un'associazione di prevalenti limi e argille, con sabbie subordinate. Il grado di consistenza è mediamente elevato; i terreni, soprattutto nella porzione medio-alta sembrerebbero essere interessati da una sovraconsolidazione abbastanza accentuata, presumibilmente per fenomeni di essiccamento evapotraspirativo. Da tale assetto sembrerebbe discostarsi la prova CPT1, dove la fascia di sovraconsolidazione risulta meno evidente ed i litotipi investigati si caratterizzano per un grado di consistenza mediamente minore e più variabile. Confrontando tutti i dati disponibili, si può evidenziare come il grado di sovraconsolidazione sia, comunque, molto più accentuato in corrispondenza della porzione settentrionale dell'area indagata, presumibilmente in relazione alla presenza di numerosi alberi, di altezza anche superiore a 15-20 metri, in grado di determinare con i propri apparati radicali un'azione di suzione molto spinta.
  - corpo B – individuato in tutte le prove, ad esclusione della CPT1, a profondità mediamente comprese tra circa 5.40-5.80 e 9.20-9.60 metri, sia pur con spessori e continuità verticale disomogenea; risulta essere costituito da prevalenti ghiaie eterometriche, mediamente addensate, in matrice limoso-sabbiosa, talora argillosa, intercalate, nell'intervallo di profondità mediamente compreso tra 7.80 e 9.20 metri circa, da un livello, più o meno spesso, di prevalenti litotipi argilloso-limosi, talora sabbiosi, plastico-consistenti. Come già anticipato, da tale assetto si discosta la prova penetrometrica CPT1, in corrispondenza della quale i sedimenti più grossolani, di natura ghiaioso-sabbiosa, sembrerebbero essere confinati solamente in alcune sottili

intercalazioni all'interno dell'intervallo di profondità compreso tra 8.00 e 9.40 metri.

- corpo C – quest'ultimo elemento, definito sulla base delle risultanze delle prove penetrometriche, sembrerebbe caratterizzare in maniera abbastanza continua l'intera area indagata; si tratta di prevalenti argille limose e limi argillosi, da consistenti a molto consistenti, talora anche plastici, passanti, intorno a 14.00-14.50 metri di profondità a ghiaie eterometriche di addensamento medio alto, in matrice sabbioso-pelitica;

- definito l'assetto complessivo, si è cercato di individuare degli strati di caratteristiche litologiche e geo-meccaniche relativamente omogenee e definire, conseguentemente, delle Unità Litotecniche (U.L.), teoricamente rappresentative del sito in esame, contraddistinte da specifici parametri geotecnici, desunti direttamente o per estrapolazione dalle indagini eseguite. In tal senso sono state definite, all'interno dei primi 15 metri di terreno, 8 unità litotecniche;
- non avendo a disposizione piezometri per un adeguato monitoraggio temporale delle eventuali acque di falda, si possono fare solamente alcune considerazioni di massima sulla base dei rilievi condotti puntualmente al momento delle indagini. Facendo riferimento alle prove penetrometriche, all'interno dei fori sembrerebbe essere stata individuata presenza d'acqua a profondità comprese tra 7.50 metri (CPT2 e CPT3) e 8.10 metri (CPT1). Per quanto riguarda, invece, i sondaggi, i rilievi condotti ne hanno evidenziato la presenza ad una profondità compresa tra 7.80 metri (S2) e 8.40 metri (S1) dai relativi piani d'imposta, anche se in questo caso il dato potrebbe essere non attendibile in relazione alla permanenza in foro dell'acqua utilizzata durante la perforazione. Potendo rilevare, comunque, una certa coerenza tra i dati disponibili, si può ipotizzare che una falda possa essere effettivamente ospitata all'interno dei sedimenti più grossolani appartenenti al corpo B, precedentemente definito, e sostenuta alla base dai sottostanti litotipi argilloso-limosi di bassa permeabilità;
- in termini "sismici", facendo riferimento alle indagini geofisiche esistenti, i terreni del primo sottosuolo possono essere attribuiti alla categoria "C" - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,eq}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s., cui compete, facendo riferimento a costruzioni di classe III e allo stato limite SLV, un coefficiente amplificativo pari a 1,4. Da un punto di vista morfologico, il sito di studio, ricadendo in un'area pianeggiante, può essere attribuito alla categoria topografica T1, cui corrisponde un coefficiente amplificativo pari a 1. In tal senso, considerando che per il sito in

esame il valore di accelerazione massima orizzontale di picco risulta pari a 0,209g, il valore di accelerazione massima attesa in superficie può essere stimato in 0.293g.

Benché l'intervento previsto rientri in un ambito strettamente progettuale, è stata richiesta una valutazione della risposta sismica locale anche in riferimento alle procedure previste in ambito pianificatorio dalla Deliberazione della Giunta Regionale n°2193 del 21 dicembre 2015 – Art.16 della L.R. n.20 del 24.03.2000. Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'Assemblea legislativa 02.05.2007, n.112; in accordo con quanto previsto dalla suddetta Delibera e tenendo conto delle indicazioni contenute nella Variante al PTCP in materia di riduzione del rischio sismico, nell'ambito dell'area indagata la valutazione della pericolosità sismica locale è stata condotta sulla base delle analisi previste dal cosiddetto secondo livello di approfondimento.

In tal senso, i dati raccolti dalle prove geofisiche disponibili, unitamente alle conoscenze sulla stratigrafia profonda del sottosuolo desumibili dai dati di letteratura, hanno consentito di assumere come contesto di riferimento quello definito <MARGINE di tipo B>: settore di transizione tra la zona collinare e la pianura caratterizzato da spessore dei terreni fini superiore a 30 metri; gli strati grossolani sovrastano altri strati di terreni fini presenti fino al substrato.

Per tale contesto, considerando i valori di $V_{S,30}$ stimati localmente, vengono forniti i seguenti fattori amplificativi:

FA_{PGA}	Intensità spettrale	FA-SI	
		$V_{S,30}$ 250 m/s	$V_{S,30}$ 300 m/s
1.6	0.1 s<T_0<0.5 s	**1.9**	**1.8**
	0.5 s<T_0<1.0 s	**2.5**	**2.3**
	0.5 s<T_0<1.5 s	**2.7**	**2.4**

tab.20 Margine di tipo B - Fattori di Amplificazione

Per quanto riguarda eventuali altri "effetti di sito", il locale assetto morfologico (area pianeggiante) non prevede l'introduzione di effetti amplificativi di tipo topografico, mentre le caratteristiche tessiturali, stratigrafiche e geomeccaniche dei terreni investigati sono tali da non prefigurare particolari condizioni di rischio riguardanti la possibile insorgenza di fenomeni di instabilità dinamica per cedimenti assoluti e/o differenziali. Non sono stati, infatti, individuati depositi di spessore significativo costituiti da litotipi a prevalente componente sabbiosa e/o sabbioso-limosa saturi poco addensati, potenzialmente suscettibili di densificazione o liquefazione, né

depositi argillosi e/o limosi di caratteristiche fisico-meccaniche molto scadenti, tali da indurre significativi fenomeni di cedimento;

- a titolo indicativo, sulla base del modello geotecnico locale, caratterizzato da 8 Unità Litotecniche, è stata effettuata una stima della resistenza del terreno, sia a brave che a lungo termine, prevedendo, come da indicazioni progettuali, l'adozione di fondazioni superficiali a trave rovescia. Considerando che per i fabbricati in progetto sono stati previste diverse profondità d'imposta, nell'ambito dell'area indagata le U.L. più direttamente sollecitate dovrebbero essere la n.2 per la scuola, e la n.3A per la palestra e l'auditorium; relativamente alla porzione orientale del fabbricato ospitante la scuola potrebbe rilevarsi anche un parziale coinvolgimento dell'U.L. n.1. In tali condizioni la resistenza mobilitata dai litotipi maggiormente sollecitati è stata stimata nei seguenti valori:

Verifica a breve termine		
U.L.	q_{lim}	Rd (γ_R=2.3)
1	275	120
2	702	305
3A	398	173
Verifica a lungo termine		
U.L.	q_{lim}	Rd (γ_R=2.3)
1	357	155
2	533	231
3A	560	243

tab.21 - Stima di q_{lim} e Rd

- sebbene le indagini eseguite non abbiano evidenziato situazioni di particolare criticità, il carattere puntuale delle prove condotte e, conseguentemente, la possibile presenza di disomogeneità non rilevate, impongono che in fase esecutiva sia posta, comunque, una certa cura nel verificare che il piano di posa delle fondazioni non presenti eterogeneità eccessive ed, in particolare, zone caratterizzate, localmente, da terreni più scadenti rispetto a quelli evidenziati nel corso dell'indagine; in tal caso il piano dovrà essere regolarizzato ed eventualmente bonificato sostituendo i terreni più ammalorati con magrone o misto stabilizzato. Analoga procedura dovrà essere seguita qualora, a scavo aperto, abbondanti piogge non consentissero le operazioni di getto e rammollissero eccessivamente il terreno d'imposta;

- per quanto riguarda i lavori per la messa in opera delle fondazioni, il massimo approfondimento previsto per gli scavi, valutabile in circa 2.50-2.70 metri, dovrebbe escludere il rischio di interferenze con eventuali acque di falda che, come già ricordato, potrebbero individuarsi ad una profondità di circa 7.50-8.00 metri dal p.c.

Si resta a disposizione, qualora richiesto, per ulteriori approfondimenti o interventi in corso d'opera in caso sorgessero problemi non previsti dalla presente relazione.

Dott. Geol. Andrea Scaglioni

ALLEGATI

- ALLEGATO A: Stratigrafie sondaggi (foto cassette e ubicazione)
- ALLEGATO B: Prove di laboratorio
- ALLEGATO C: Prove penetrometriche statiche esistenti
- ALLEGATO D: Prove sismiche
- ALLEGATO E: Interpretazione prove penetrometriche
- ALLEGATO F: Modello geotecnico (tabelle parametriche)

40139 BOLOGNA – Via Milano 17 – cell. 3495985869
mail: scageo@libero.it – web: www.studiogeologiascaglioni.it

ALLEGATO A

Stratigrafie sondaggi, foto cassette ed ubicazione

- S1
- S2

40139 BOLOGNA – Via Milano 17 – cell. 3495985869
mail: scageo@libero.it – web: www.studiogeologiascaglioni.it

Dott. Geol. Andrea Scaglioni
Studio di Geologia
40139 BOLOGNA - Via Milano, 17
cell. 3495985869 - E-mail: scageo@libero.it
P.IVA: 02076131206
C.F. SCGNDR61D29A944Q

COMMITTENTE:	COMUNE DI OZZANO DELL'EMILIA			SONDAGGIO	
LOCALITA':	Scuola Media Panzacchi - V.le II Giugno n.49, Ozzano dell'Emilia			N. S1	
Operatore:	Francesco Barone	iniziale	finale	dal	al
Controllo:	dott. Geol Andrea Scaglioni	0,00	10,00	8/11/18	8/11/18

Quota	quota falda da p.c.	colonna stratigrafica	Vane test Kg/cmq	Pocket Penet. Kg/cmq	prelievo campioni prof.	prelievo campioni sigla	DESCRIZIONE DEI TERRENI
							0,00-0,50 Terreno vegetale passante a limo argilloso, da sabbioso a debolmente sabbioso. Colore nocciola Grado di consistenza/addensamento: da plastico-consistente a consistente Grado di umidità: medio-basso
			n.d.				0,50-2,50 Limo argilloso sabbioso con subordinato limo sabbioso argilloso; presenza di rari frustoli carboniosi. Colore nocciola Grado di consistenza/addensamento: da molto consistente a duro Grado di umidità: molto basso
1				n.d.			
			n.d.				
				n.d.			
2							
			n.d.				
					2,50		**2,50-3,20 Prelievo campione indisturbato C1**
3						C1	
					3,20		
			n.d.	>4,00			3,20-4,60 Limo argilloso debolmente sabbioso, con rari frustoli carboniosi. Colore da bruno a nocciola scuro Grado di consistenza/addensamento: duro Grado di umidità: basso
				>4,00			
			n.d.				
				>4,00			
4							
			n.d.				
				>4,00			
				>4,00			
				>4,00			
					4,60		**4,60-5,30 Prelevo campione indisturbato C2**
5						C2	
					5,30		
			1,90				5,30-5,60 Limo argilloso sabbioso e subordinato limo sabbioso, con frustoli carboniosi. Colore marrone Grado di consistenza/addensamento: da molto consistente a duro Grado di umidità: basso
				>4,00			
							5,60-6,00 Ghiaia eterometrica in abbondante matrice sabbioso-limosa
6							6,00-6,40 Limo argilloso sabbioso. Colore marrone Grado di consistenza/addensamento: plastico-consistente
							6,40-7,60 Ghiaia eterometrica in matrice sabbioso-limosa. Colore marrone
7							
			1,00				7,60-9,70 Argilla limosa e limo argilloso, talora debolmente sabbioso, con frustoli carboniosi e calcinelli Fino a m. 7.80 presenza di rari ciottoli eterometrici Colore grigiastro con screziature bruno-ocracee e rossastre Grado di consistenza/addensamento: da consistente a molto consistente Grado di umidità: medio
				2,10			
			0,95				
8			1,00				
				1,95			
	8,40		1,05				
				2,30			
			1,10				
				2,50			
9				1,20			
			0,80				
			1,00				
				1,60			
			0,85				
							9,70-10,00 Ghiaia eterometrica in abbondantematrice sabbioso-limosa e argillosa. Colore grigio ocraceo con venature giallastre
10							

☝ **S1**

☝ **Cassetta 1: da 0.00 a 5.00 metri**

☝ **Cassetta 2: da 5.00 a 5.00 metri**

Dott. Geol. Andrea Scaglioni
Studio di Geologia
40139 BOLOGNA - Via Milano, 17
cell. 3495985869 - E-mail: scageo@libero.it
P.IVA: 02076131206
C.F. SCGNDR61D29A944Q

COMMITTENTE:	COMUNE DI OZZANO DELL'EMILIA			SONDAGGIO	
LOCALITA':	Scuola Media Panzacchi - V.le II Giugno n.49, Ozzano dell'Emilia			N. S2	
Operatore:	Francesco Barone	iniziale	finale	dal	al
Controllo:	dott. Geol Andrea Scaglioni	0,00	10,00	8/11/18	8/11/18

Quota	quota falda da p.c.	colonna stratigrafica	Vane test Kg/cmq	Pocket Penet. Kg/cmq	prelievo campioni prof.	prelievo campioni sigla	DESCRIZIONE DEI TERRENI
			0,70	1,90			0,00-0,50 Terreno vegetale e/o di riporto rimaneggiato con alcuni frammenti di laterizio e clasti eterometrici Grado di consistenza/addensamento: plastico-consistente
1				>4,00			0,50-0,60 Sabbia limosa con resti carboniosi. Colore nocciola 0,60-1,70 Limo argilloso con sabbia e limo sabbioso argilloso con frustoli carboniosi. Colore nocciola Grado di consistenza/addensamento: da molto consistente a duro Grado di umidità: basso
2			1,05 1,25 1,40 1,05 0,80 0,90 0,65	3,20 2,70 3,10 2,50 1,40 1,70 1,40			1,70-3,20 Limo argilloso sabbioso e subordinato limo sabbioso, con frustoli carboniosi. Livelli limoso-sabbiosi tra 2,20-2,70 metri e tra 2,95-3,10 metri. Colore marrone grigiastro con screziature rossastre Grado di consistenza/addensamento: da consistente a molto consistente Grado di umidità: basso
3					3,20 3,80	C1	3,20-3,80 **Prelievo campione indisturbato C1**
4			1,20 1,30 1,15 1,10 1,20	2,50 2,75 2,80 2,60 2,50 2,40			3,80-6,00 Limo argilloso, talora sabbioso, con frustoli carboniosi, più abbondanti tra 4,60 e 5,20 metri. Colore marrone con rare screziature grigiastre Grado di consistenza/addensamento: da molto consistente a duro Grado di umidità: medio-basso
5			1,55 1,80 1,90 n.d.	3,50 4,00 >4,00 >4,00			
6					6,00 6,60	C2	6,00-6,60 **Prelevo campione indisturbato C2**
7	7,60		0,80 1,40 1,00 0,60 0,80 0,80 1,10	1,80 3,00 1,60 1,60 1,80 2,40			6,60-7,60 Ghiaia eterometrica in matrice limoso-sabbiosa, talora argillosa, più o meno abbondante 7,60-7,80 Argilla limosa e limo argilloso con rari ciottoli. Colore grigiastro con screziature ocra Grado di consistenza/addensamento: consistente 7,80-8,10 Ghiaia eterometrica in abbondante matrice limoso-argillosa debolmente sabbiosa. Colore grigio ocraceo 8,10-9,10 Limo argilloso e argilla limosa, a tratti debolmente sabbiosa, con rari ciottoli Colore grigio con screziature ocracee e brunastre Grado di consistenza/addensamento: da molto consistente a consistente Grado di umidità: medio 9,10-9,40 Limo sabbioso e limo con sabbia argilloso, con rari ciottoli. Colore grigio con screziature rossastre Grado di consistenza/addensamento: addensato 9,40-10,00 Ghiaia eterometrica in abbondante matrice sabbioso-limosa e argillosa. Colore grigio giallastro
8							
9							
10							

☝ **S2**

☝ **Cassetta 1: da 0.00 a 5.00 metri**

☝ **Cassetta 2: da 5.00 a 5.00 metri**

ALLEGATO B

Prove di laboratorio

- Campione S1-C1
- Campione S1-C2
- Campione S2-C1
- Campione S2-C2

40139 BOLOGNA – Via Milano 17 – cell. 3495985869
mail: scageo@libero.it – web: www.studiogeologiascaglioni.it

GEOTEA s.r.l. AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY	CERTIFICATO DI PROVA *TEST REPORT*	1752	18.370	000
	pagine del documento - *document pages*			
	33			

Verbale - *Acceptance report*	1752
Committente - *Commissioner*	SCAGLIONI GEOL. ANDREA
Località - *Locality*	OZZANO DELL'EMILIA (BO)
Cantiere - *Investigation site*	SCUOLA MEDIA PANZACCHI

DATI IDENTIFICATIVI DEI CAMPIONI E PROVE ESEGUITE

Samples identification and performed tests

Sondaggio *Borehole*	Campione *Sample*	Profondità *Depth*	Prove eseguite - *Performed tests*
S1	C1	2.50 - 3.20 m	Granulometria meccanica e con il metodo del densimetro, limiti di Atterberg, edometria con determinazione del coefficiente di consolidazione, prova di taglio diretto CD in scatola di Casagrande, prova triassiale UU non consolidata non drenata
S1	C2	4.60 - 5.20 m	Granulometria meccanica e con il metodo del densimetro, limiti di Atterberg, edometria con determinazione del coefficiente di consolidazione, prova di taglio diretto CD in scatola di Casagrande, prova triassiale UU non consolidata non drenata
S2	C1	3.20 - 3.80 m	Granulometria meccanica e con il metodo del densimetro, limiti di Atterberg, edometria con determinazione del coefficiente di consolidazione, prova di taglio diretto CD in scatola di Casagrande, prova triassiale UU non consolidata non drenata
S2	C2	6.00 - 6.60 m	Granulometria meccanica e con il metodo del densimetro, limiti di Atterberg, edometria con determinazione del coefficiente di consolidazione, prova di taglio diretto CD in scatola di Casagrande, prova triassiale UU non consolidata non drenata

Note - *Remarks:*

Il nostro laboratorio esegue le prove commissionate secondo le norme di riferimento riportate su ogni certificato; il laboratorio segue inoltre le raccomandazioni contenute nella norma UNI EN 17025 "Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura".
Questi risultati sono per uso esclusivo del cliente per il quale sono stati ottenuti. Essi sono applicabili solamente ai campioni testati e non sono indicativi di campioni apparentemente simili.
These results are for the exclusive use of the client for whom they were obtained. They apply only to the tested samples and are not indicative of apparently identical samples.

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001 2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

ANALISI GRANULOMETRICA

PARTICLE SIZE ANALYSIS

Normativa di rif: UNI CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI A. V n° 23

Technical specification

Certificato - *Test report*	1752 - 18.370 - 001
Verbale - *Acceptance report*	1752
Committente - *Commissioner*	SCAGLIONI GEOL. ANDREA
Località - *Locality*	OZZANO DELL'EMILIA (BO)
Cantiere - *Site*	SCUOLA MEDIA PANZACCHI
Sondaggio - *Borehole*	**S1**
Campione - *Sample*	**C1**
Profondità - *Depth*	**2.50 - 3.20 m**
Data ricevimento - *Receiving date*	12/11/2018
Data inizio prove - *Test starting date*	13/11/2018
Data fine prove - *Test ending date*	30/11/2018
Data certificazione - *Report date*	30/11/2018
Data apertura campione - *Sample opening date*	13/11/2018

SETACCIATURA - *SIEVES TEST*

Massa campione (g) - *Specimen weight* 230.32

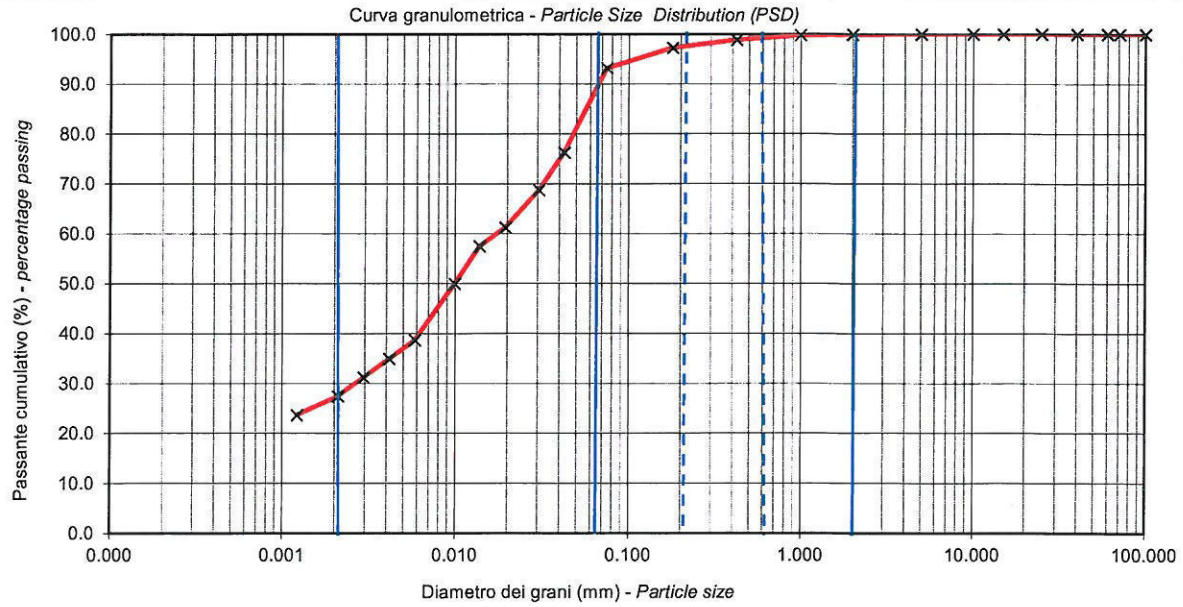
Setaccio (mm) *Sieve diameter*	Peso (g) *Mass retained*	Passante (%) *Percentage passing*
100	0.00	100.00
71	0.00	100.00
60	0.00	100.00
40	0.00	100.00
25	0.00	100.00
15	0.00	100.00
10	0.00	100.00
5	0.00	100.00
2	0.03	99.99
1	0.47	99.78
0.425	2.13	98.86
0.18	3.65	97.27
0.075	9.53	93.14

SEDIMENTAZIONE - *HYDROMETER TEST*

Massa campione (g) - *Specimen weight* 40.34

Diametro (mm) *Particle size*	Letture *Data*	Passante (%) *Percentage passing*
0.043	24.0	76.22
0.031	22.0	68.71
0.020	20.0	61.20
0.014	19.0	57.44
0.010	17.0	49.94
0.006	14.0	38.67
0.004	13.0	34.92
0.0030	12.0	31.16
0.0021	11.0	27.41
0.0012	10.0	23.65

Granulometria A.G.I. *PSD*	**Ghiaia (%)** *Gravel*	**0.01**	**Sabbia (%)** *Sand*	**14.71**	**Limo (%)** *Silt*	**58.31**	**Argilla (%)** *Clay*	**26.97**



D_{10} (mm) -	D_{60} (mm) 0.018
Agente disperdente - *dispersing agent*: Sodium hexametaphosphate	temperatura di prova (°)- *temperature* 21

Note - *Remarks*

Direttore *Manager* Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI: SETTORE TERRE.

LIMITI DI ATTERBERG

ATTERBERG LIMITS

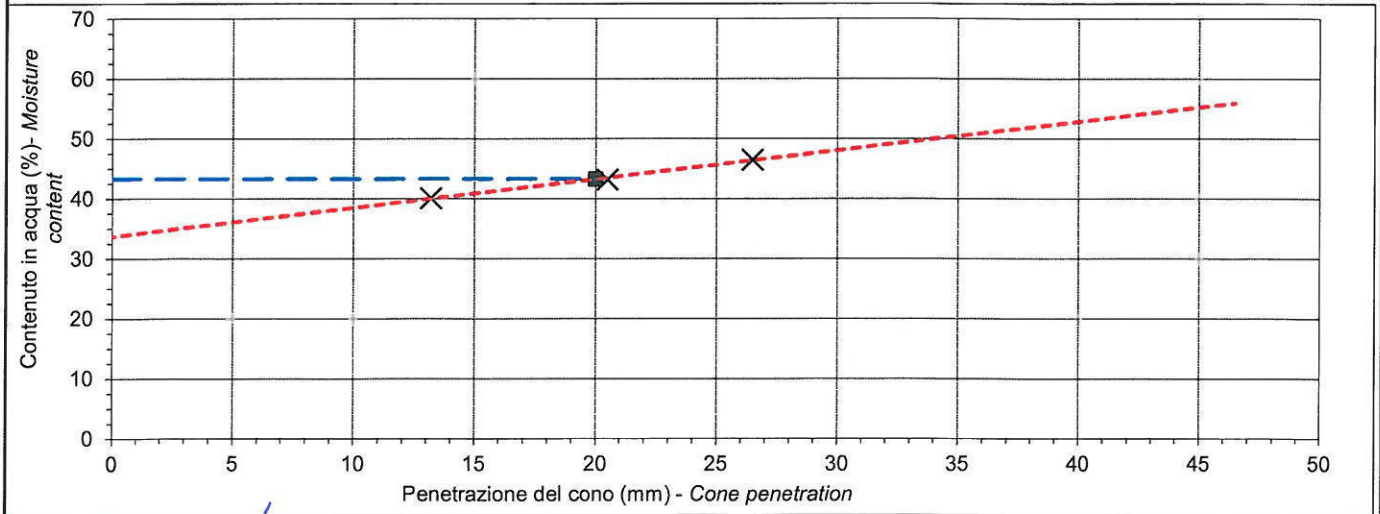
Normativa di riferimento: UNI EN ISO/TS 17892-12

Technical specification

Certificato - *Test report*	1752 - 18.370 - 002
Verbale - *Acceptance report*	1752
Committente - *Commissioner*	SCAGLIONI GEOL. ANDREA
Località - *Locality*	OZZANO DELL'EMILIA (BO)
Cantiere - *Site*	SCUOLA MEDIA PANZACCHI
Sondaggio - *Borehole*	**S1**
Campione - *Sample*	**C1**
Profondità - *Depth*	**2.50 - 3.20 m**
Data ricevimento - *Receiving date*	12/11/2018
Data inizio prove - *Test starting date*	13/11/2018
Data fine prove - *Test ending date*	30/11/2018
Data certificazione - *Report date*	30/11/2018
Data apertura campione - *Sample opening date*	13/11/2018
Classe campione - *Sample quality*	Q5

	Provino 1 - *Specimen 1*	Provino 2 - *Specimen 2*	Provino 3 - *Specimen 3*
Penetrazione del cono (mm) - *Cone penetration*	26.50	20.50	13.20
Massa tara (g) - *Tara weight*	71.73	72.11	62.50
Massa campione umido + tara (g) *Moist specimen + tara*	89.65	92.34	75.99
Massa campione secco + tara (g) *Dried specimen + tara*	83.96	86.24	72.13
Contenuto in acqua (%) - *Moisture content*	46.47	43.21	40.08
Limite liquido (%) - *Liquid limit*		**43.2**	

Massa tara (g) - *Tara weight*	61.99	71.15	
Moist specimen + tara	66.72	74.52	
Massa campione secco + tara (g) *Dried specimen + tara*	65.85	73.90	
Limite plastico (%) - *Plastic limit*	22.50	22.55	differenza percentuale 0.20
Limite plastico (%) - *Plastic limit*	**22.5**		



Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

PROVA EDOMETRICA I.L.

INCREMENTAL LOADING OEDOMETER TEST

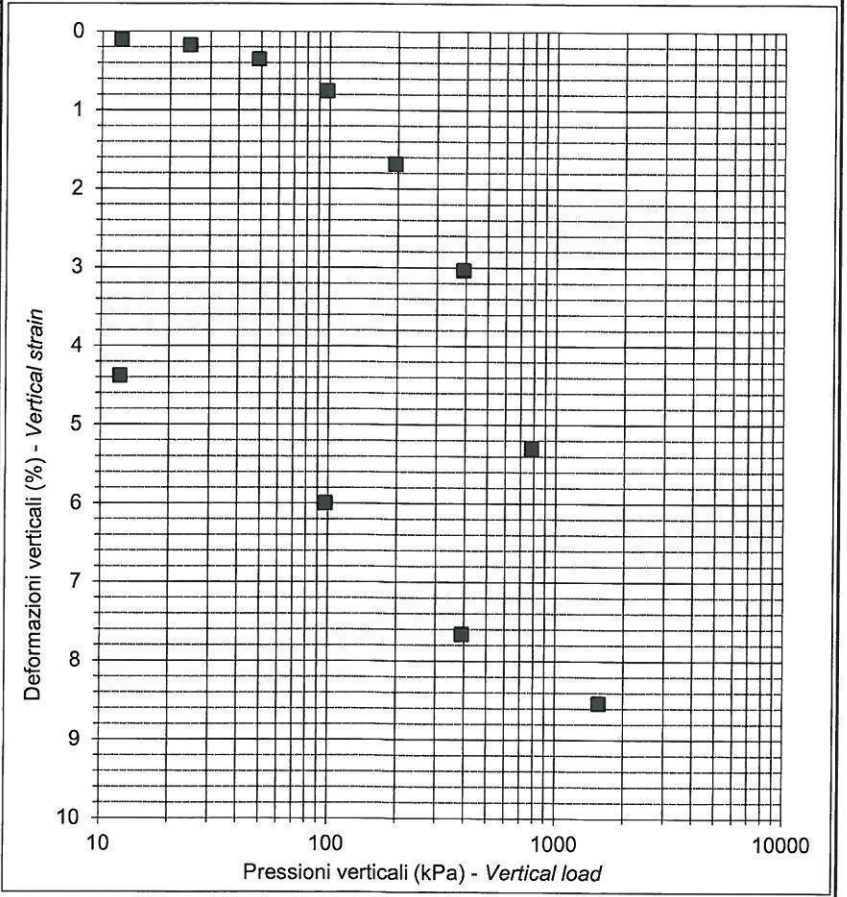
Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-5

Technical specification

Certificato - *Test report*	1752 - 18.370 - 003
Verbale - *Acceptance report*	1752
Committente - *Commissioner*	SCAGLIONI GEOL. ANDREA
Località - *Locality*	OZZANO DELL'EMILIA (BO)
Cantiere - *Site*	SCUOLA MEDIA PANZACCHI
Sondaggio - *Borehole*	**S1**
Campione - *Sample*	**C1**
Profondità - *Depth*	**2.50 - 3.20 m**
Data ricevimento - *Receiving date*	12/11/2018
Data inizio prove - *Test starting date*	13/11/2018
Data fine prove - *Test ending date*	30/11/2018
Data certificazione - *Report date*	30/11/2018
Data apertura campione - *Sample opening date*	13/11/2018
Classe campione - *Sample quality*	Q5
Area (cm^2) - *Cross-sectional area of specimen*	20.00
Altezza provino (cm) - *Specimen height*	20.00

σ_v (kPa)	ε_v (mm)	ε_v (%)	e
Carichi *Vert. load*	Deformazione verticale *Vertical strain*		Indice vuoti *Void ratio*
12.2	0.019	0.09	0.599
24.5	0.035	0.17	0.598
49.0	0.071	0.35	0.595
98.0	0.151	0.75	0.589
196.0	0.337	1.69	0.574
392.0	0.607	3.04	0.552
784.0	1.061	5.31	0.516
1568.0	1.707	8.54	0.464
392.0	1.532	7.66	-
98.0	1.199	6.00	-
12.2	0.876	4.38	-

Pocket Penetrometer	>6	kg/cm^2
Tor Vane	>2	kg/cm^2
Umidità naturale iniziale *Initial water content*	17.75	%
Densità naturale *Bulk density*	1.92	t/m^3
Densità secca *Dry density*	1.63	t/m^3
Peso specifico dei grani *Specific gravity*	2.61	t/m^3
Umidità finale *Final water content*	21.26	%
Indice dei vuoti iniziale *Original void ratio*	0.60	



Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE

COEFFICIENT OF CONSOLIDATION

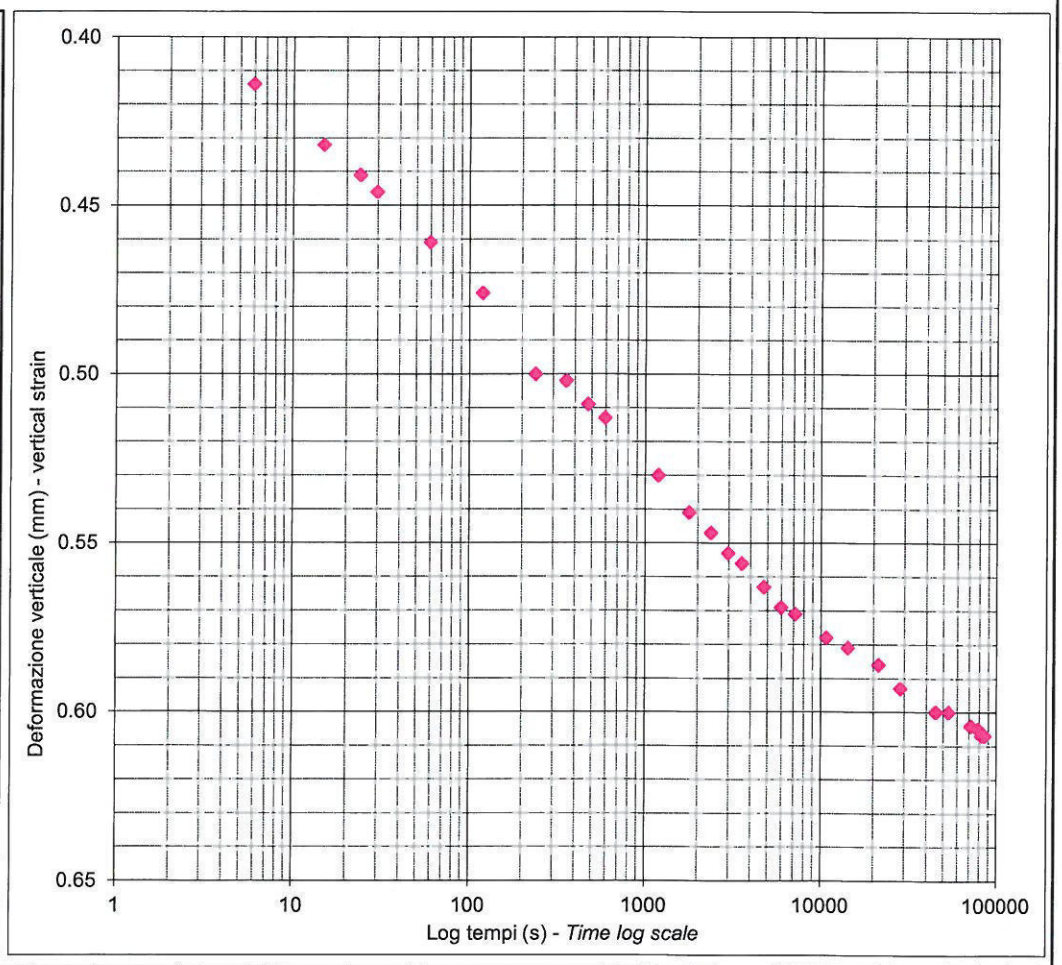
Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892/5

Technical specification

Certificato - *Test report*	1752 - 18.370 - 004
Verbale - *Acceptance report*	1752
Committente - *Commissioner*	SCAGLIONI GEOL. ANDREA
Località - *Locality*	OZZANO DELL'EMILIA (BO)
Cantiere - *Site*	SCUOLA MEDIA PANZACCHI
Sondaggio - *Borehole*	**S1**
Campione - *Sample*	**C1**
Profondità - *Depth*	**2.50 - 3.20 m**
Data ricevimento - *Receiving date*	12/11/2018
Data inizio prove - *Test starting date*	13/11/2018
Data fine prove - *Test ending date*	30/11/2018
Data certificazione - *Report date*	30/11/2018
Data apertura campione - *Sample opening date*	13/11/2018
Classe campione - *Sample quality*	Q5

Area (cm^2) - *Cross-sectional area of specimen*	20	Intervallo di carico (kPa) *Load range*	196.0	398.0
Altezza provino (cm) - *Specimen height*	20			

Tempi (s) *Time*	Def. (mm) *Vertical strain*
6	0.414
15	0.432
24	0.441
30	0.446
60	0.461
120	0.476
240	0.500
360	0.502
480	0.509
600	0.513
1200	0.530
1800	0.541
2400	0.547
3000	0.553
3600	0.556
4800	0.563
6000	0.569
7200	0.571
10800	0.578
14400	0.581
21600	0.586
28800	0.593
45600	0.600
54000	0.600
72000	0.604
79200	0.605
82800	0.607
86400	0.607



Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

TAGLIO DIRETTO

DIRECT SHEAR TEST

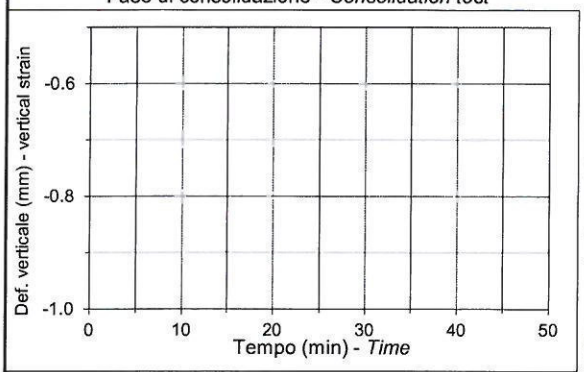
Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10

Technical specification

Certificato - *Test report*	1752 - 18.370 - 005
Verbale - *Acceptance report*	1752
Committente - *Commissioner*	SCAGLIONI GEOL. ANDREA
Località - *Locality*	OZZANO DELL'EMILIA (BO)
Cantiere - *Site*	SCUOLA MEDIA PANZACCHI
Sondaggio - *Borehole*	**S1**
Campione - *Sample*	**C1**
Profondità - *Depth*	**2.50 - 3.20 m**
Data ricevimento - *Receiving date*	12/11/2018
Data inizio prove - *Test starting date*	13/11/2018
Data fine prove - *Test ending date*	30/11/2018
Data certificazione - *Report date*	30/11/2018
Data apertura campione - *Sample opening date*	13/11/2018
Classe del campione - *Sample quality*	Q5

Umidità iniziale - *Initial water content*	%	17.75		
Densità naturale iniziale - *Initial wet density*	kg/m^3	1916.82		
Densità secca iniziale - *Initial dry density*	kg/m^3	1627.92		
Provino - *Specimen id*	n°	1	2	3
Lato - *Specimen side*	mm	60.0	60.0	60.0
Altezza iniziale - *Initial specimen height*	mm	20.0	20.0	20.0
Velocità di taglio utilizzata - *Strain rate*	mm/min	0.006	0.006	0.006
Press. di consolidazione *Consolidation pressure*	kPa	98.1	196.1	294.2
Umidità finale - *Final water content*	%	24.76	22.69	20.18

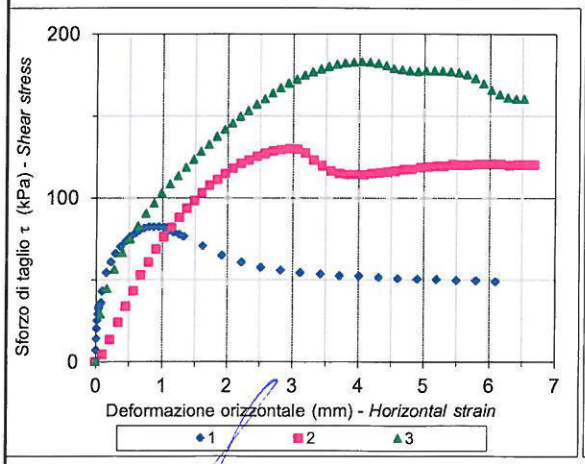
Fase di consolidazione - *Consolidation test*

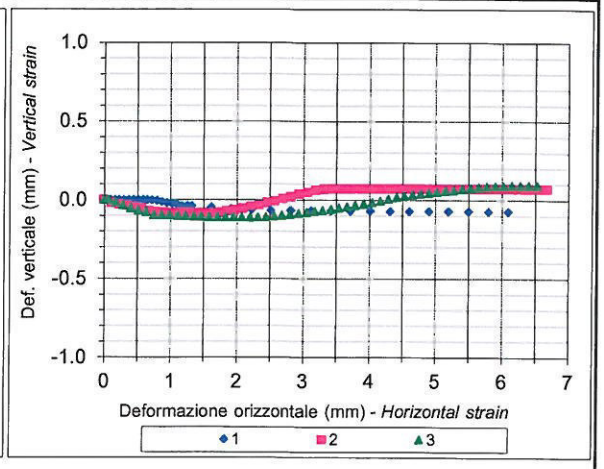


Note - *Remarks*

Limo argilloso debolmente sabbioso di colore marrone scuro. Molto consistente.

Pocket Penetrometer	>6	kg/cm^2
Tor Vane	>2	kg/cm^2





Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Grado di incertezza delle misure degli strumenti di forza: ± 0,13%

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

TAGLIO DIRETTO

DIRECT SHEAR TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10

Technical specification

Certificato - *Test report* 1752 - 18.370 - 005

Verbale - *Acceptance report* 1752

Consolidation test (0-100 kPa)	
time (s)	def. ↓ (mm)
1	-
6	-
12	-
24	-
30	-
60	-
90	-
120	-
180	-
240	-
300	-
360	-
420	-
480	-
540	-
600	-
900	-
1200	-
1500	-
1800	-
2100	-
2400	-
2700	-
3000	-
3300	-
3600	-
4200	-
4800	-
5400	-
6000	-
7200	-
8400	-
9600	-
10800	-
12000	-
13200	-
14400	-
16800	-
19200	-
21600	-
28800	-
36000	-
45600	-
54000	-
72000	-
79200	-
82800	-
86400	-

Provino 1 - Specimen 1		
def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)
0.00	0.00	7.32
0.01	0.00	14.14
0.01	0.00	20.20
0.02	0.00	25.25
0.03	0.00	29.29
0.04	0.00	32.32
0.05	0.00	33.33
0.05	0.00	33.08
0.06	0.00	34.34
0.07	0.00	35.35
0.08	0.00	35.86
0.09	0.00	42.93
0.16	0.00	54.29
0.22	0.00	60.86
0.30	0.00	65.91
0.37	0.00	70.20
0.45	0.00	73.48
0.52	0.00	76.26
0.59	0.00	78.28
0.65	0.00	80.05
0.73	0.00	81.57
0.80	0.01	82.32
0.87	0.01	82.32
0.95	0.02	82.32
1.03	0.03	81.82
1.10	0.03	80.30
1.17	0.04	79.04
1.25	0.04	77.78
1.32	0.04	76.52
1.62	0.05	70.71
1.92	0.06	64.90
2.22	0.06	60.61
2.52	0.07	57.58
2.82	0.07	55.81
3.12	0.07	54.29
3.42	0.07	53.54
3.71	0.07	52.53
4.01	0.07	52.27
4.31	0.07	51.52
4.60	0.07	50.76
4.90	0.07	50.51
5.20	0.07	50.25
5.50	0.07	49.75
5.80	0.07	49.49
6.10	0.07	48.99

Provino 2 - Specimen 2		
def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)
0.11	0.02	4.58
0.22	0.03	13.53
0.34	0.04	24.01
0.45	0.05	33.83
0.57	0.06	43.43
0.68	0.07	53.04
0.79	0.08	60.67
0.91	0.08	68.75
1.03	0.08	76.17
1.15	0.08	81.85
1.26	0.08	87.96
1.37	0.08	93.63
1.49	0.08	98.21
1.61	0.09	103.02
1.73	0.08	107.60
1.85	0.07	111.09
1.97	0.06	114.58
2.10	0.05	118.08
2.22	0.04	120.91
2.34	0.03	123.10
2.46	0.02	125.50
2.58	0.01	127.02
2.71	-0.01	128.33
2.82	-0.02	129.42
2.95	-0.04	129.86
3.07	-0.05	129.64
3.20	-0.06	127.24
3.32	-0.07	123.10
3.45	-0.07	119.60
3.58	-0.07	116.55
3.71	-0.07	114.80
3.84	-0.07	114.37
3.96	-0.07	114.37
4.08	-0.07	114.15
4.20	-0.07	114.80
4.32	-0.07	115.24
4.45	-0.07	115.67
4.57	-0.07	116.33
4.70	-0.07	117.20
4.82	-0.07	117.42
4.95	-0.07	118.51
5.07	-0.07	118.95
5.20	-0.07	119.38
5.32	-0.07	119.38
5.44	-0.07	120.26
5.57	-0.07	120.04
5.69	-0.07	120.04
5.81	-0.07	120.48
5.93	-0.07	120.48
6.06	-0.07	120.69
6.19	-0.07	120.48
6.31	-0.07	119.82
6.44	-0.07	120.26
6.56	-0.07	120.26
6.69	-0.07	120.26

Provino 3 - Specimen 3		
def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)
0.07	0.00	29.12
0.17	0.01	44.44
0.28	0.04	56.32
0.40	0.05	66.48
0.51	0.07	74.90
0.63	0.08	82.76
0.75	0.10	90.42
0.87	0.10	96.55
0.99	0.10	102.87
1.11	0.10	108.24
1.23	0.10	113.41
1.35	0.11	118.58
1.47	0.11	123.37
1.58	0.11	128.16
1.71	0.11	132.57
1.83	0.11	137.36
1.95	0.11	141.57
2.07	0.11	145.59
2.20	0.11	149.62
2.32	0.11	153.26
2.44	0.11	157.09
2.56	0.11	160.34
2.68	0.10	163.79
2.81	0.09	166.86
2.93	0.09	169.92
3.05	0.08	172.41
3.17	0.07	174.71
3.29	0.07	176.82
3.42	0.06	178.54
3.54	0.05	180.08
3.66	0.04	181.42
3.78	0.03	182.18
3.91	0.03	182.76
4.04	0.02	183.14
4.16	0.01	182.76
4.29	-0.01	181.99
4.41	-0.02	180.65
4.53	-0.03	178.93
4.65	-0.03	178.16
4.78	-0.04	177.59
4.90	-0.05	177.20
5.02	-0.05	177.59
5.15	-0.06	177.59
5.27	-0.06	177.39
5.40	-0.07	177.01
5.52	-0.08	176.44
5.65	-0.08	175.10
5.77	-0.09	172.99
5.90	-0.09	169.54
6.02	-0.09	165.71
6.15	-0.09	163.03
6.28	-0.09	161.11
6.40	-0.09	160.34
6.52	-0.09	160.15

Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

TRIASSIALE NON CONSOLIDATO NON DRENATO

UNCONSOLIDATE UNDRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-8

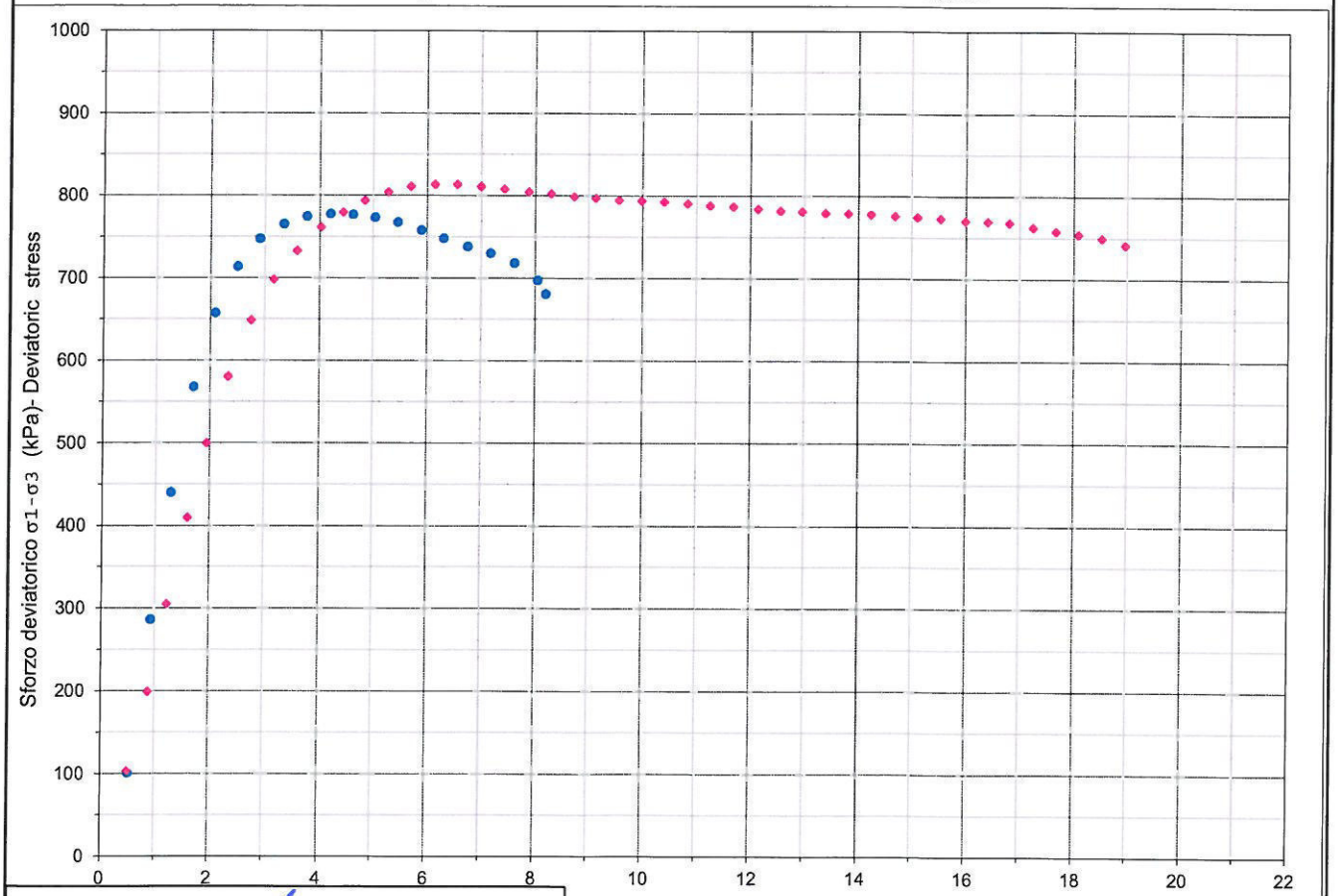
Technical specification

Certificato - *Test report*	1752 - 18.370 - 006
Verbale - *Acceptance report*	1752
Committente - *Commissioner*	SCAGLIONI GEOL. ANDREA
Località - *Locality*	OZZANO DELL'EMILIA (BO)
Cantiere - *Site*	SCUOLA MEDIA PANZACCHI
Sondaggio - *Borehole*	S1
Campione - *Sample*	C1
Profondità - *Depth*	2.50 - 3.20 m
Data ricevimento - *Receiving date*	12/11/2018
Data inizio prove - *Test starting date*	13/11/2018
Data fine prove - *Test ending date*	30/11/2018
Data certificazione - *Report date*	30/11/2018
Data apertura campione - *Sample opening date*	13/11/2018
Classe del campione - *Sample quality*	Q5

Provino - *Specimen*	n°	1	2
Area provino - *Specimen area*	cm^2	11.40	11.40
Altezza provino - *Specimen height*	mm	76.00	76.00
Velocità di taglio - *Shear rate*	mm/min	0.650	0.650
Pressione in cella - *Cell pressure*	kPa	100.00	300.00

Note - *Remarks*

Pocket Penetrometer >6 kg/cm^2 Tor Vane >2 kg/cm^2



Provino 1 - *Specimen 1* / Provino 2 - *Specimen 2*

Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI SETTORE TERRE

TRIASSIALE NON CONSOLIDATO NON DRENATO

UNCONSOLIDATE UNDRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-8

Technical specification

Certificato - *Test report* 1752 - 18.370 - 006

Verbale - *Acceptance report* 1752

Provino 1 - Specimen 1

Pressione in cella (kPa) Cell pressure: 100

T	εh	σ1-σ3
43	0.521	100.352
73	0.924	285.930
103	1.295	439.842
133	1.701	567.376
163	2.092	657.015
193	2.496	713.318
223	2.904	746.956
253	3.345	764.760
283	3.765	774.100
313	4.207	777.265
343	4.626	776.378
373	5.042	772.991
403	5.463	767.074
433	5.898	757.772
463	6.315	747.837
493	6.756	737.773
523	7.178	729.545
553	7.622	717.955
583	8.052	696.865
613	8.207	680.393

Foto provino 1 - *Specimen 1 pic*

Foto provino 2 - *Specimen 2 pic*

Provino 2 - Specimen 2

Pressione in cella (kPa) Cell pressure: 300

T	εh	σ1-σ3
43	0.507	103.000
73	0.891	198.938
103	1.232	305.186
133	1.609	409.768
163	1.957	499.747
193	2.335	580.404
223	2.760	648.575
253	3.171	697.870
283	3.598	732.877
313	4.035	761.407
343	4.453	779.993
373	4.854	794.008
403	5.290	803.845
433	5.706	810.746
463	6.154	813.573
493	6.570	813.659
523	7.000	810.645
553	7.436	807.579
583	7.885	804.391
613	8.306	802.161
643	8.727	798.476
673	9.134	797.071
703	9.570	794.679
733	9.990	793.834
763	10.408	792.974
793	10.845	790.515
823	11.266	788.182
853	11.688	787.232
883	12.144	784.549
913	12.559	782.228
943	12.965	781.352
973	13.395	779.541
1003	13.818	779.142
1033	14.245	777.985
1063	14.698	775.900
1093	15.113	774.811
1123	15.537	772.945
1153	15.992	770.105
1183	16.412	769.559
1213	16.807	767.894
1243	17.255	762.456
1273	17.678	757.899
1303	18.101	754.009
1333	18.530	749.414
1363	18.970	741.528

Legenda - *Key*

T = Tempi (s) - *Time*

εh = Deformazione verticale (%) - *Vertical strain*

σ1-σ3 = Sforzo deviatorico - *Deviatoric stress*

Direttore *Manager*

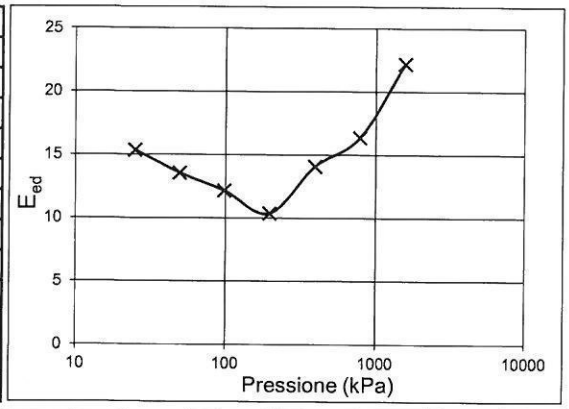
Sperimentatore *Technician*

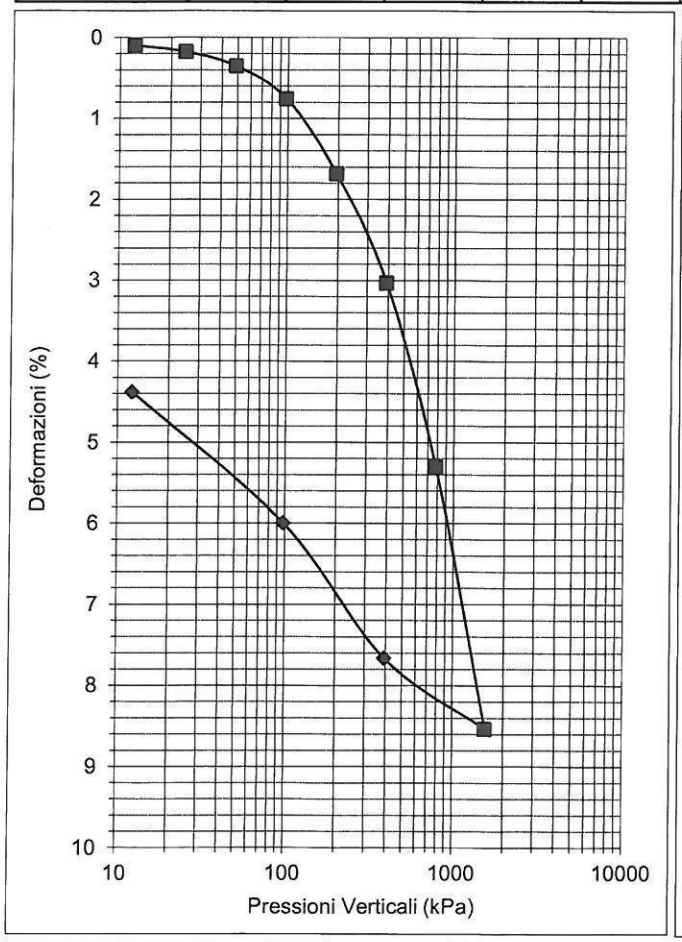
Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

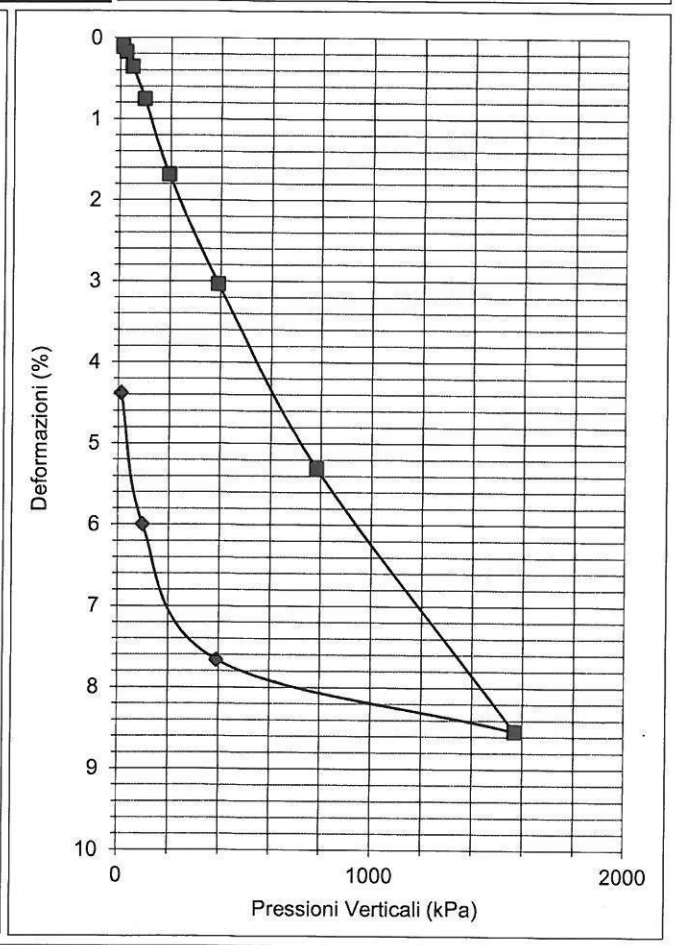
Committente:	SCAGLIONI GEOL. ANDREA	**Sondaggio:**	S1
Località:	OZZANO DELL'EMILIA (BO)	**Campione:**	C1
Cantiere:	SCUOLA MEDIA PANZACCHI	**Profondità:**	2.50 - 3.20 m

ELABORAZIONE PROVA EDOMETRICA

Pressione	dv	dv	e	E_{ed}	mv	Cc
kPa	mm	%	0.60	MPa	kPa^{-1}	-
12.2	0.02	0.09	0.599	-		0.0042
24.5	0.03	0.17	0.598	15.35	6.5E-05	0.0096
49	0.07	0.35	0.595	13.56	7.3E-05	0.0213
98	0.15	0.75	0.589	12.16	8.2E-05	0.0495
196	0.34	1.69	0.574	10.36	9.5E-05	0.0718
392	0.61	3.04	0.552	14.08	6.9E-05	0.1207
784	1.06	5.31	0.516	16.35	5.8E-05	0.1718
1568	1.71	8.54	0.464	22.20	4.1E-05	
392	1.53	7.66	-			
98	1.20	6.00	-			
12.2	0.88	4.38	-			







Legenda: Dv = deformazione verticale; dh = deformazione percentuale; e = indice dei vuoti; E_{ed} = modulo edometrico; mv = indice di compressibilità; Cc = coefficiente di compressibilità.

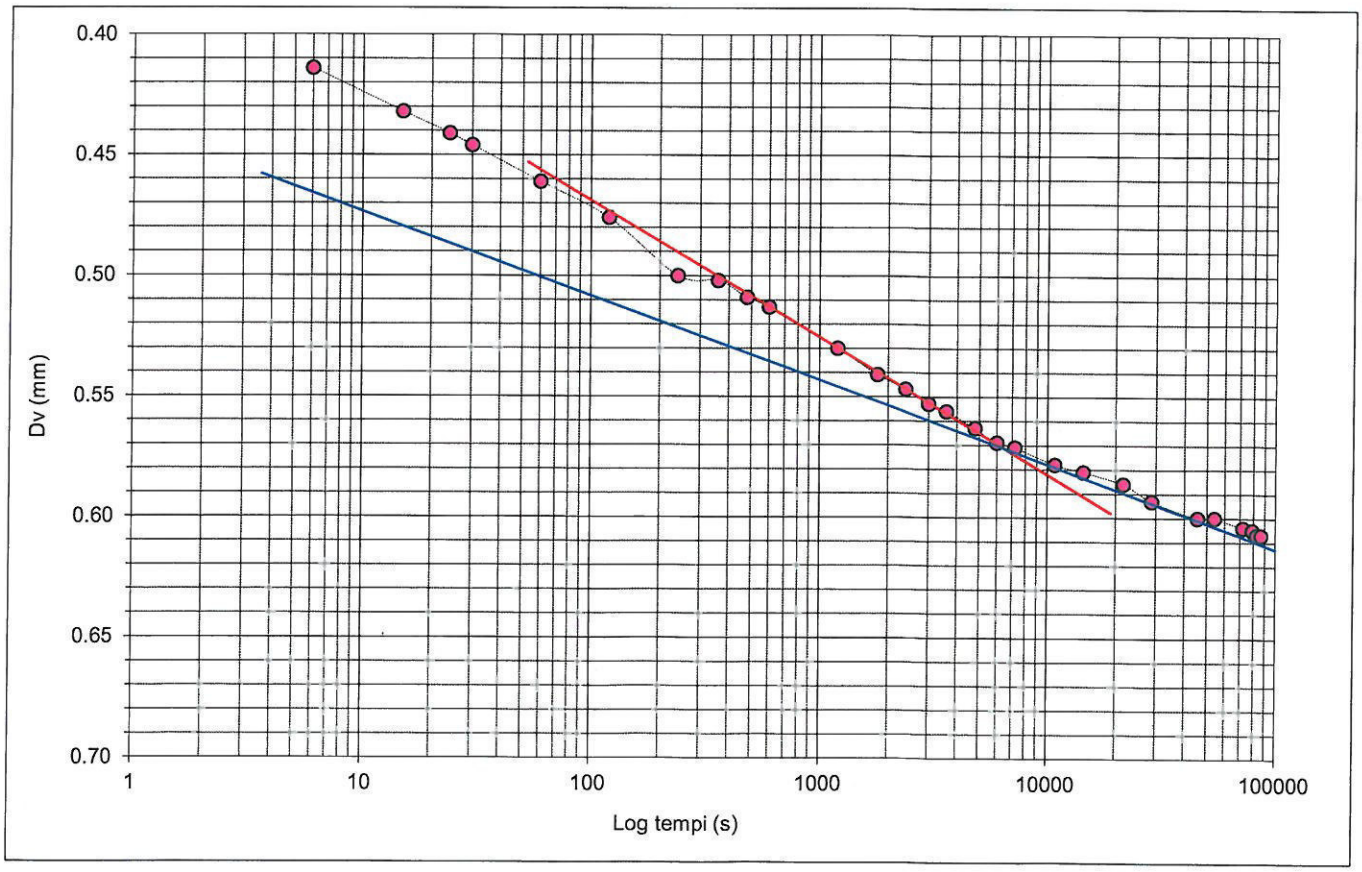
Committente:	**SCAGLIONI GEOL. ANDREA**	**Sondaggio:**	**S1**
Località:	**OZZANO DELL'EMILIA (BO)**	**Campione:**	**C1**
Cantiere:	**SCUOLA MEDIA PANZACCHI**	**Profondità:**	**2.50 - 3.20 m**

COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE

Tempi	Dv
s	mm
6	0.414
15	0.432
24	0.441
30	0.446
60	0.461
120	0.476
240	0.500
360	0.502
480	0.509
600	0.513
1200	0.530
1800	0.541
2400	0.547
3000	0.553
3600	0.556

Tempi	Dv
s	mm
4800	0.563
6000	0.569
7200	0.571
10800	0.578
14400	0.581
21600	0.586
28800	0.593
45600	0.600
54000	0.600
72000	0.604
79200	0.605
82800	0.607
86400	0.607

Parametri calcolati		
D_{50}	0.423	mm
T_{50}	3864	s
CV	4.885E-05	cm^2/s
E_{ed}	14.08	MPa
K	3.469E-10	cm/s
$C\alpha$	1.548E-06	cm^2/s



TAGLIO DIRETTO

Committente:	SCAGLIONI GEOL. ANDREA	Sondaggio:	S1
Località:	OZZANO DELL'EMILIA (BO)	Campione:	C1
Cantiere:	SCUOLA MEDIA PANZACCHI	Profondità:	2.50 - 3.20 m

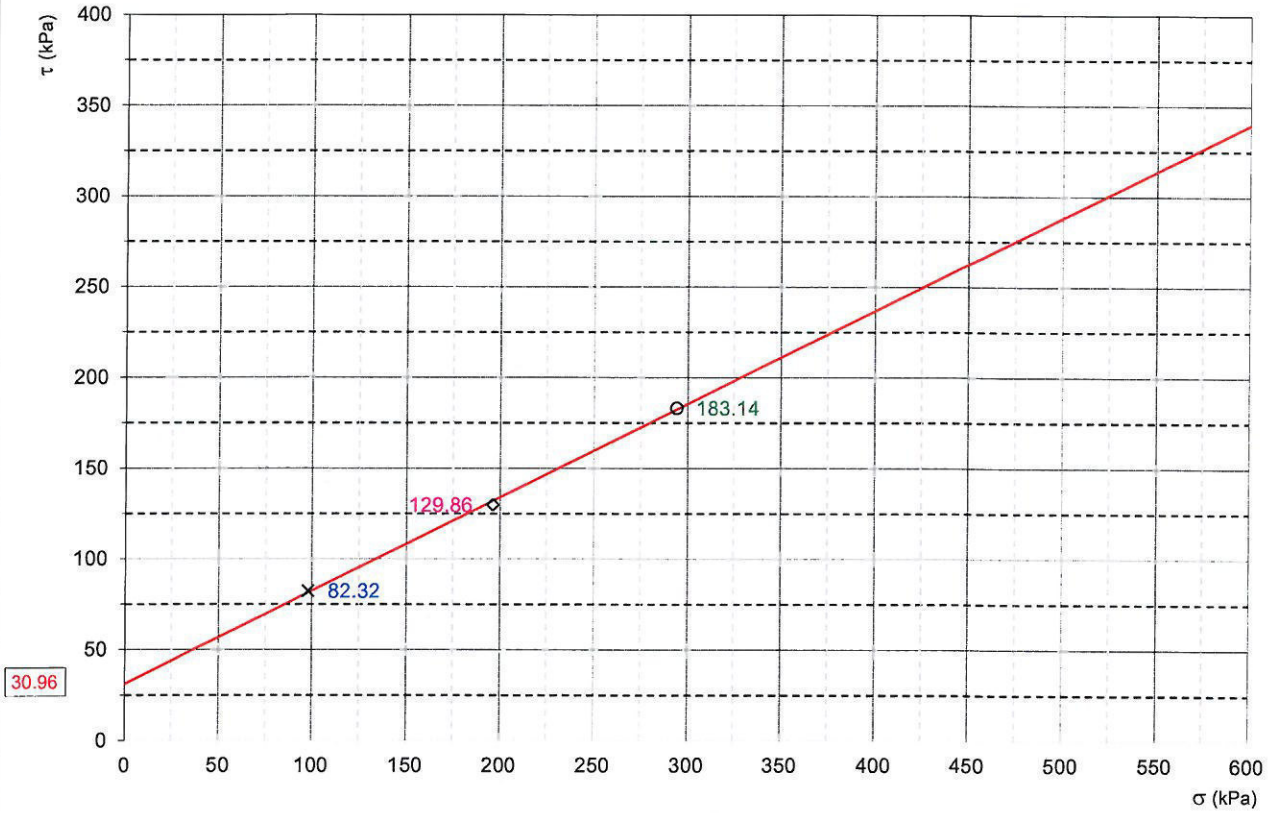
REGRESSIONE LINEARE DEI TRE VALORI DI SFORZO MASSIMO

Lato provino	60.00	mm
Altezza iniziale	20.00	mm

Limo argilloso debolmente sabbioso di co

Valori dei provini a rottura				
Provino	n°	1	2	3
Sforzo a rottura	kPa	82.32	129.86	183.14
Intercetta C'	KPa	30.96		
ϕ'	° sess	27.20		

Velocità di prova
0.006
mm/min



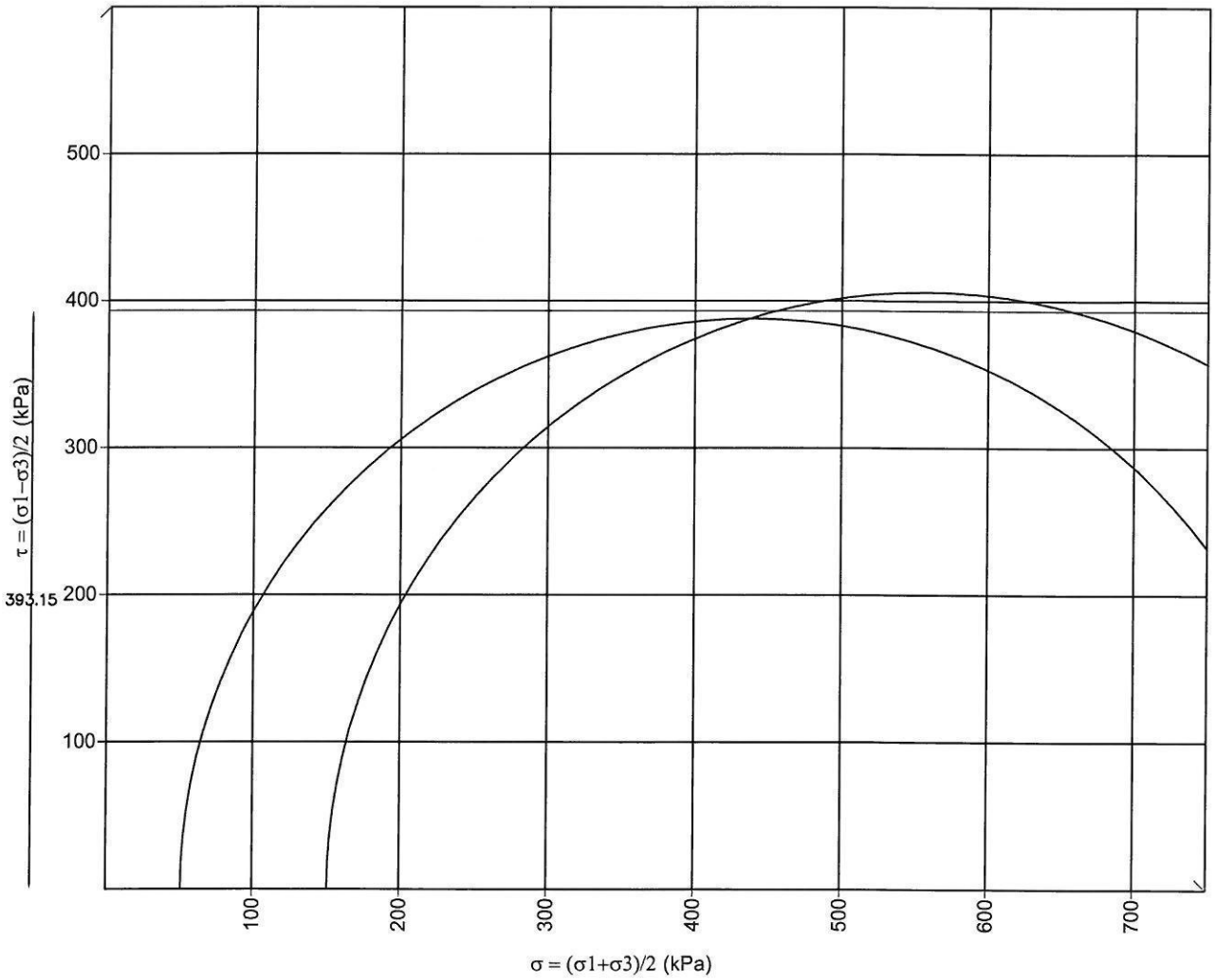
La coesione efficace e l'angolo di resistenza al taglio si riferiscono alla elaborazione della prova di taglio diretto eseguita mediante una semplice regressione lineare sui tre punti di sforzo massimo e per il campo tensionale nel quale i vari provini sono stati sottoposti a taglio.

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

Committente:	SCAGLIONI GEOL. ANDREA	Sondaggio:	S1
Località:	OZZANO DELL' EMILIA (BO)	Campione:	C1
Cantiere:	SCUOLA MEDIA PANZACCHI	Profondità:	2.50 - 3.00 m

Determinazione parametri geotecnici
Prova triassiale non consolidata non drenata (UU)



Cu = 393.15kPa

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

ANALISI GRANULOMETRICA

PARTICLE SIZE ANALYSIS

Normativa di rif: UNI CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI A. V n° 23

Technical specification

Certificato - *Test report*	1752 - 18.370 - 007
Verbale - *Acceptance report*	1752
Committente - *Commissioner*	SCAGLIONI GEOL. ANDREA
Località - *Locality*	OZZANO DELL'EMILIA (BO)
Cantiere - *Site*	SCUOLA MEDIA PANZACCHI
Sondaggio - *Borehole*	**S1**
Campione - *Sample*	**C2**
Profondità - *Depth*	**4.60 - 5.20 m**
Data ricevimento - *Receiving date*	12/11/2018
Data inizio prove - *Test starting date*	13/11/2018
Data fine prove - *Test ending date*	30/11/2018
Data certificazione - *Report date*	30/11/2018
Data apertura campione - *Sample opening date*	13/11/2018

SETACCIATURA - *SIEVES TEST*

Massa campione (g) - *Specimen weight* 238.01

Setaccio (mm) *Sieve diameter*	Peso (g) *Mass retained*	Passante (%) *Percentage passing*
100	0.00	100.00
71	0.00	100.00
60	0.00	100.00
40	0.00	100.00
25	0.00	100.00
15	0.00	100.00
10	0.00	100.00
5	0.00	100.00
2	0.00	100.00
1	0.45	99.81
0.425	5.92	97.32
0.18	15.56	90.79
0.075	28.33	78.88

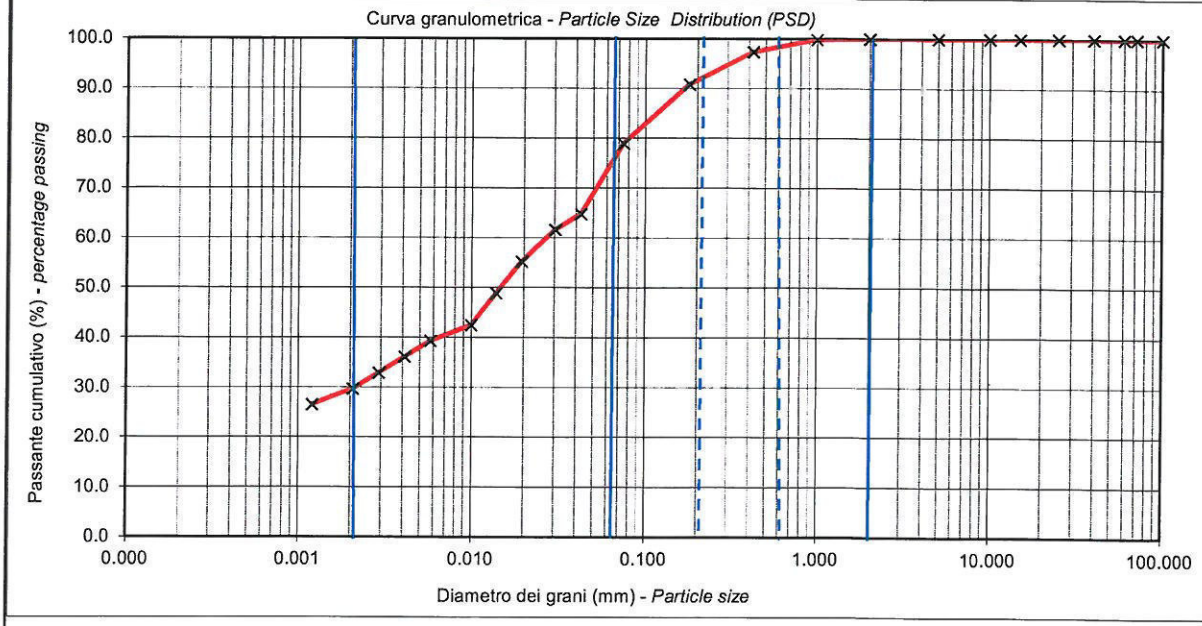
SEDIMENTAZIONE - *HYDROMETER TEST*

Massa campione (g) - *Specimen weight* 40.21

Diametro (mm) *Particle size*	Letture *Data*	Passante (%) *Percentage passing*
0.043	24.0	64.76
0.030	23.0	61.57
0.019	21.0	55.19
0.014	19.0	48.81
0.010	17.0	42.43
0.006	16.0	39.24
0.004	15.0	36.05
0.0029	14.0	32.86
0.0021	13.0	29.67
0.0012	12.0	26.48

Granulometria A.G.I. *PSD*	**Ghiaia (%)** *Gravel*	**0.00**	**Sabbia (%)** *Sand*	**27.68**	**Limo (%)** *Silt*	**42.95**	**Argilla (%)** *Clay*	**29.37**

Curva granulometrica - *Particle Size Distribution (PSD)*



D_{10} (mm) -

D_{60} (mm) 0.028

Agente disperdente - *dispersing agent*: Sodium hexametaphosphate

temperatura di prova (°)- *temperature* 21

Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

~~Sperimentatore~~ *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI: SETTORE TERRE.

LIMITI DI ATTERBERG

ATTERBERG LIMITS

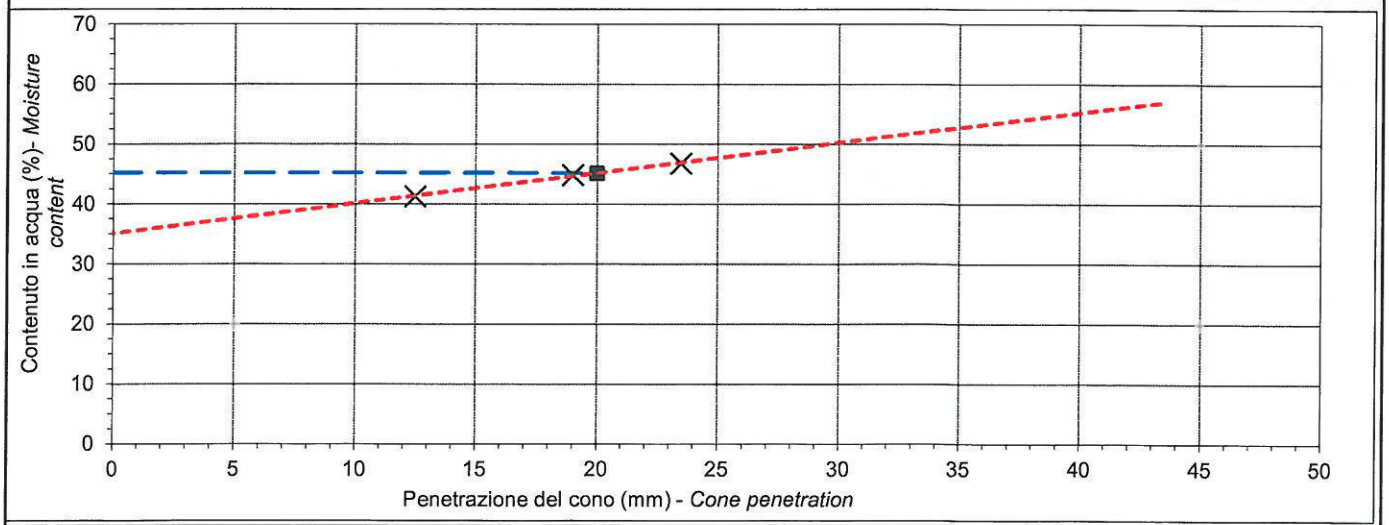
Normativa di riferimento: UNI EN ISO/TS 17892-12

Technical specification

Certificato - *Test report*	1752 - 18.370 - 008
Verbale - *Acceptance report*	1752
Committente - *Commissioner*	SCAGLIONI GEOL. ANDREA
Località - *Locality*	OZZANO DELL'EMILIA (BO)
Cantiere - *Site*	SCUOLA MEDIA PANZACCHI
Sondaggio - *Borehole*	**S1**
Campione - *Sample*	**C2**
Profondità - *Depth*	**4.60 - 5.20 m**
Data ricevimento - *Receiving date*	12/11/2018
Data inizio prove - *Test starting date*	13/11/2018
Data fine prove - *Test ending date*	30/11/2018
Data certificazione - *Report date*	30/11/2018
Data apertura campione - *Sample opening date*	13/11/2018
Classe campione - *Sample quality*	Q5

	Provino 1 - *Specimen 1*	Provino 2 - *Specimen 2*	Provino 3 - *Specimen 3*
Penetrazione del cono (mm) - *Cone penetration*	23.50	19.00	12.50
Massa tara (g) - *Tara weight*	71.51	62.46	71.64
Massa campione umido + tara (g) *Moist specimen + tara*	86.54	75.99	84.99
Massa campione secco + tara (g) *Dried specimen + tara*	81.75	71.80	81.09
Contenuto in acqua (%) - *Moisture content*	46.78	44.86	41.27
Limite liquido (%) - *Liquid limit*		**45.1**	

Massa tara (g) - *Tara weight*	71.92	62.71	
Moist specimen + tara	74.35	66.41	
Massa campione secco + tara (g) *Dried specimen + tara*	73.89	65.71	
Limite plastico (%) - *Plastic limit*	23.35	23.40	differenza percentuale 0.21
Limite plastico (%) - *Plastic limit*	**23.4**		



Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

PROVA EDOMETRICA I.L.

INCREMENTAL LOADING OEDOMETER TEST

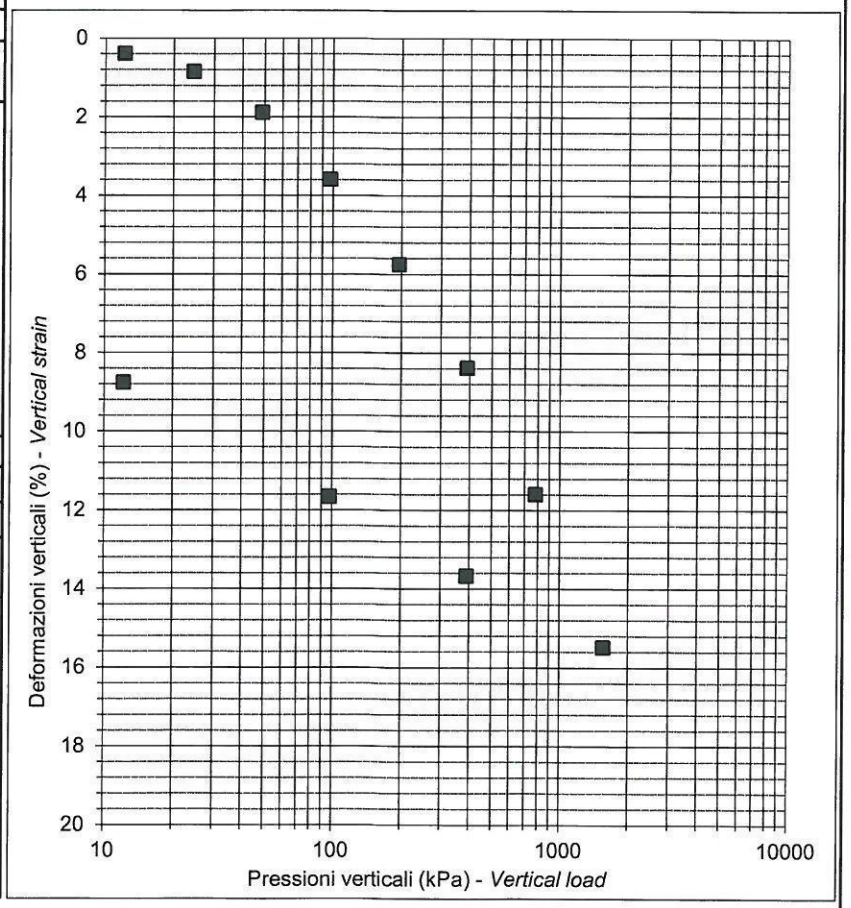
Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-5

Technical specification

Certificato - *Test report*	1752 - 18.370 - 009
Verbale - *Acceptance report*	1752
Committente - *Commissioner*	SCAGLIONI GEOL. ANDREA
Località - *Locality*	OZZANO DELL'EMILIA (BO)
Cantiere - *Site*	SCUOLA MEDIA PANZACCHI
Sondaggio - *Borehole*	**S1**
Campione - *Sample*	**C2**
Profondità - *Depth*	**4.60 - 5.20 m**
Data ricevimento - *Receiving date*	12/11/2018
Data inizio prove - *Test starting date*	13/11/2018
Data fine prove - *Test ending date*	30/11/2018
Data certificazione - *Report date*	30/11/2018
Data apertura campione - *Sample opening date*	13/11/2018
Classe campione - *Sample quality*	Q5
Area (cm^2) - *Cross-sectional area of specimen*	20.00
Altezza provino (cm) - *Specimen height*	20.00

σ_v (kPa)	ε_v (mm)	ε_v (%)	e
Carichi *Vert. load*	Deformazione verticale *Vertical strain*		Indice vuoti *Void ratio*
12.2	0.077	0.39	0.656
24.5	0.169	0.85	0.648
49.0	0.378	1.89	0.631
98.0	0.718	3.59	0.603
196.0	1.151	5.76	0.567
392.0	1.676	8.38	0.523
784.0	2.319	11.60	0.470
1568.0	3.096	15.48	0.405
392.0	2.734	13.67	-
98.0	2.332	11.66	-
12.2	1.752	8.76	-

Pocket Penetrometer	-	kg/cm^2
Tor Vane	-	kg/cm^2
Umidità naturale iniziale *Initial water content*	16.86	%
Densità naturale *Bulk density*	1.85	t/m^3
Densità secca *Dry density*	1.59	t/m^3
Peso specifico dei grani *Specific gravity*	2.64	t/m^3
Umidità finale *Final water content*	19.84	%
Indice dei vuoti iniziale *Original void ratio*	0.66	



Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001 2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE

COEFFICIENT OF CONSOLIDATION

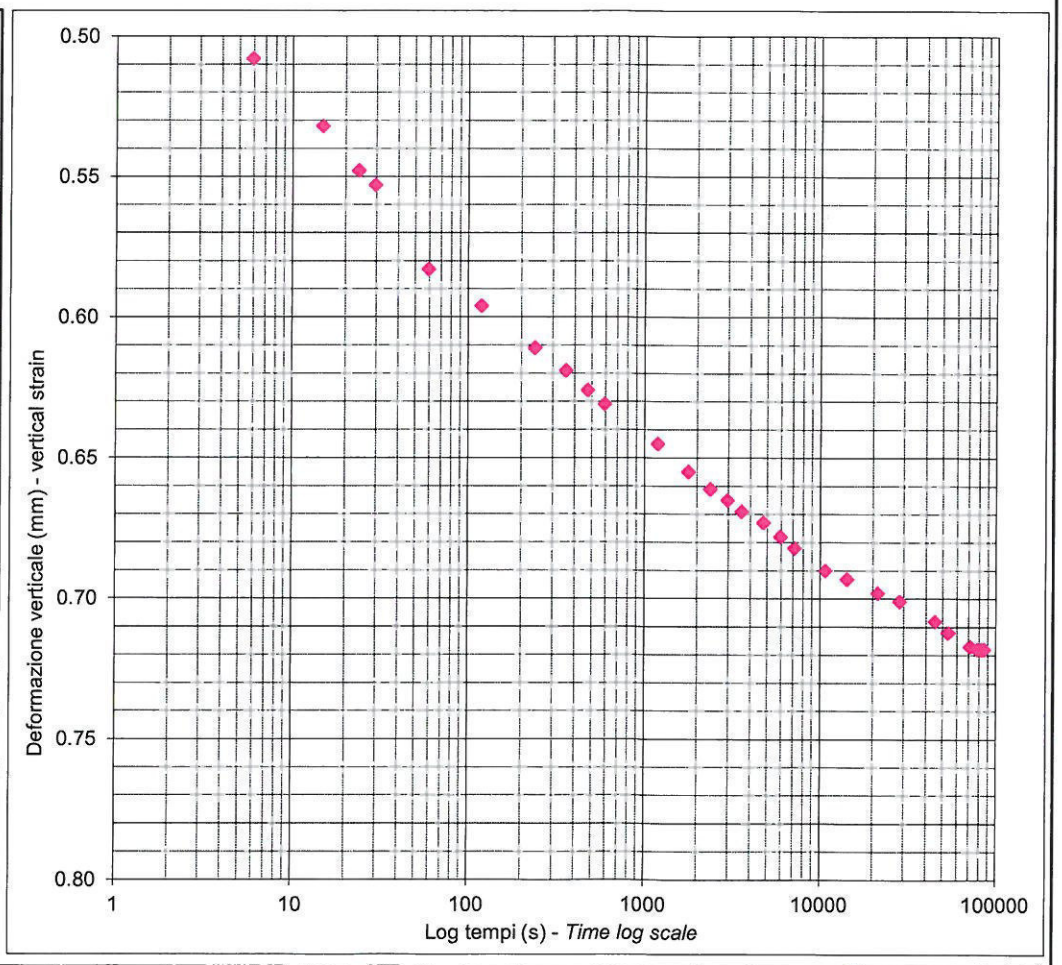
Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892/5

Technical specification

Certificato - *Test report*	1752 - 18.370 - 010
Verbale - *Acceptance report*	1752
Committente - *Commissioner*	SCAGLIONI GEOL. ANDREA
Località - *Locality*	OZZANO DELL'EMILIA (BO)
Cantiere - *Site*	SCUOLA MEDIA PANZACCHI
Sondaggio - *Borehole*	**S1**
Campione - *Sample*	**C2**
Profondità - *Depth*	**4.60 - 5.20 m**
Data ricevimento - *Receiving date*	12/11/2018
Data inizio prove - *Test starting date*	13/11/2018
Data fine prove - *Test ending date*	30/11/2018
Data certificazione - *Report date*	30/11/2018
Data apertura campione - *Sample opening date*	13/11/2018
Classe campione - *Sample quality*	Q5

Area (cm^2) - *Cross-sectional area of specimen*	20	Intervallo di carico (kPa) *Load range*	49.0	98.0
Altezza provino (cm) - *Specimen height*	20			

Tempi (s) *Time*	Def. (mm) *Vertical strain*
6	0.508
15	0.532
24	0.548
30	0.553
60	0.583
120	0.596
240	0.611
360	0.619
480	0.626
600	0.631
1200	0.645
1800	0.655
2400	0.661
3000	0.665
3600	0.669
4800	0.673
6000	0.678
7200	0.682
10800	0.690
14400	0.693
21600	0.698
28800	0.701
45600	0.708
54000	0.712
72000	0.717
79200	0.718
82800	0.718
86400	0.718



Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

TAGLIO DIRETTO

DIRECT SHEAR TEST

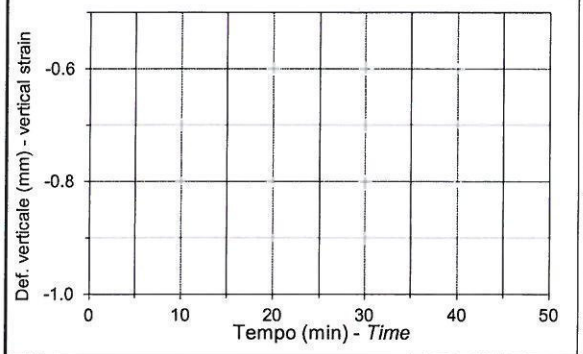
Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10

Technical specification

Certificato - *Test report*	1752 - 18.370 - 011
Verbale - *Acceptance report*	1752
Committente - *Commissioner*	SCAGLIONI GEOL. ANDREA
Località - *Locality*	OZZANO DELL'EMILIA (BO)
Cantiere - *Site*	SCUOLA MEDIA PANZACCHI
Sondaggio - *Borehole*	**S1**
Campione - *Sample*	**C2**
Profondità - *Depth*	**4.60 - 5.20 m**
Data ricevimento - *Receiving date*	12/11/2018
Data inizio prove - *Test starting date*	13/11/2018
Data fine prove - *Test ending date*	30/11/2018
Data certificazione - *Report date*	30/11/2018
Data apertura campione - *Sample opening date*	13/11/2018
Classe del campione - *Sample quality*	Q5

Umidità iniziale - *Initial water content*	%	16.86		
Densità naturale iniziale - *Initial wet density*	kg/m^3	1853.00		
Densità secca iniziale - *Initial dry density*	kg/m^3	1585.60		
Provino - *Specimen id*	n°	1	2	3
Lato - *Specimen side*	mm	60.0	60.0	60.0
Altezza iniziale - *Initial specimen height*	mm	20.0	20.0	20.0
Velocità di taglio utilizzata - *Strain rate*	mm/min	0.006	0.006	0.006
Press. di consolidazione *Consolidation pressure*	kPa	98.1	196.1	294.2
Umidità finale - *Final water content*	%	21.48	20.66	19.98

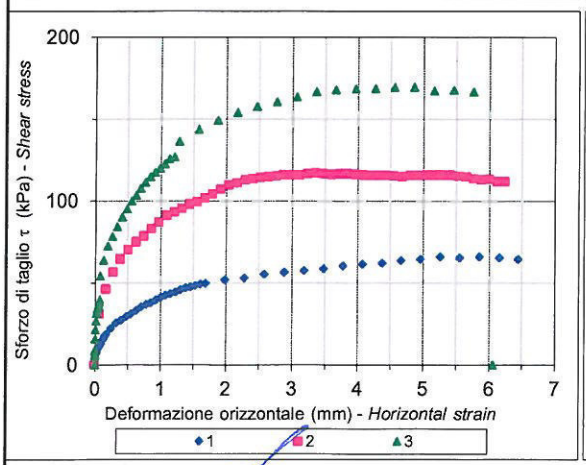
Fase di consolidazione - *Consolidation test*

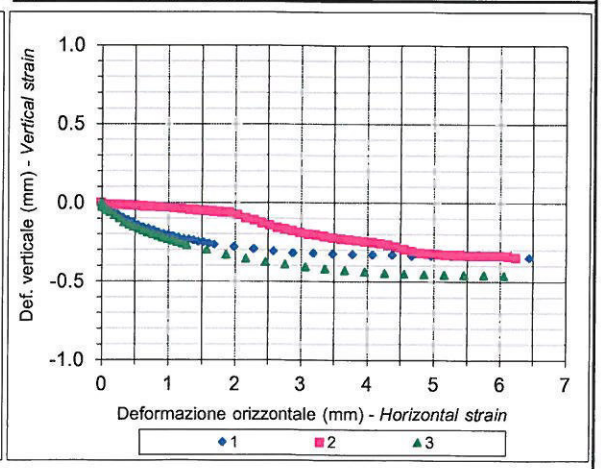


Note - *Remarks*

Limo argilloso e limo sabbioso mediamente consistente. Colore 10YR 4/4 dark yellowish brown

Pocket Penetrometer	3.8 - 4.0 - 4.(	kg/cm^2
Tor Vane	1.5	kg/cm^2





Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Grado di incertezza delle misure degli strumenti di forza: ± 0,13%

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

TAGLIO DIRETTO

DIRECT SHEAR TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10

Technical specification

Certificato - *Test report* 1752 - 18.370 - 011

Verbale - *Acceptance report* 1752

Consolidation test (0-100 kPa)	
time (s)	def. ↓ (mm)
1	-
6	-
12	-
24	-
30	-
60	-
90	-
120	-
180	-
240	-
300	-
360	-
420	-
480	-
540	-
600	-
900	-
1200	-
1500	-
1800	-
2100	-
2400	-
2700	-
3000	-
3300	-
3600	-
4200	-
4800	-
5400	-
6000	-
7200	-
8400	-
9600	-
10800	-
12000	-
13200	-
14400	-
16800	-
19200	-
21600	-
28800	-
36000	-
45600	-
54000	-
72000	-
79200	-
82800	-
86400	-

Provino 1 - Specimen 1		
def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)
0.01	0.01	6.39
0.02	0.02	7.22
0.02	0.02	7.78
0.03	0.02	8.06
0.03	0.02	7.50
0.04	0.02	9.17
0.05	0.03	10.28
0.06	0.03	10.83
0.07	0.03	10.83
0.08	0.03	11.67
0.09	0.04	12.78
0.10	0.05	13.89
0.12	0.05	15.00
0.13	0.05	15.83
0.14	0.06	16.67
0.15	0.06	17.78
0.17	0.06	18.61
0.25	0.08	22.22
0.32	0.10	25.56
0.40	0.11	27.22
0.47	0.13	29.17
0.55	0.14	30.83
0.63	0.16	33.06
0.70	0.17	35.28
0.78	0.18	36.94
0.85	0.19	37.78
0.93	0.20	39.44
1.00	0.21	41.11
1.07	0.21	42.50
1.15	0.22	43.33
1.23	0.23	44.44
1.31	0.23	45.83
1.38	0.24	46.94
1.45	0.25	47.50
1.53	0.25	48.33
1.61	0.26	49.17
1.69	0.27	49.72
1.99	0.28	51.94
2.28	0.30	53.06
2.58	0.31	55.28
2.88	0.32	56.39
3.18	0.32	57.50
3.48	0.33	58.61
3.78	0.33	60.28
4.08	0.33	61.39
4.38	0.33	61.94
4.67	0.34	63.61
4.96	0.34	64.44
5.26	0.34	65.83
5.56	0.34	65.28
5.85	0.34	65.83
6.16	0.34	65.28
6.45	0.35	64.44

Provino 2 - Specimen 2		
def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)
0.07	0.01	31.35
0.17	0.02	46.30
0.28	0.02	56.51
0.39	0.02	64.53
0.51	0.02	70.36
0.63	0.02	75.10
0.75	0.03	78.75
0.87	0.03	83.13
0.98	0.03	87.14
1.10	0.03	91.15
1.21	0.04	93.33
1.33	0.05	95.52
1.44	0.05	98.07
1.56	0.05	99.53
1.68	0.06	101.72
1.80	0.06	104.27
1.92	0.06	107.19
2.05	0.08	109.74
2.17	0.10	111.20
2.30	0.11	113.02
2.41	0.13	113.75
2.53	0.14	114.48
2.65	0.16	114.84
2.77	0.17	115.21
2.88	0.18	115.94
2.99	0.19	115.94
3.12	0.20	115.94
3.23	0.21	116.67
3.36	0.21	117.03
3.48	0.22	116.67
3.61	0.23	116.30
3.73	0.23	116.67
3.85	0.24	116.67
3.97	0.25	116.30
4.09	0.25	115.94
4.21	0.26	115.57
4.32	0.27	115.57
4.44	0.28	115.57
4.56	0.30	115.21
4.68	0.31	114.84
4.80	0.32	115.57
4.92	0.32	115.57
5.05	0.33	115.94
5.17	0.33	115.94
5.30	0.33	115.94
5.41	0.33	115.94
5.53	0.34	115.21
5.65	0.34	114.84
5.77	0.34	113.75
5.88	0.34	113.02
6.00	0.34	113.39
6.12	0.34	111.93
6.25	0.35	111.93

Provino 3 - Specimen 3		
def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)
	0.02	5.19
0.00	0.02	5.50
0.00	0.02	5.50
0.00	0.02	5.50
0.00	0.03	6.11
0.00	0.03	7.94
0.00	0.03	8.86
0.00	0.03	15.89
0.01	0.03	21.39
0.02	0.03	26.89
0.02	0.03	31.47
0.03	0.03	33.92
0.04	0.03	35.14
0.05	0.04	36.06
0.05	0.04	36.97
0.07	0.04	38.19
0.07	0.05	39.72
0.08	0.05	54.08
0.13	0.06	63.86
0.20	0.08	72.42
0.26	0.10	78.22
0.34	0.13	84.33
0.41	0.14	90.14
0.49	0.15	95.03
0.56	0.17	99.92
0.62	0.18	103.28
0.69	0.19	107.56
0.77	0.20	111.22
0.84	0.21	114.58
0.91	0.22	117.33
0.99	0.23	119.78
1.06	0.24	122.53
1.13	0.25	125.58
1.21	0.26	126.81
1.28	0.27	136.28
1.57	0.30	143.61
1.87	0.33	149.11
2.17	0.36	154.00
2.46	0.38	157.67
2.76	0.39	160.42
3.07	0.41	163.47
3.36	0.42	166.53
3.66	0.43	167.75
3.96	0.44	168.36
4.26	0.45	168.67
4.55	0.45	169.28
4.86	0.46	169.28
5.16	0.46	167.14
5.45	0.46	167.75
5.76	0.46	166.53
6.06	0.46	
	0.10	

Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

TRIASSIALE NON CONSOLIDATO NON DRENATO

UNCONSOLIDATE UNDRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-8

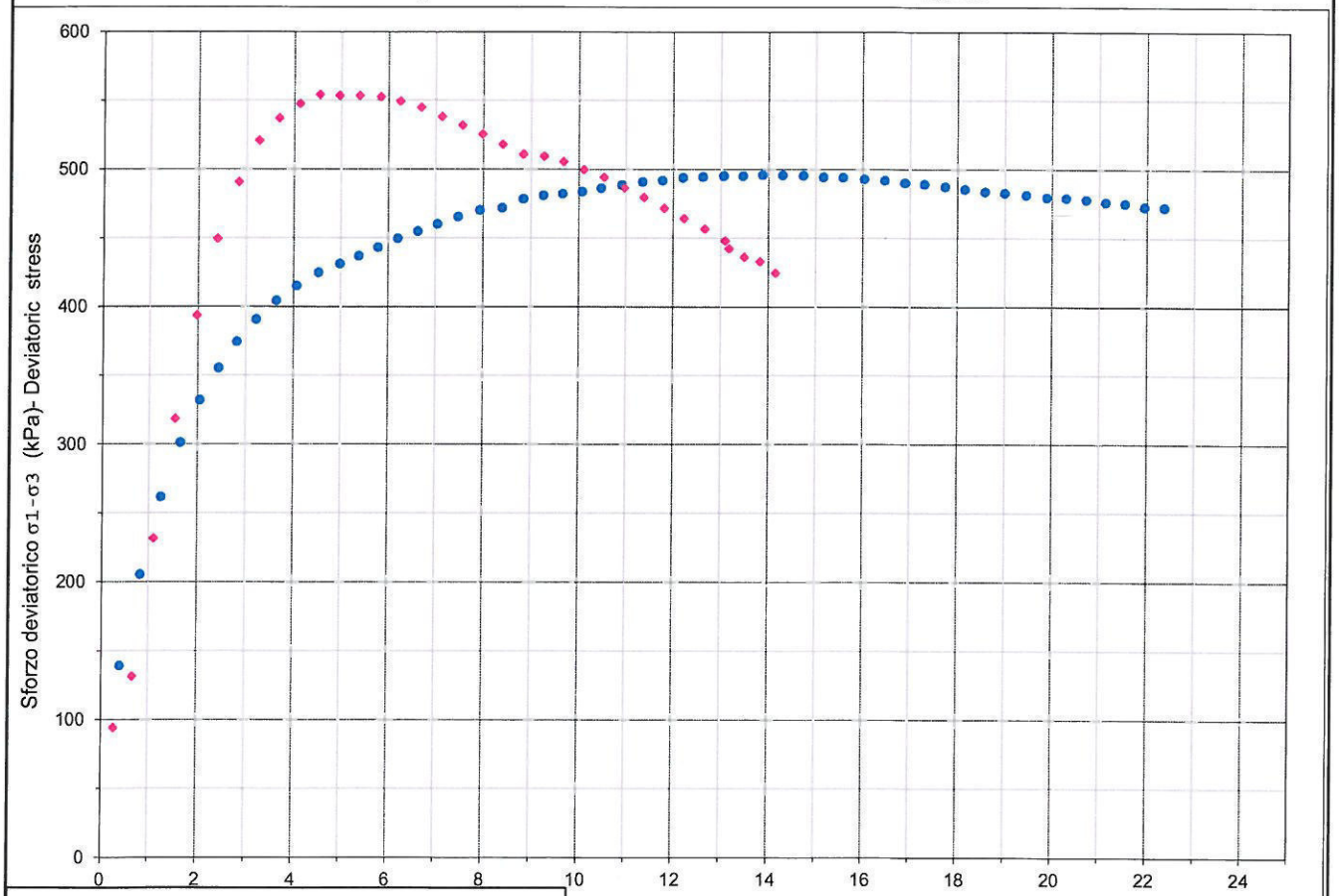
Technical specification

Certificato - *Test report*	1752 - 18.370 - 012
Verbale - *Acceptance report*	1752
Committente - *Commissioner*	SCAGLIONI GEOL. ANDREA
Località - *Locality*	OZZANO DELL'EMILIA (BO)
Cantiere - *Site*	SCUOLA MEDIA PANZACCHI
Sondaggio - *Borehole*	S1
Campione - *Sample*	C2
Profondità - *Depth*	4.60 - 5.20 m
Data ricevimento - *Receiving date*	12/11/2018
Data inizio prove - *Test starting date*	13/11/2018
Data fine prove - *Test ending date*	30/11/2018
Data certificazione - *Report date*	30/11/2018
Data apertura campione - *Sample opening date*	13/11/2018
Classe del campione - *Sample quality*	Q5

Provino - *Specimen*	n°	1	2
Area provino - *Specimen area*	cm^2	11.40	11.40
Altezza provino - *Specimen height*	mm	76.00	76.00
Velocità di taglio - *Shear rate*	mm/min	0.650	0.650
Pressione in cella - *Cell pressure*	kPa	200.00	400.00

Note - *Remarks*

Pocket Penetrometer 3.8 - 4.0 - 4 kg/cm^2 Tor Vane 1.5 - 1.8 kg/cm^2



Provino 1 - *Specimen 1* / **Provino 2 - *Specimen 2***

Note - *Remarks*

Direttore *Manager* Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.
AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI SETTORE TERRE

TRIASSIALE NON CONSOLIDATO NON DRENATO

UNCONSOLIDATE UNDRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-8

Technical specification

Certificato - *Test report* 1752 - 18.370 - 012

Verbale - *Acceptance report* 1752

Provino 1 - Specimen 1

Pressione in cella (kPa) Cell pressure: 200

T	εh	σ1-σ3
43	0.392	138.926
73	0.823	205.314
103	1.247	261.610
133	1.650	301.090
163	2.049	331.660
193	2.432	355.183
223	2.811	374.263
253	3.219	390.519
283	3.644	404.018
313	4.071	414.851
343	4.537	424.560
373	4.983	430.911
403	5.386	436.553
433	5.787	442.964
463	6.203	449.236
493	6.627	454.578
523	7.046	459.878
553	7.479	465.040
583	7.937	470.006
613	8.400	471.658
643	8.839	478.198
673	9.260	480.764
703	9.660	481.813
733	10.075	483.545
763	10.480	486.076
793	10.913	488.413
823	11.353	490.669
853	11.769	491.462
883	12.199	493.685
913	12.623	494.368
943	13.058	494.961
973	13.463	494.929
1003	13.877	495.587
1033	14.302	495.396
1063	14.738	495.121
1093	15.159	494.163
1123	15.581	493.923
1153	16.031	492.763
1183	16.469	491.663
1213	16.894	489.890
1243	17.302	488.935
1273	17.740	487.065
1303	18.155	485.327
1333	18.577	483.536
1363	18.996	482.471
1393	19.445	481.211
1423	19.882	479.303
1453	20.297	478.920
1483	20.718	477.779
1513	21.129	475.996
1543	21.537	474.909
1573	21.945	472.439
1603	22.365	471.940

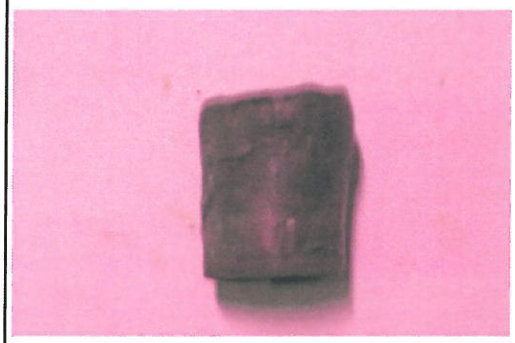


Foto provino 1 - *Specimen 1 pic*

Foto provino 2 - *Specimen 2 pic*

Provino 2 - Specimen 2

Pressione in cella (kPa) Cell pressure: 400

T	εh	σ1-σ3
43	0.276	94.476
73	0.676	131.561
103	1.113	231.604
133	1.547	318.676
163	1.986	393.777
193	2.406	449.448
223	2.849	490.868
253	3.273	520.968
283	3.698	537.263
313	4.135	547.439
343	4.552	554.265
373	4.974	553.486
403	5.395	553.522
433	5.840	552.571
463	6.260	549.284
493	6.706	545.033
523	7.140	538.423
553	7.573	531.858
583	7.995	525.398
613	8.417	518.165
643	8.848	510.932
673	9.274	509.337
703	9.689	505.425
733	10.119	499.862
763	10.541	494.380
793	10.978	486.499
823	11.391	479.576
853	11.815	471.867
883	12.235	464.231
913	12.672	456.557
943	13.097	448.236
973	13.180	442.478
1003	13.508	436.254
1033	13.836	433.088
1038	14.164	424.662

Legenda - *Key*

T = Tempi (s) - *Time*

εh = Deformazione verticale (%) - *Vertical strain*

σ1-σ3 = Sforzo deviatorico - *Deviatoric stress*

Direttore *Manager*

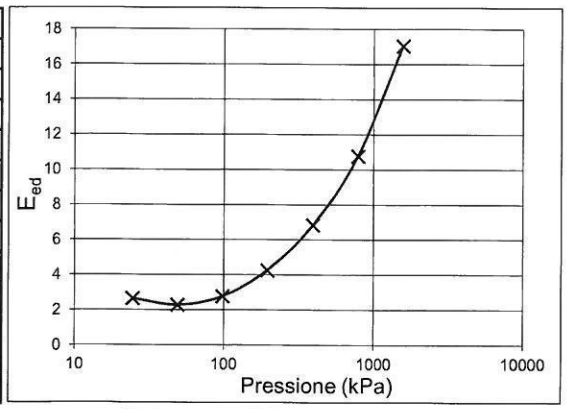
Sperimentatore *Technician*

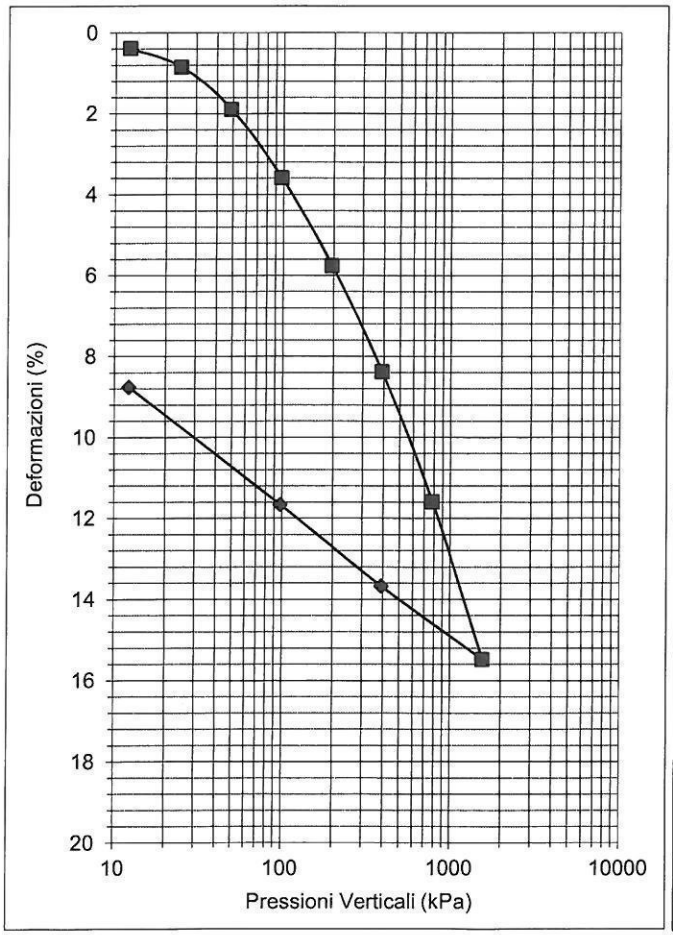
Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

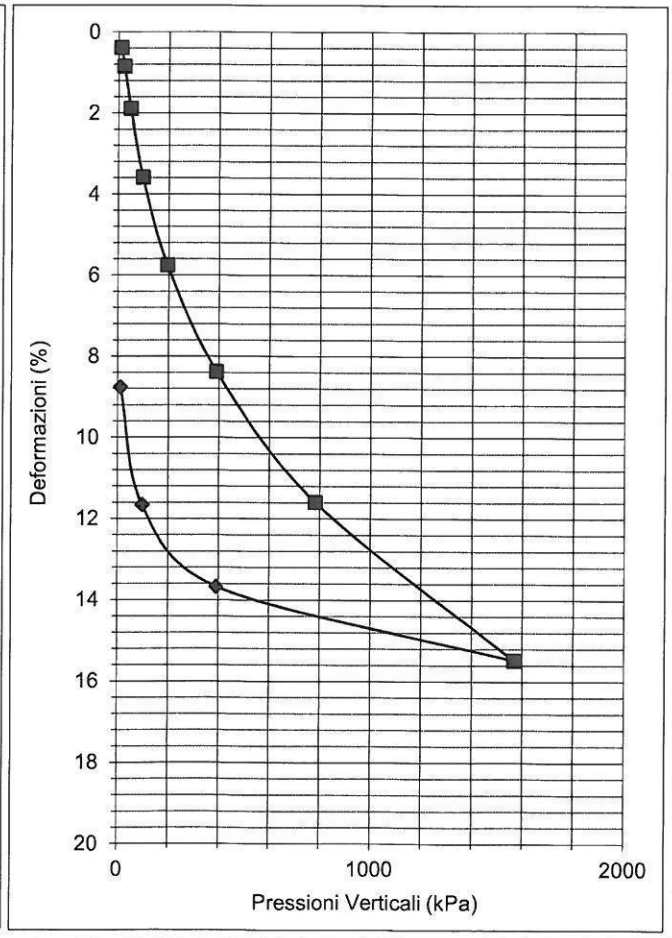
Committente:	SCAGLIONI GEOL. ANDREA	**Sondaggio:**	S1
Località:	OZZANO DELL'EMILIA (BO)	**Campione:**	C2
Cantiere:	SCUOLA MEDIA PANZACCHI	**Profondità:**	4.60 - 5.20 m

ELABORAZIONE PROVA EDOMETRICA

Pressione	dv	dv	e	E_{ed}	mv	Cc
kPa	mm	%	0.66	MPa	kPa^{-1}	-
12.2	0.08	0.39	0.656	-		0.0253
24.5	0.17	0.85	0.648	2.65	3.7E-04	0.0577
49	0.38	1.89	0.631	2.30	4.3E-04	0.0939
98	0.72	3.59	0.603	2.78	3.5E-04	0.1196
196	1.15	5.76	0.567	4.27	2.2E-04	0.145
392	1.68	8.38	0.523	6.84	1.3E-04	0.1775
784	2.32	11.60	0.470	10.78	8.2E-05	0.2145
1568	3.10	15.48	0.405	17.06	5.0E-05	
392	2.73	13.67	-			
98	2.33	11.66	-			
12.2	1.75	8.76	-			







Legenda: Dv = deformazione verticale; dh = deformazione percentuale; e = indice dei vuoti; E_{ed} = modulo edometrico; mv = indice di compressibilità; Cc = coefficiente di compressibilità.

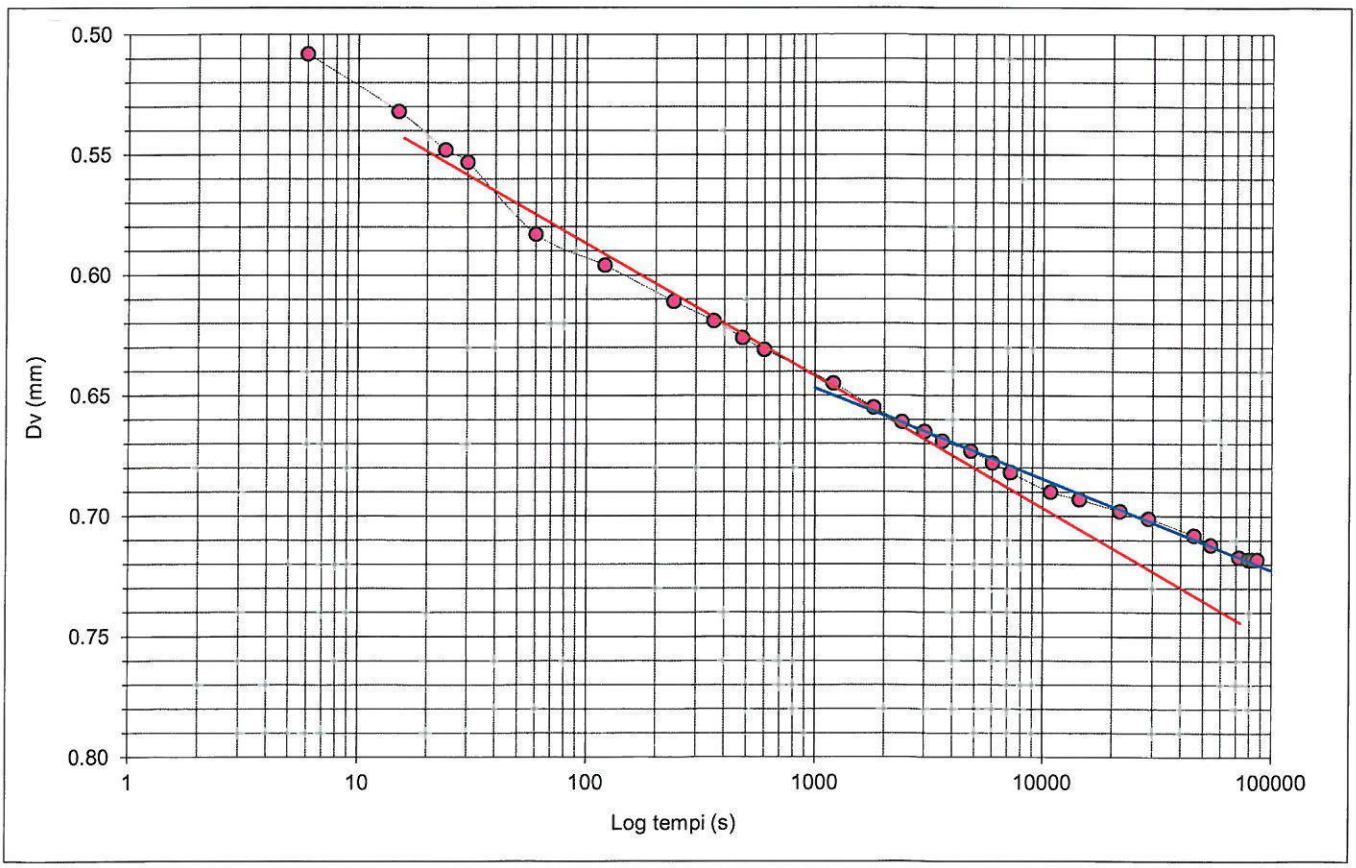
Committente:	**SCAGLIONI GEOL. ANDREA**	**Sondaggio:**	**S1**
Località:	**OZZANO DELL'EMILIA (BO)**	**Campione:**	**C2**
Cantiere:	**SCUOLA MEDIA PANZACCHI**	**Profondità:**	**4.60 - 5.20 m**

COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE

Tempi	Dv
s	mm
6	0.508
15	0.532
24	0.548
30	0.553
60	0.583
120	0.596
240	0.611
360	0.619
480	0.626
600	0.631
1200	0.645
1800	0.655
2400	0.661
3000	0.665
3600	0.669

Tempi	Dv
s	mm
4800	0.673
6000	0.678
7200	0.682
10800	0.690
14400	0.693
21600	0.698
28800	0.701
45600	0.708
54000	0.712
72000	0.717
79200	0.718
82800	0.718
86400	0.718

Parametri calcolati		
D_{50}	0.577	mm
T_{50}	12336	s
CV	1.506E-05	cm^2/s
E_{ed}	2.30	MPa
K	6.549E-10	cm/s
$C\alpha$	7.636E-07	cm^2/s



TAGLIO DIRETTO

Committente:	SCAGLIONI GEOL. ANDREA	Sondaggio:	S1
Località:	OZZANO DELL'EMILIA (BO)	Campione:	C2
Cantiere:	SCUOLA MEDIA PANZACCHI	Profondità:	4.60 - 5.20 m

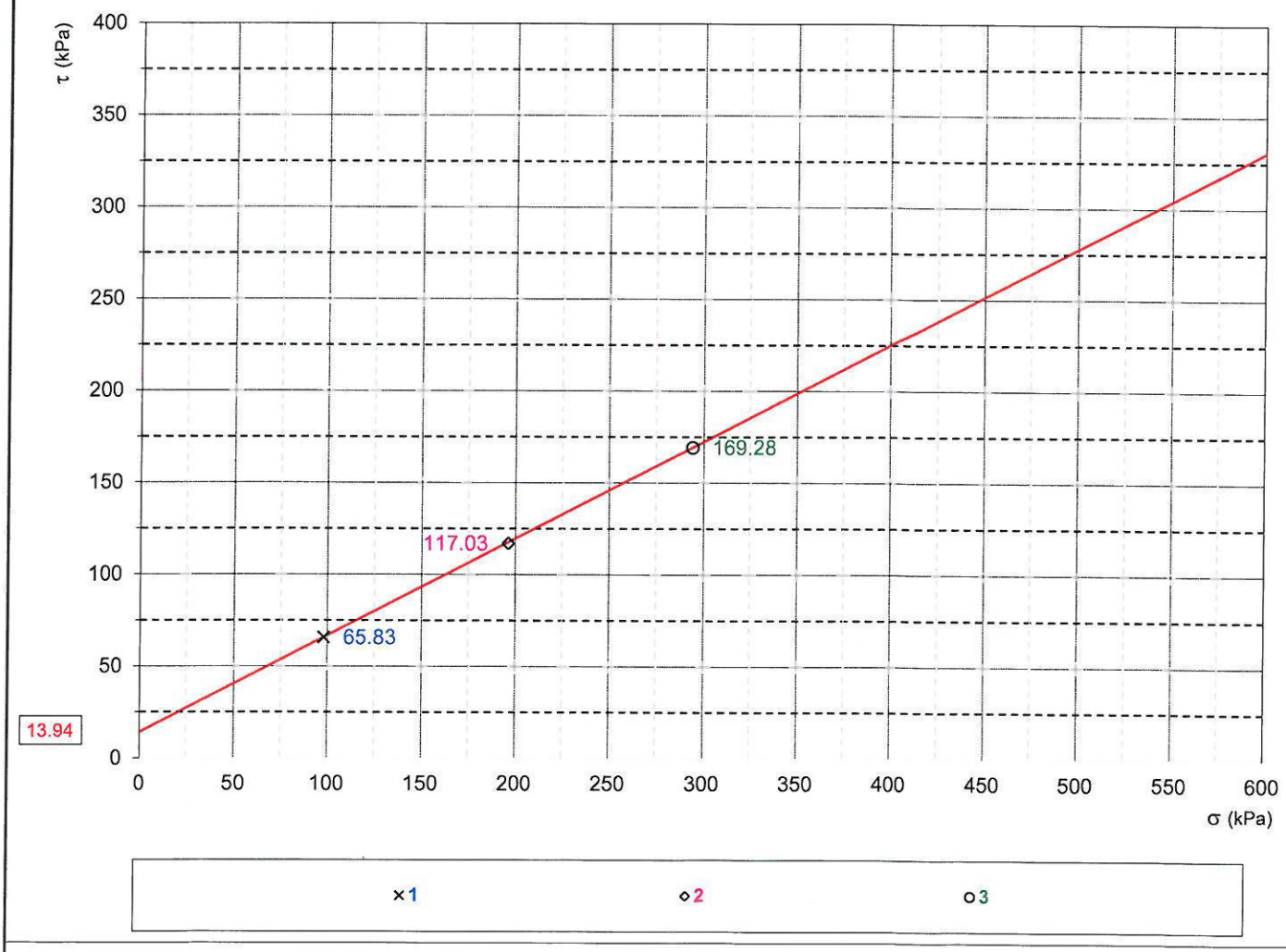
REGRESSIONE LINEARE DEI TRE VALORI DI SFORZO MASSIMO

Lato provino	60.00	mm
Altezza iniziale	20.00	mm

Limo argilloso e limo sabbioso mediamer

Valori dei provini a rottura				
Provino	n°	1	2	3
Sforzo a rottura	kPa	65.83	117.03	169.28
Intercetta C'	KPa	13.94		
ϕ'	° sess	27.81		

Velocità di prova
0.006
mm/min



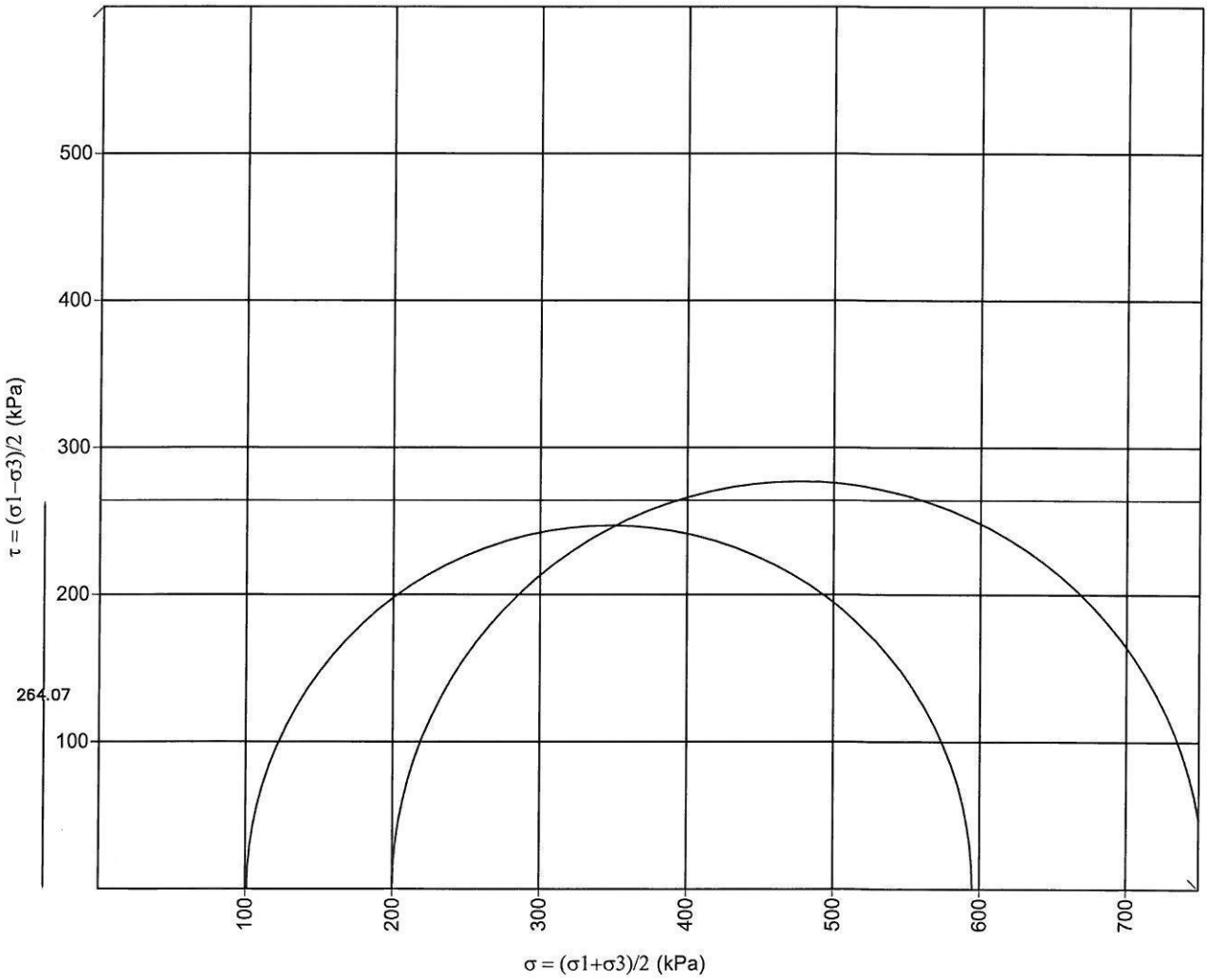
La coesione efficace e l'angolo di resistenza al taglio si riferiscono alla elaborazione della prova di taglio diretto eseguita mediante una semplice regressione lineare sui tre punti di sforzo massimo e per il campo tensionale nel quale i vari provini sono stati sottoposti a taglio.

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

Committente:	SCAGLIONI GEOL. ANDREA	Sondaggio:	S1
Località:	OZZANO DELL' EMILIA (BO)	Campione:	C2
Cantiere:	SCUOLA MEDIA PANZACCHI	Profondità:	4.60 - 5.20 m

Determinazione parametri geotecnici
Prova triassiale non consolidata non drenata (UU)



Cu = 264.07 kPa

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

ANALISI GRANULOMETRICA

PARTICLE SIZE ANALYSIS

Normativa di rif: UNI CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI A. V n° 23

Technical specification

Certificato - *Test report*	1752 - 18.370 - 013
Verbale - *Acceptance report*	1752
Committente - *Commissioner*	SCAGLIONI GEOL. ANDREA
Località - *Locality*	OZZANO DELL'EMILIA (BO)
Cantiere - *Site*	SCUOLA MEDIA PANZACCHI
Sondaggio - *Borehole*	**S2**
Campione - *Sample*	**C1**
Profondità - *Depth*	**3.20 - 3.80 m**
Data ricevimento - *Receiving date*	12/11/2018
Data inizio prove - *Test starting date*	13/11/2018
Data fine prove - *Test ending date*	30/11/2018
Data certificazione - *Report date*	30/11/2018
Data apertura campione - *Sample opening date*	13/11/2018

SETACCIATURA - *SIEVES TEST*

Massa campione (g) - *Specimen weight* 231.98

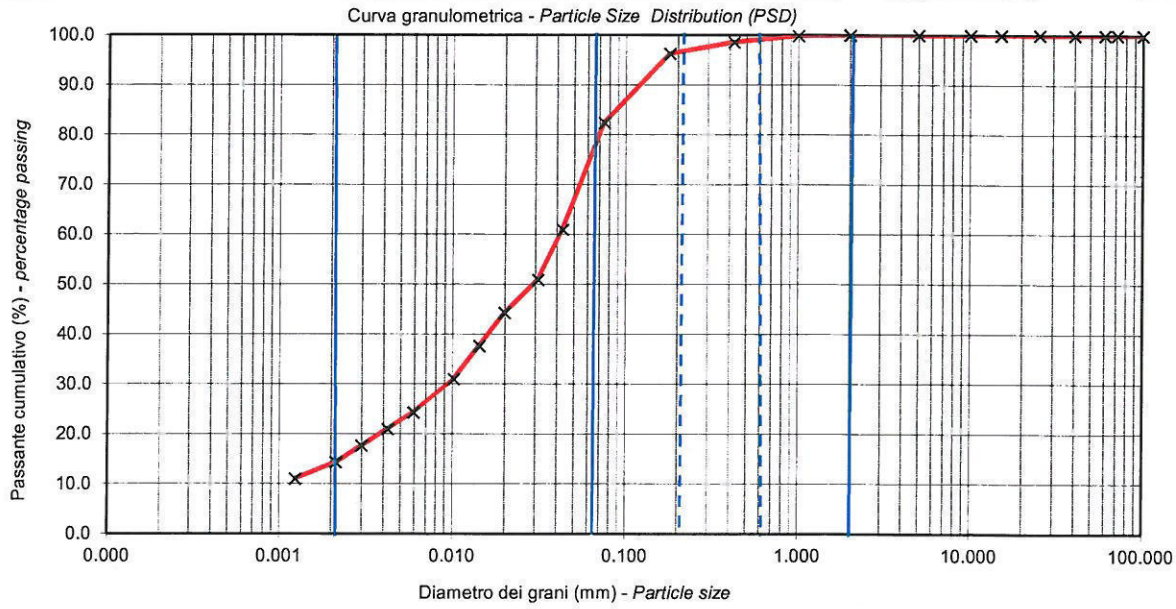
Setaccio (mm) *Sieve diameter*	Peso (g) *Mass retained*	Passante (%) *Percentage passing*
100	0.00	100.00
71	0.00	100.00
60	0.00	100.00
40	0.00	100.00
25	0.00	100.00
15	0.00	100.00
10	0.00	100.00
5	0.00	100.00
2	0.00	100.00
1	0.32	99.86
0.425	2.99	98.57
0.18	5.33	96.28
0.075	32.24	82.38

SEDIMENTAZIONE - *HYDROMETER TEST*

Massa campione (g) - *Specimen weight* 40.24

Diametro (mm) *Particle size*	Letture *Data*	Passante (%) *Percentage passing*
0.043	22.0	60.92
0.031	19.0	50.94
0.020	17.0	44.28
0.014	15.0	37.62
0.010	13.0	30.96
0.006	11.0	24.30
0.004	10.0	20.97
0.0030	9.0	17.64
0.0021	8.0	14.32
0.0012	7.0	10.99

Granulometria A.G.I. *PSD*	**Ghiaia (%)** *Gravel*	**0.00**	**Sabbia (%)** *Sand*	**27.76**	**Limo (%)** *Silt*	**58.44**	**Argilla (%)** *Clay*	**13.80**



D_{10} (mm) 0.001 D_{60} (mm) 0.043

Agente disperdente - *dispersing agent*: Sodium hexametaphosphate temperatura di prova (°)- *temperature* 21

Note - *Remarks*

Direttore *Manager* Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI: SETTORE TERRE.

LIMITI DI ATTERBERG

ATTERBERG LIMITS

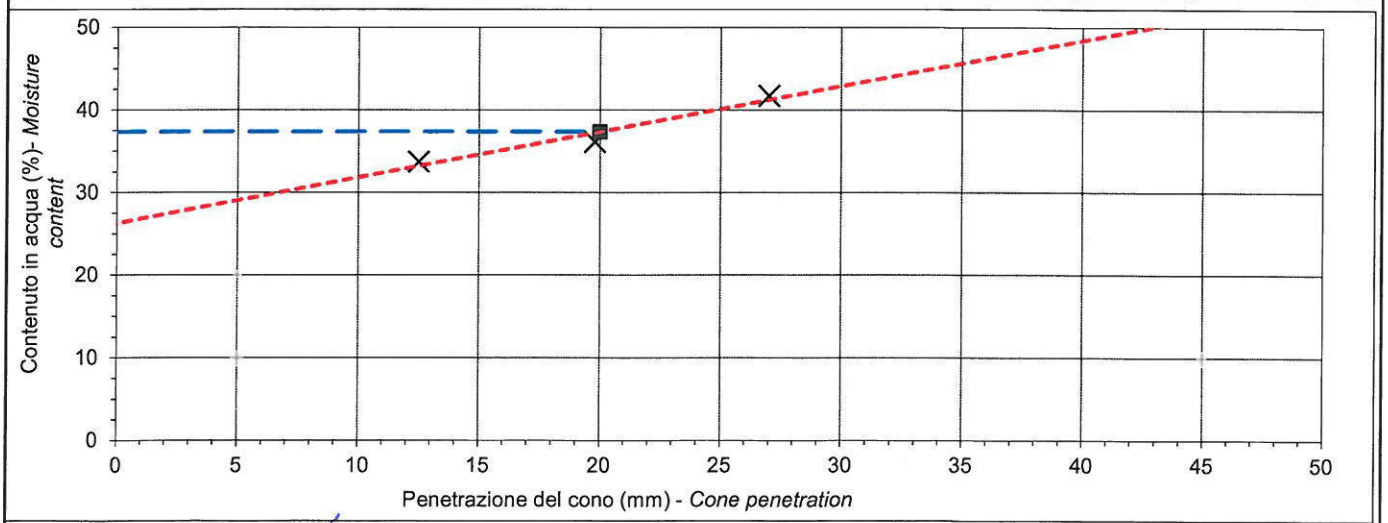
Normativa di riferimento: UNI EN ISO/TS 17892-12

Technical specification

Certificato - *Test report*	1752 - 18.370 - 014
Verbale - *Acceptance report*	1752
Committente - *Commissioner*	SCAGLIONI GEOL. ANDREA
Località - *Locality*	OZZANO DELL'EMILIA (BO)
Cantiere - *Site*	SCUOLA MEDIA PANZACCHI
Sondaggio - *Borehole*	**S2**
Campione - *Sample*	**C1**
Profondità - *Depth*	**3.20 - 3.80 m**
Data ricevimento - *Receiving date*	12/11/2018
Data inizio prove - *Test starting date*	13/11/2018
Data fine prove - *Test ending date*	30/11/2018
Data certificazione - *Report date*	30/11/2018
Data apertura campione - *Sample opening date*	13/11/2018
Classe campione - *Sample quality*	Q5

	Provino 1 - *Specimen 1*	Provino 2 - *Specimen 2*	Provino 3 - *Specimen 3*
Penetrazione del cono (mm) - *Cone penetration*	27.00	19.80	12.50
Massa tara (g) - *Tara weight*	13.70	62.21	13.39
Massa campione umido + tara (g) *Moist specimen + tara*	35.94	79.84	32.07
Massa campione secco + tara (g) *Dried specimen + tara*	29.39	75.16	27.36
Contenuto in acqua (%) - *Moisture content*	41.75	36.14	33.72
Limite liquido (%) - *Liquid limit*		**37.3**	

Massa tara (g) - *Tara weight*	70.95	13.89	
Moist specimen + tara	77.17	23.78	
Massa campione secco + tara (g) *Dried specimen + tara*	76.10	22.08	
Limite plastico (%) - *Plastic limit*	20.78	20.80	differenza percentuale 0.11
Limite plastico (%) - *Plastic limit*	**20.8**		



Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

PROVA EDOMETRICA I.L.

INCREMENTAL LOADING OEDOMETER TEST

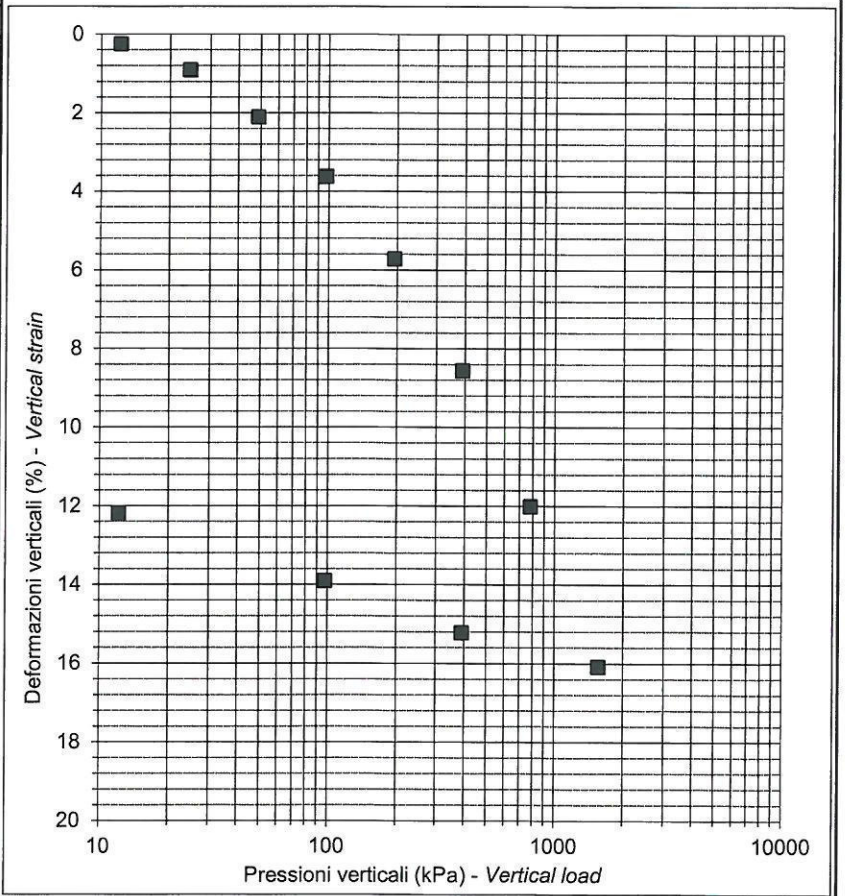
Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-5

Technical specification

Certificato - *Test report*	1752 - 18.370 - 015
Verbale - *Acceptance report*	1752
Committente - *Commissioner*	SCAGLIONI GEOL. ANDREA
Località - *Locality*	OZZANO DELL'EMILIA (BO)
Cantiere - *Site*	SCUOLA MEDIA PANZACCHI
Sondaggio - *Borehole*	**S2**
Campione - *Sample*	**C1**
Profondità - *Depth*	**3.20 - 3.80 m**
Data ricevimento - *Receiving date*	12/11/2018
Data inizio prove - *Test starting date*	13/11/2018
Data fine prove - *Test ending date*	30/11/2018
Data certificazione - *Report date*	30/11/2018
Data apertura campione - *Sample opening date*	13/11/2018
Classe campione - *Sample quality*	Q5
Area (cm^2) - *Cross-sectional area of specimen*	20.00
Altezza provino (cm) - *Specimen height*	20.00

σ_v (kPa)	ε_v (mm)	ε_v (%)	e
Carichi *Vert. load*	Deformazione verticale *Vertical strain*		Indice vuoti *Void ratio*
12.2	0.050	0.25	0.655
24.5	0.182	0.91	0.644
49.0	0.422	2.11	0.624
98.0	0.725	3.63	0.599
196.0	1.143	5.72	0.564
392.0	1.712	8.56	0.517
784.0	2.402	12.01	0.460
1568.0	3.217	16.09	0.392
392.0	3.045	15.23	-
98.0	2.781	13.91	-
12.2	2.438	12.19	-

Pocket Penetrometer	-	kg/cm^2
Tor Vane	-	kg/cm^2
Umidità naturale iniziale *Initial water content*	22.64	%
Densità naturale *Bulk density*	1.96	t/m^3
Densità secca *Dry density*	1.60	t/m^3
Peso specifico dei grani *Specific gravity*	2.65	t/m^3
Umidità finale *Final water content*	24.59	%
Indice dei vuoti iniziale *Original void ratio*	0.66	



Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE

COEFFICIENT OF CONSOLIDATION

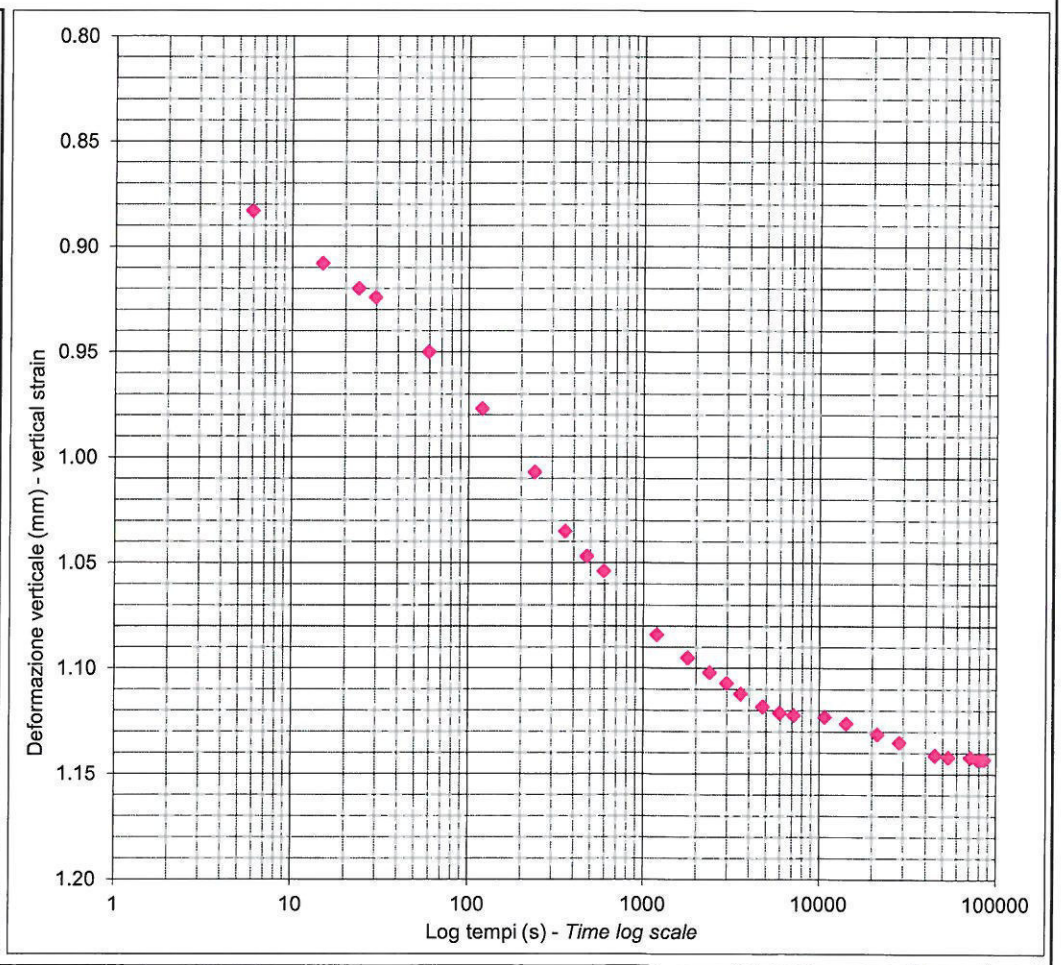
Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892/5

Technical specification

Certificato - *Test report*	1752 - 18.370 - 016
Verbale - *Acceptance report*	1752
Committente - *Commissioner*	SCAGLIONI GEOL. ANDREA
Località - *Locality*	OZZANO DELL'EMILIA (BO)
Cantiere - *Site*	SCUOLA MEDIA PANZACCHI
Sondaggio - *Borehole*	**S2**
Campione - *Sample*	**C1**
Profondità - *Depth*	**3.20 - 3.80 m**
Data ricevimento - *Receiving date*	12/11/2018
Data inizio prove - *Test starting date*	13/11/2018
Data fine prove - *Test ending date*	30/11/2018
Data certificazione - *Report date*	30/11/2018
Data apertura campione - *Sample opening date*	13/11/2018
Classe campione - *Sample quality*	Q5

Area (cm^2) - *Cross-sectional area of specimen*	20	Intervallo di carico (kPa) *Load range*	196.0	398.0
Altezza provino (cm) - *Specimen height*	20			

Tempi (s) *Time*	Def. (mm) *Vertical strain*
6	0.883
15	0.908
24	0.920
30	0.924
60	0.950
120	0.977
240	1.007
360	1.035
480	1.047
600	1.054
1200	1.084
1800	1.095
2400	1.102
3000	1.107
3600	1.112
4800	1.118
6000	1.121
7200	1.122
10800	1.123
14400	1.126
21600	1.131
28800	1.135
45600	1.141
54000	1.142
72000	1.142
79200	1.143
82800	1.143
86400	1.143



Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

TAGLIO DIRETTO

DIRECT SHEAR TEST

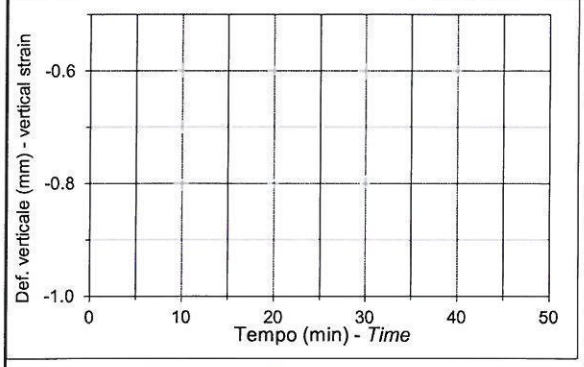
Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10

Technical specification

Certificato - *Test report*	1752 - 18.370 - 017
Verbale - *Acceptance report*	1752
Committente - *Commissioner*	SCAGLIONI GEOL. ANDREA
Località - *Locality*	OZZANO DELL'EMILIA (BO)
Cantiere - *Site*	SCUOLA MEDIA PANZACCHI
Sondaggio - *Borehole*	**S2**
Campione - *Sample*	**C1**
Profondità - *Depth*	**3.20 - 3.80 m**
Data ricevimento - *Receiving date*	12/11/2018
Data inizio prove - *Test starting date*	13/11/2018
Data fine prove - *Test ending date*	30/11/2018
Data certificazione - *Report date*	30/11/2018
Data apertura campione - *Sample opening date*	13/11/2018
Classe del campione - *Sample quality*	Q5

Umidità iniziale - *Initial water content*	%	22.64		
Densità naturale iniziale - *Initial wet density*	kg/m^3	1957.81		
Densità secca iniziale - *Initial dry density*	kg/m^3	1596.35		
Provino - *Specimen id*	n°	1	2	3
Lato - *Specimen side*	mm	60.0	60.0	60.0
Altezza iniziale - *Initial specimen height*	mm	20.0	20.0	20.0
Velocità di taglio utilizzata - *Strain rate*	mm/min	0.006	0.006	0.006
Press. di consolidazione *Consolidation pressure*	kPa	98.1	196.1	294.2
Umidità finale - *Final water content*	%	24.66	23.03	20.19

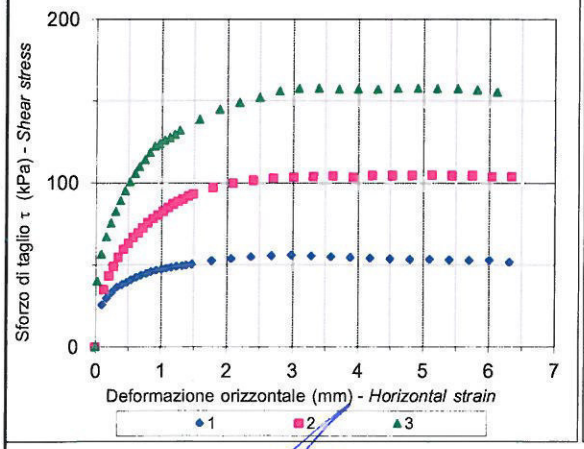
Fase di consolidazione - *Consolidation test*

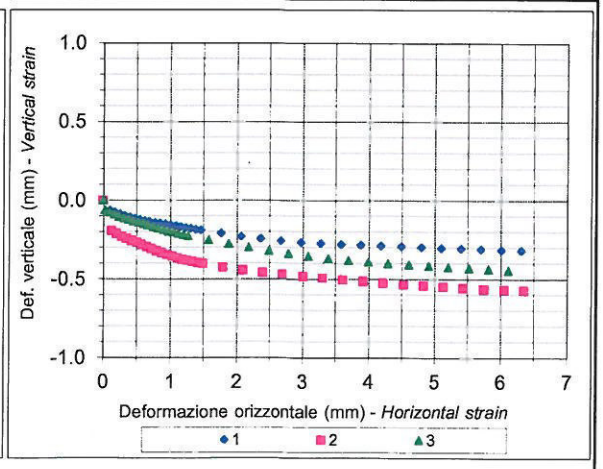


Note - *Remarks*

Limo sabbioso debolmente argilloso di colore marrone scuro.

Pocket Penetrometer	3.0 - 3.1 - 3.(kg/cm^2
Tor Vane	1.1 - 1.2 kg/cm^2





Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Grado di incertezza delle misure degli strumenti di forza: ± 0,13%

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

TAGLIO DIRETTO

DIRECT SHEAR TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10

Technical specification

Certificato - *Test report* 1752 - 18.370 - 017

Verbale - *Acceptance report* 1752

Consolidation test (0-100 kPa)	
time (s)	def. ↓ (mm)
1	-
6	-
12	-
24	-
30	-
60	-
90	-
120	-
180	-
240	-
300	-
360	-
420	-
480	-
540	-
600	-
900	-
1200	-
1500	-
1800	-
2100	-
2400	-
2700	-
3000	-
3300	-
3600	-
4200	-
4800	-
5400	-
6000	-
7200	-
8400	-
9600	-
10800	-
12000	-
13200	-
14400	-
16800	-
19200	-
21600	-
28800	-
36000	-
45600	-
54000	-
72000	-
79200	-
82800	-
86400	-

Provino 1 - Specimen 1		
def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)
0.10	0.06	25.65
0.17	0.08	29.85
0.25	0.09	33.38
0.32	0.10	36.48
0.40	0.11	38.03
0.47	0.12	39.35
0.54	0.12	40.90
0.62	0.13	42.45
0.69	0.14	43.55
0.77	0.14	44.88
0.84	0.15	45.76
0.93	0.15	46.65
1.01	0.16	47.31
1.08	0.16	47.97
1.15	0.17	48.64
1.23	0.17	49.08
1.31	0.18	49.52
1.38	0.19	49.96
1.46	0.19	50.41
1.77	0.21	52.40
2.07	0.23	53.72
2.37	0.25	54.83
2.68	0.26	55.71
2.98	0.27	55.93
3.28	0.27	55.49
3.58	0.28	54.83
3.88	0.28	54.61
4.19	0.29	54.17
4.49	0.29	53.72
4.80	0.30	53.50
5.10	0.30	53.50
5.40	0.31	53.06
5.70	0.31	52.84
6.01	0.32	52.84
6.31	0.32	51.73

Provino 2 - Specimen 2		
def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)
0.13	0.19	35.05
0.20	0.21	43.41
0.28	0.23	49.20
0.35	0.24	54.67
0.43	0.26	59.49
0.51	0.27	63.03
0.58	0.28	66.89
0.65	0.30	69.46
0.73	0.31	72.68
0.80	0.32	75.57
0.88	0.33	78.14
0.96	0.35	80.39
1.04	0.36	82.64
1.11	0.37	84.90
1.18	0.37	87.15
1.26	0.38	88.75
1.33	0.39	90.04
1.41	0.40	91.97
1.49	0.40	93.26
1.79	0.43	97.12
2.09	0.44	99.69
2.40	0.46	101.62
2.71	0.47	102.90
3.01	0.48	103.55
3.31	0.49	103.87
3.62	0.50	104.19
3.92	0.51	103.55
4.22	0.53	104.51
4.53	0.53	104.51
4.83	0.54	104.51
5.14	0.55	104.83
5.44	0.56	104.51
5.75	0.56	104.51
6.05	0.57	103.87
6.35	0.57	103.87

Provino 3 - Specimen 3		
def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)
0.02	0.06	40.20
0.08	0.08	56.60
0.16	0.09	67.21
0.23	0.10	75.57
0.30	0.11	82.64
0.37	0.12	89.08
0.44	0.13	95.19
0.52	0.14	100.65
0.60	0.15	105.80
0.66	0.16	109.98
0.74	0.17	114.16
0.82	0.18	118.34
0.89	0.19	122.20
0.97	0.20	123.81
1.04	0.20	126.06
1.12	0.21	127.67
1.19	0.22	129.59
1.27	0.23	132.17
1.57	0.25	138.92
1.88	0.28	144.71
2.18	0.30	148.89
2.49	0.32	152.10
2.79	0.34	155.96
3.08	0.36	157.57
3.39	0.37	157.89
3.70	0.38	157.25
3.99	0.39	157.25
4.29	0.40	157.25
4.60	0.41	157.89
4.91	0.42	157.89
5.21	0.42	157.57
5.52	0.43	157.57
5.82	0.44	156.93
6.12	0.44	155.32

Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

TRIASSIALE NON CONSOLIDATO NON DRENATO

UNCONSOLIDATE UNDRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-8

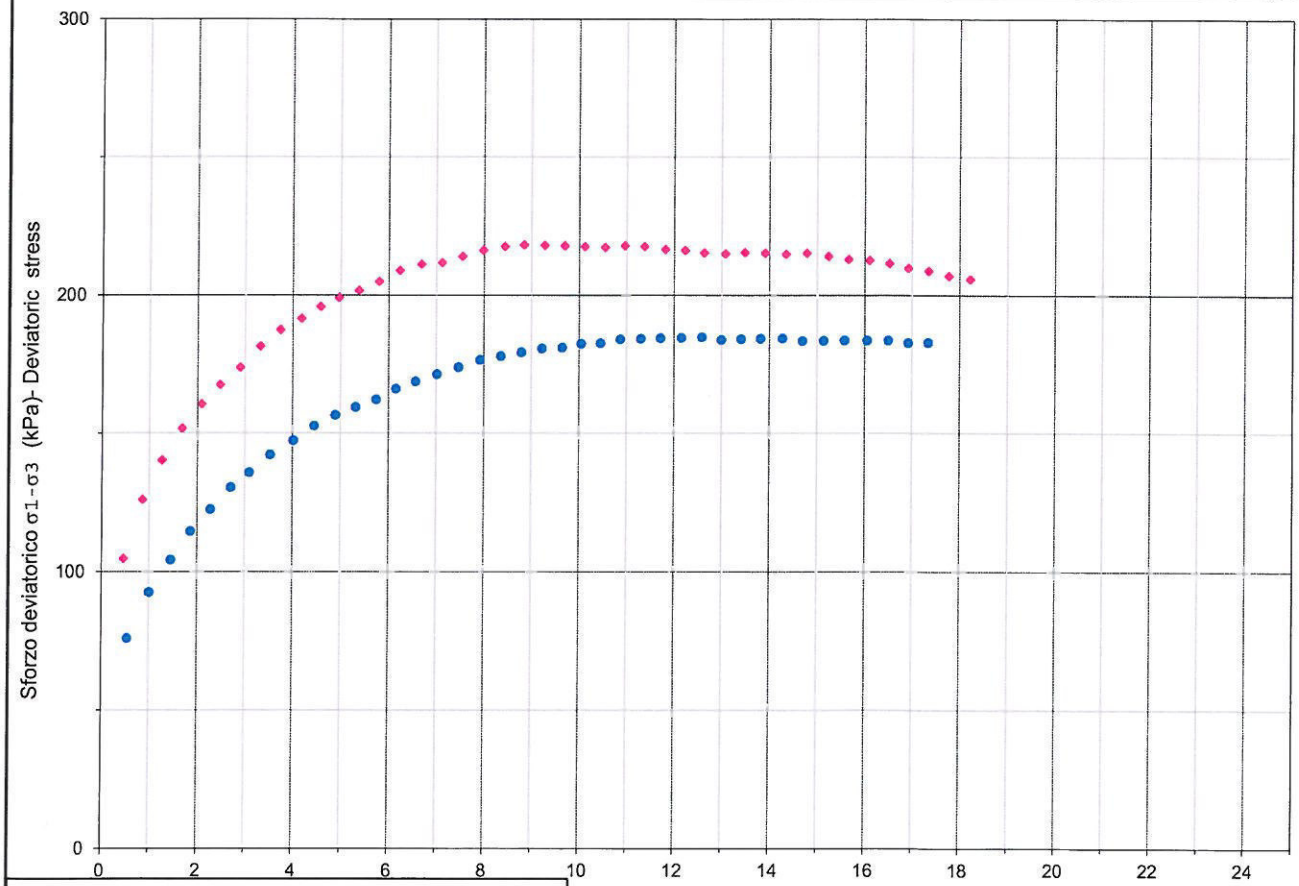
Technical specification

Certificato - *Test report*	1752 - 18.370 - 018
Verbale - *Acceptance report*	1752
Committente - *Commissioner*	SCAGLIONI GEOL. ANDREA
Località - *Locality*	OZZANO DELL'EMILIA (BO)
Cantiere - *Site*	SCUOLA MEDIA PANZACCHI
Sondaggio - *Borehole*	S2
Campione - *Sample*	C1
Profondità - *Depth*	3.20 - 3.80 m
Data ricevimento - *Receiving date*	12/11/2018
Data inizio prove - *Test starting date*	13/11/2018
Data fine prove - *Test ending date*	30/11/2018
Data certificazione - *Report date*	30/11/2018
Data apertura campione - *Sample opening date*	13/11/2018
Classe del campione - *Sample quality*	Q5

Provino - *Specimen*	n°	1	2
Area provino - *Specimen area*	cm^2	11.40	11.40
Altezza provino - *Specimen height*	mm	76.00	76.00
Velocità di taglio - *Shear rate*	mm/min	0.650	0.650
Pressione in cella - *Cell pressure*	kPa	200.00	400.00

Note - *Remarks*

Pocket Penetrometer 3.0 - 3.1 - 3 kg/cm^2 Tor Vane 1.1 - 1.2 kg/cm^2



Provino 1 - *Specimen 1* / Provino 2 - *Specimen 2*

Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.
AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI SETTORE TERRE

TRIASSIALE NON CONSOLIDATO NON DRENATO

UNCONSOLIDATE UNDRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-8

Technical specification

Certificato - *Test report* 1752 - 18.370 - 018

Verbale - *Acceptance report* 1752

Provino 1 - Specimen 1

Pressione in cella (kPa) Cell pressure: 200

T	εh	σ1-σ3
41	0.543	75.727
71	1.001	92.399
101	1.450	104.082
131	1.861	114.496
161	2.280	122.408
191	2.701	130.244
221	3.104	135.655
251	3.539	142.153
281	4.024	147.332
311	4.451	152.542
341	4.890	156.515
371	5.316	159.301
401	5.751	162.043
431	6.156	165.955
461	6.570	168.667
491	7.020	171.280
521	7.471	173.857
551	7.927	176.393
581	8.362	177.809
611	8.795	179.209
641	9.227	180.590
671	9.650	180.859
701	10.046	182.275
731	10.454	182.548
761	10.870	183.889
791	11.299	184.093
821	11.719	184.306
851	12.156	184.472
881	12.584	184.647
911	12.996	183.777
941	13.411	183.964
971	13.822	184.150
1001	14.276	184.232
1031	14.699	183.321
1061	15.139	183.419
1091	15.580	183.502
1121	16.047	183.518
1151	16.496	183.562
1181	16.916	182.639
1211	17.337	182.728

Foto provino 1 - *Specimen 1 pic*

Foto provino 2 - *Specimen 2 pic*

Provino 2 - Specimen 2

Pressione in cella (kPa) Cell pressure: 400

T	εh	σ1-σ3
41	0.476	104.762
71	0.869	126.088
101	1.270	140.300
131	1.686	151.782
161	2.100	160.591
191	2.486	167.656
221	2.906	173.748
251	3.341	181.447
281	3.757	187.420
311	4.193	191.614
341	4.593	195.835
371	4.974	199.222
401	5.390	201.669
431	5.808	204.908
461	6.247	208.889
491	6.696	211.163
521	7.126	211.818
551	7.556	214.080
581	7.997	216.287
611	8.445	217.644
641	8.854	218.270
671	9.283	218.038
701	9.702	217.824
731	10.123	217.596
761	10.547	217.355
791	10.967	217.896
821	11.381	217.662
851	11.820	216.582
881	12.239	216.324
911	12.640	215.334
941	13.083	215.006
971	13.499	215.494
1001	13.923	215.194
1031	14.361	214.849
1061	14.798	215.247
1091	15.245	214.117
1121	15.672	213.039
1151	16.109	212.671
1181	16.525	211.617
1211	16.933	209.853
1241	17.360	208.776
1271	17.781	206.990
1301	18.230	205.860

Legenda - *Key*

T = Tempi (s) - *Time*

εh = Deformazione verticale (%) - *Vertical strain*

σ1-σ3 = Sforzo deviatorico - *Deviatoric stress*

Direttore *Manager*

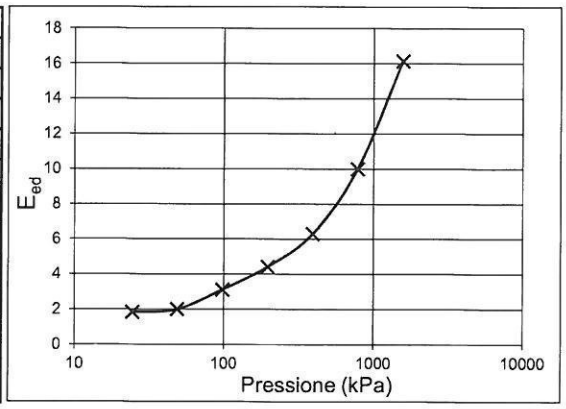
Sperimentatore *Technician*

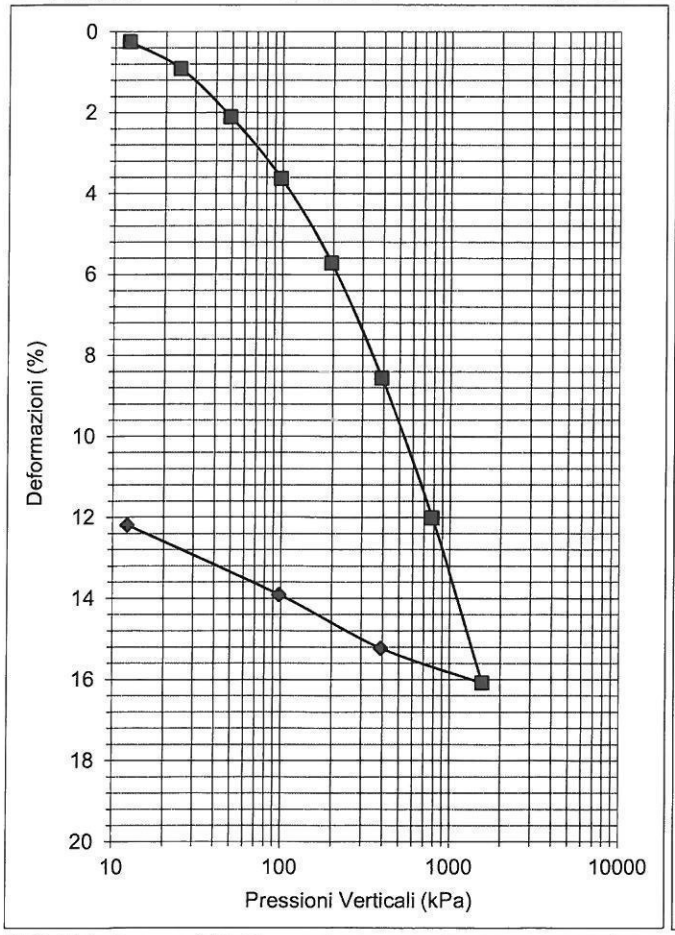
Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

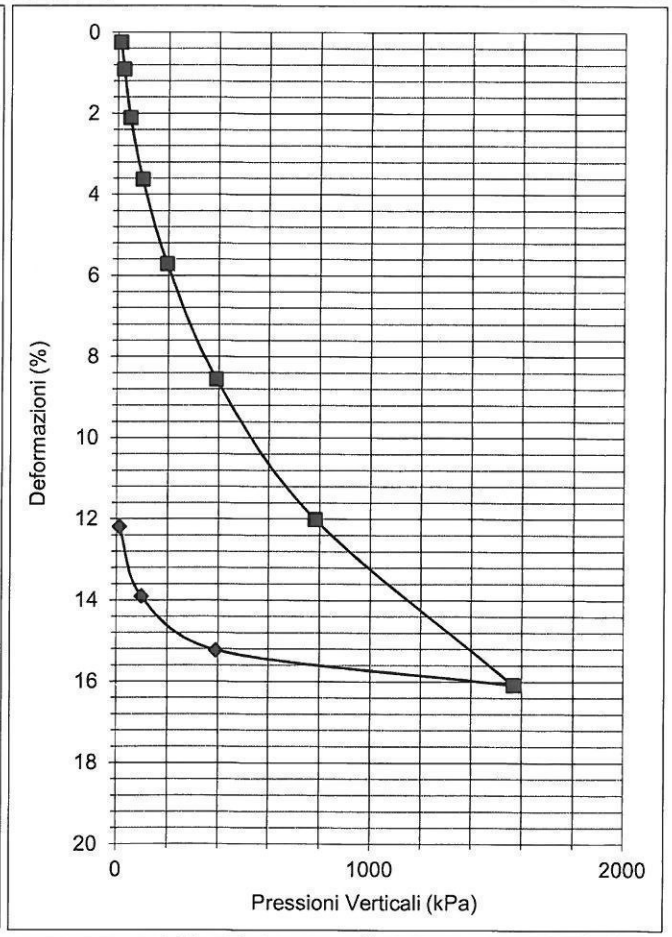
Committente:	SCAGLIONI GEOL. ANDREA	**Sondaggio:**	S2
Località:	OZZANO DELL'EMILIA (BO)	**Campione:**	C1
Cantiere:	SCUOLA MEDIA PANZACCHI	**Profondità:**	3.20 - 3.80 m

ELABORAZIONE PROVA EDOMETRICA

Pressione	dv	dv	e	E_{ed}	mv	Cc
kPa	mm	%	0.66	MPa	kPa^{-1}	-
12.2	0.05	0.25	0.655	-		0.0362
24.5	0.18	0.91	0.644	1.85	5.4E-04	0.0661
49	0.42	2.11	0.624	2.00	4.9E-04	0.0835
98	0.73	3.63	0.599	3.12	3.1E-04	0.1152
196	1.14	5.72	0.564	4.42	2.1E-04	0.1568
392	1.71	8.56	0.517	6.30	1.5E-04	0.1901
784	2.40	12.01	0.460	10.00	8.8E-05	0.2245
1568	3.22	16.09	0.392	16.14	5.2E-05	
392	3.05	15.23	-			
98	2.78	13.91	-			
12.2	2.44	12.19	-			







Legenda: Dv = deformazione verticale; dh = deformazione percentuale; e = indice dei vuoti; E_{ed} = modulo edometrico; mv = indice di compressibilità; Cc = coefficiente di compressibilità.

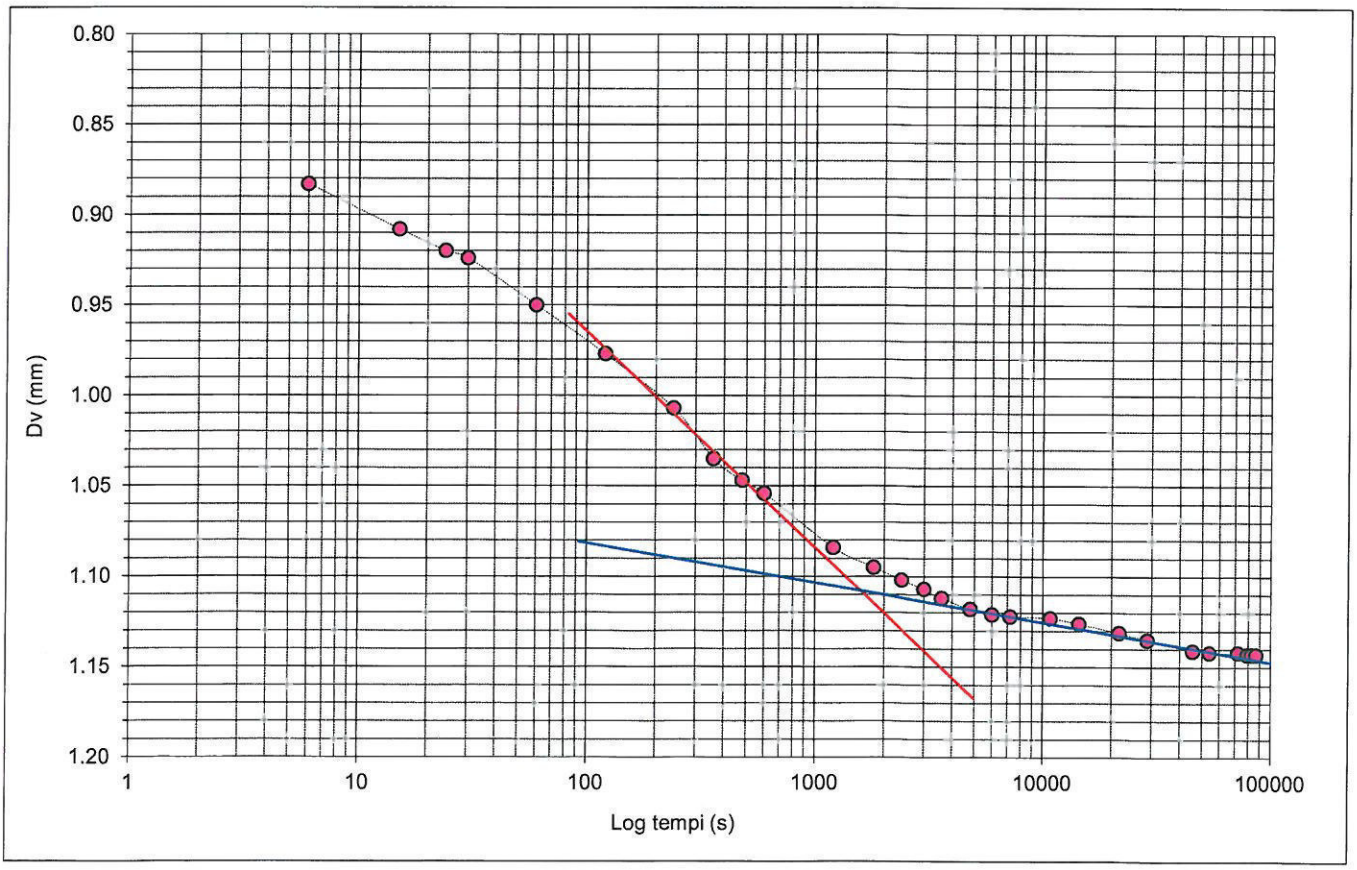
Committente:	**SCAGLIONI GEOL. ANDREA**	**Sondaggio:**	**S2**
Località:	**OZZANO DELL'EMILIA (BO)**	**Campione:**	**C1**
Cantiere:	**SCUOLA MEDIA PANZACCHI**	**Profondità:**	**3.20 - 3.80 m**

COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE

Tempi	Dv
s	mm
6	0.883
15	0.908
24	0.920
30	0.924
60	0.950
120	0.977
240	1.007
360	1.035
480	1.047
600	1.054
1200	1.084
1800	1.095
2400	1.102
3000	1.107
3600	1.112

Tempi	Dv
s	mm
4800	1.118
6000	1.121
7200	1.122
10800	1.123
14400	1.126
21600	1.131
28800	1.135
45600	1.141
54000	1.142
72000	1.142
79200	1.143
82800	1.143
86400	1.143

Parametri calcolati		
D_{50}	0.964	mm
T_{50}	302	s
CV	5.911E-04	cm^2/s
E_{ed}	4.42	MPa
K	1.337E-08	cm/s
$C\alpha$	6.656E-07	cm^2/s



TAGLIO DIRETTO

Committente:	SCAGLIONI GEOL. ANDREA	Sondaggio:	S2
Località:	OZZANO DELL'EMILIA (BO)	Campione:	C1
Cantiere:	SCUOLA MEDIA PANZACCHI	Profondità:	3.20 - 3.80 m

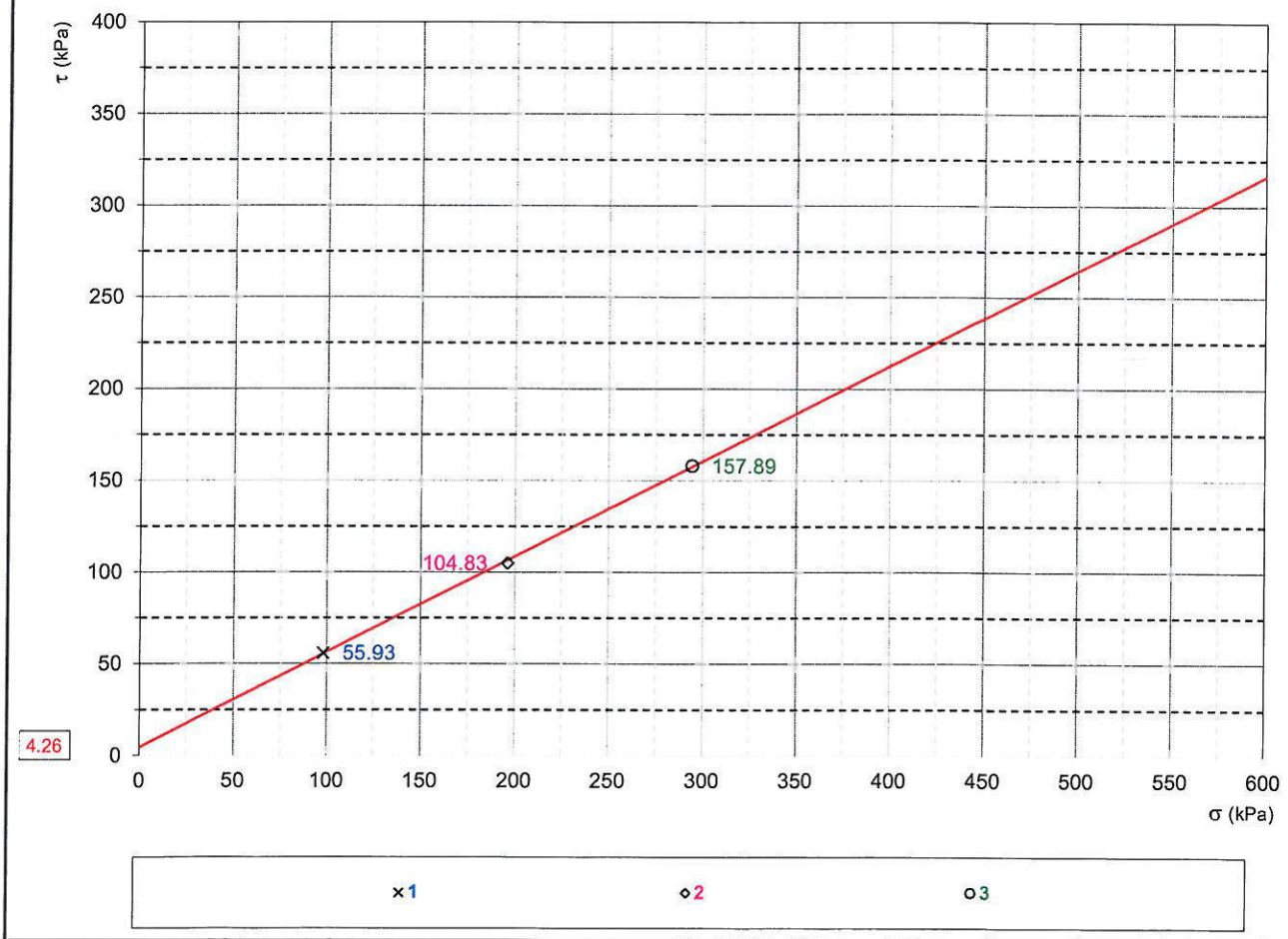
REGRESSIONE LINEARE DEI TRE VALORI DI SFORZO MASSIMO

Lato provino	60.00	mm
Altezza iniziale	20.00	mm

Limo sabbioso debolmente argilloso di c

Valori dei provini a rottura				
Provino	n°	1	2	3
Sforzo a rottura	kPa	55.93	104.83	157.89
Intercetta C'	KPa	4.26		
ϕ'	° sess	27.47		

Velocità di prova
0.006
mm/min



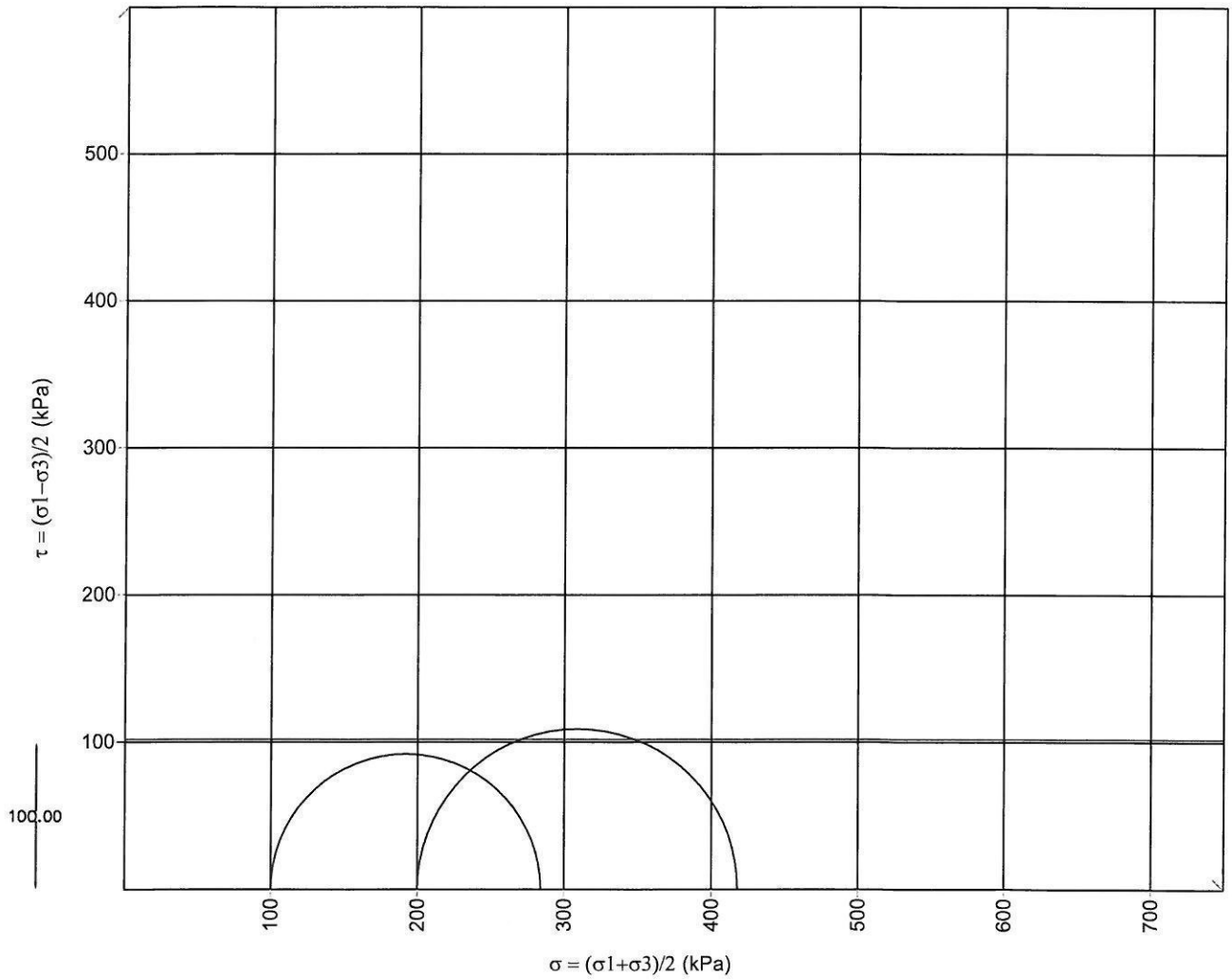
La coesione efficace e l'angolo di resistenza al taglio si riferiscono alla elaborazione della prova di taglio diretto eseguita mediante una semplice regressione lineare sui tre punti di sforzo massimo e per il campo tensionale nel quale i vari provini sono stati sottoposti a taglio.

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

Committente:	SCAGLIONI GEOL. ANDREA	Sondaggio:	S2
Località:	OZZANO DELL' EMILIA (BO)	Campione:	C1
Cantiere:	SCUOLA MEDIA PANZACCHI	Profondità:	3.20 - 3.80 m

Determinazione parametri geotecnici
Prova triassiale non consolidata non drenata (UU)



Cu = 100.7 kPa

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

ANALISI GRANULOMETRICA

PARTICLE SIZE ANALYSIS

Normativa di rif: UNI CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI A. V n° 23

Technical specification

Certificato - *Test report*	1752 - 18.370 - 019
Verbale - *Acceptance report*	1752
Committente - *Commissioner*	SCAGLIONI GEOL. ANDREA
Località - *Locality*	OZZANO DELL'EMILIA (BO)
Cantiere - *Site*	SCUOLA MEDIA PANZACCHI
Sondaggio - *Borehole*	**S2**
Campione - *Sample*	**C2**
Profondità - *Depth*	**6.00 - 6.60 m**
Data ricevimento - *Receiving date*	12/11/2018
Data inizio prove - *Test starting date*	13/11/2018
Data fine prove - *Test ending date*	30/11/2018
Data certificazione - *Report date*	30/11/2018
Data apertura campione - *Sample opening date*	13/11/2018

SETACCIATURA - *SIEVES TEST*

Massa campione (g) - *Specimen weight* 511.87

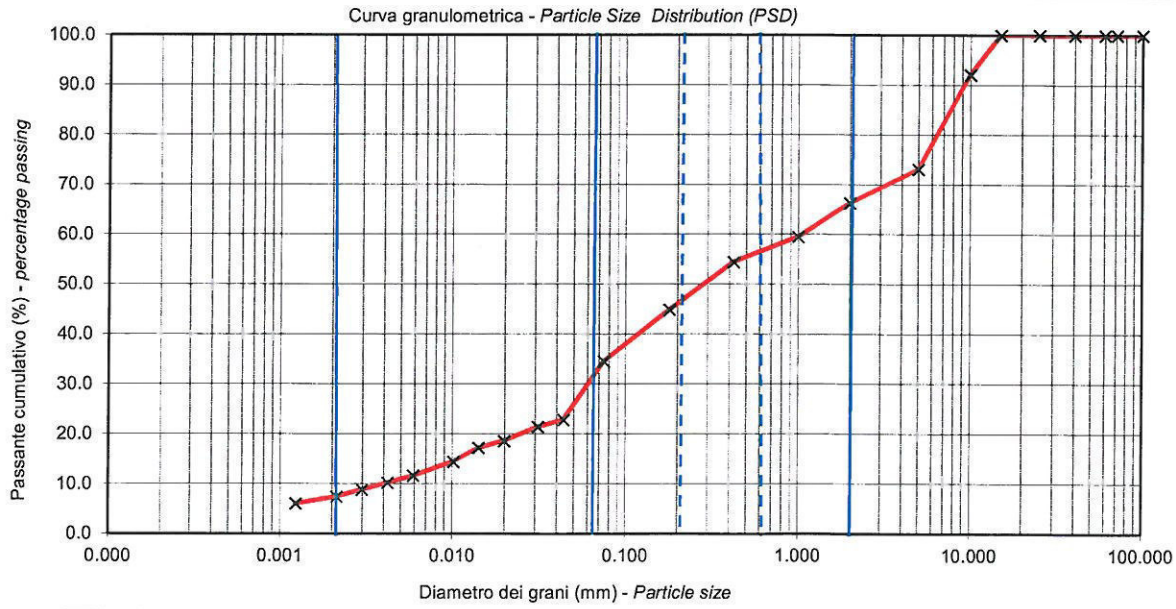
Setaccio (mm) *Sieve diameter*	Peso (g) *Mass retained*	Passante (%) *Percentage passing*
100	0.00	100.00
71	0.00	100.00
60	0.00	100.00
40	0.00	100.00
25	0.00	100.00
15	0.00	100.00
10	40.78	92.03
5	97.04	73.08
2	34.79	66.28
1	34.78	59.48
0.425	26.03	54.40
0.18	48.91	44.84
0.075	52.98	34.49

SEDIMENTAZIONE - *HYDROMETER TEST*

Massa campione (g) - *Specimen weight* 40.11

Diametro (mm) *Particle size*	Letture *Data*	Passante (%) *Percentage passing*
0.044	20.0	22.80
0.031	19.0	21.40
0.020	17.0	18.60
0.014	16.0	17.20
0.010	14.0	14.40
0.006	12.0	11.61
0.004	11.0	10.21
0.0030	10.0	8.81
0.0021	9.0	7.41
0.0012	8.0	6.01

Granulometria A.G.I. *PSD*	**Ghiaia (%)** *Gravel*	**33.72**	**Sabbia (%)** *Sand*	**37.41**	**Limo (%)** *Silt*	**21.66**	**Argilla (%)** *Clay*	**7.21**



D_{10} (mm) 0.004 D_{60} (mm) 1.076

Agente disperdente - *dispersing agent*: Sodium hexametaphosphate temperatura di prova (°)- *temperature* 21

Note - *Remarks*

Direttore *Manager* Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI: SETTORE TERRE.

LIMITI DI ATTERBERG

ATTERBERG LIMITS

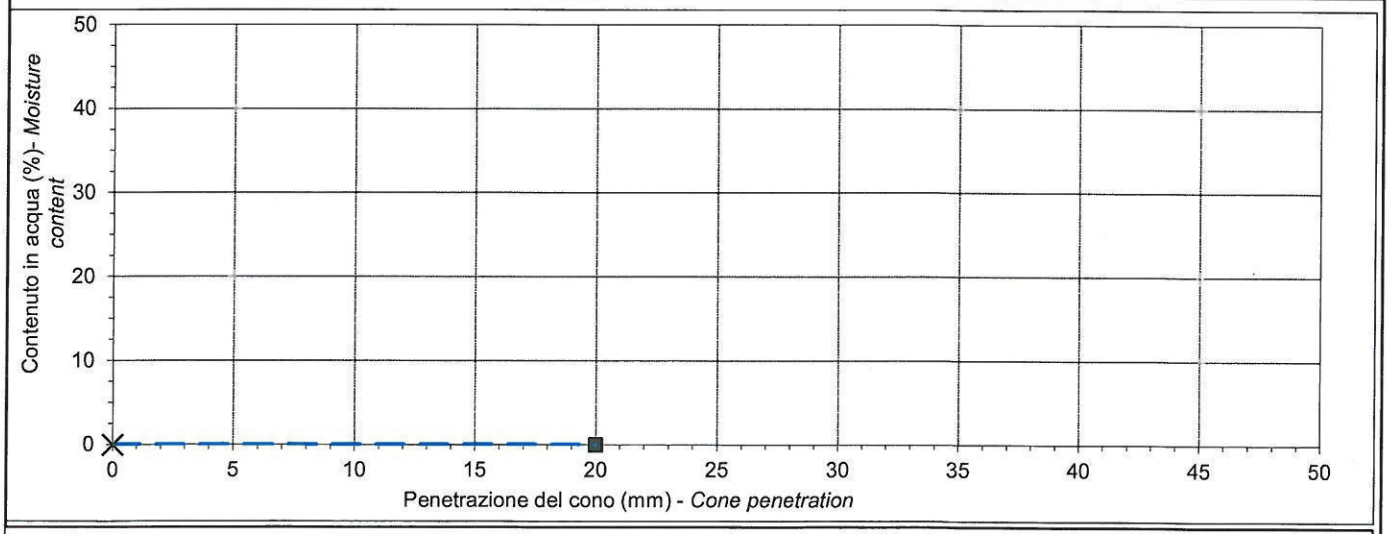
Normativa di riferimento: UNI EN ISO/TS 17892-12

Technical specification

Certificato - *Test report*	1752 - 18.370 - 020
Verbale - *Acceptance report*	1752
Committente - *Commissioner*	SCAGLIONI GEOL. ANDREA
Località - *Locality*	OZZANO DELL'EMILIA (BO)
Cantiere - *Site*	SCUOLA MEDIA PANZACCHI
Sondaggio - *Borehole*	**S2**
Campione - *Sample*	**C2**
Profondità - *Depth*	**6.00 - 6.60 m**
Data ricevimento - *Receiving date*	12/11/2018
Data inizio prove - *Test starting date*	13/11/2018
Data fine prove - *Test ending date*	30/11/2018
Data certificazione - *Report date*	30/11/2018
Data apertura campione - *Sample opening date*	13/11/2018
Classe campione - *Sample quality*	Q5

	Provino 1 - *Specimen 1*	Provino 2 - *Specimen 2*	Provino 3 - *Specimen 3*
Penetrazione del cono (mm) - *Cone penetration*	-	-	-
Massa tara (g) - *Tara weight*	-	-	-
Massa campione umido + tara (g) *Moist specimen + tara*	-	-	-
Massa campione secco + tara (g) *Dried specimen + tara*	-	-	-
Contenuto in acqua (%) - *Moisture content*	-	-	-
Limite liquido (%) - *Liquid limit*	**N.D.**		

Massa tara (g) - *Tara weight*	-	-	
Moist specimen + tara	-	-	
Massa campione secco + tara (g) *Dried specimen + tara*	-	-	
Limite plastico (%) - *Plastic limit*	N.P.	N.P.	differenza percentuale -
Limite plastico (%) - *Plastic limit*	**N.P.**		



Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

PROVA EDOMETRICA I.L.

INCREMENTAL LOADING OEDOMETER TEST

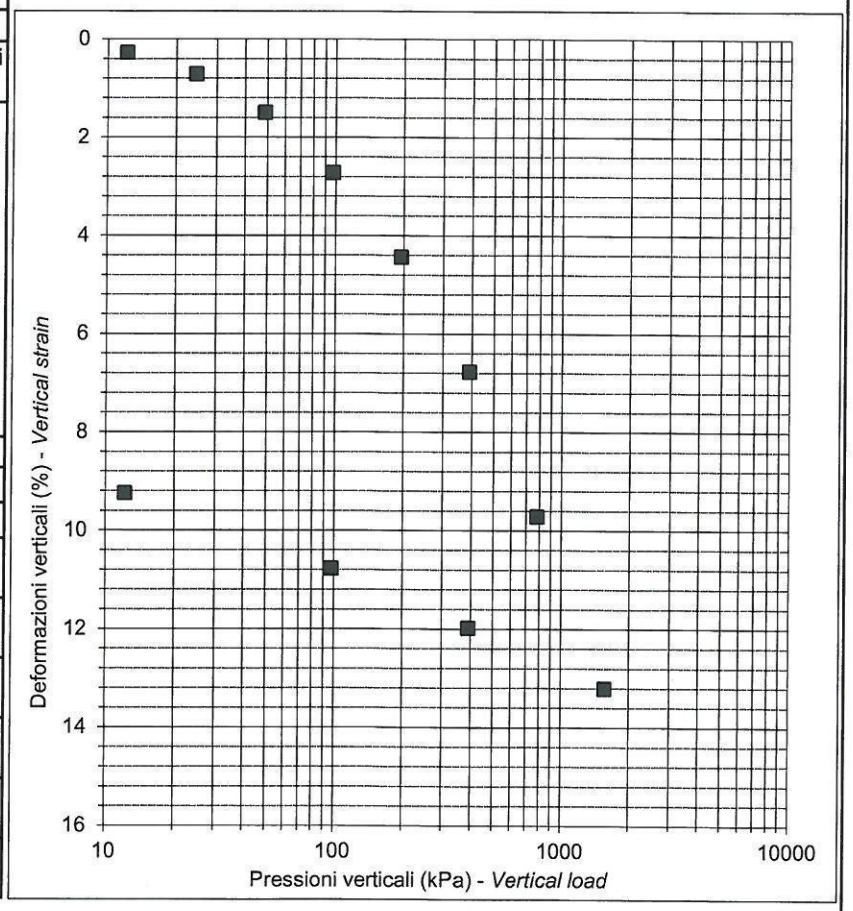
Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-5

Technical specification

Certificato - *Test report*	1752 - 18.370 - 021
Verbale - *Acceptance report*	1752
Committente - *Commissioner*	SCAGLIONI GEOL. ANDREA
Località - *Locality*	OZZANO DELL'EMILIA (BO)
Cantiere - *Site*	SCUOLA MEDIA PANZACCHI
Sondaggio - *Borehole*	**S2**
Campione - *Sample*	**C2**
Profondità - *Depth*	**6.00 - 6.60 m**
Data ricevimento - *Receiving date*	12/11/2018
Data inizio prove - *Test starting date*	13/11/2018
Data fine prove - *Test ending date*	30/11/2018
Data certificazione - *Report date*	30/11/2018
Data apertura campione - *Sample opening date*	13/11/2018
Classe campione - *Sample quality*	Q5
Area (cm^2) - *Cross-sectional area of specimen*	20.00
Altezza provino (cm) - *Specimen height*	20.00

σ_v (kPa)	ε_v (mm)	ε_v (%)	e
Carichi *Vert. load*	Deformazione verticale *Vertical strain*		Indice vuoti *Void ratio*
12.2	0.055	0.28	0.745
24.5	0.143	0.72	0.737
49.0	0.299	1.50	0.724
98.0	0.545	2.73	0.702
196.0	0.887	4.44	0.672
392.0	1.355	6.78	0.631
784.0	1.942	9.71	0.580
1568.0	2.642	13.21	0.519
392.0	2.396	11.98	-
98.0	2.155	10.78	-
12.2	1.848	9.24	-

Pocket Penetrometer	3.0 - 3.2 - 3.2	kg/cm^2
Tor Vane	1.0 - 1.5	kg/cm^2
Umidità naturale iniziale *Initial water content*	19.36	%
Densità naturale *Bulk density*	1.79	t/m^3
Densità secca *Dry density*	1.50	t/m^3
Peso specifico dei grani *Specific gravity*	2.62	t/m^3
Umidità finale *Final water content*	22.94	%
Indice dei vuoti iniziale *Original void ratio*	0.75	



Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE

COEFFICIENT OF CONSOLIDATION

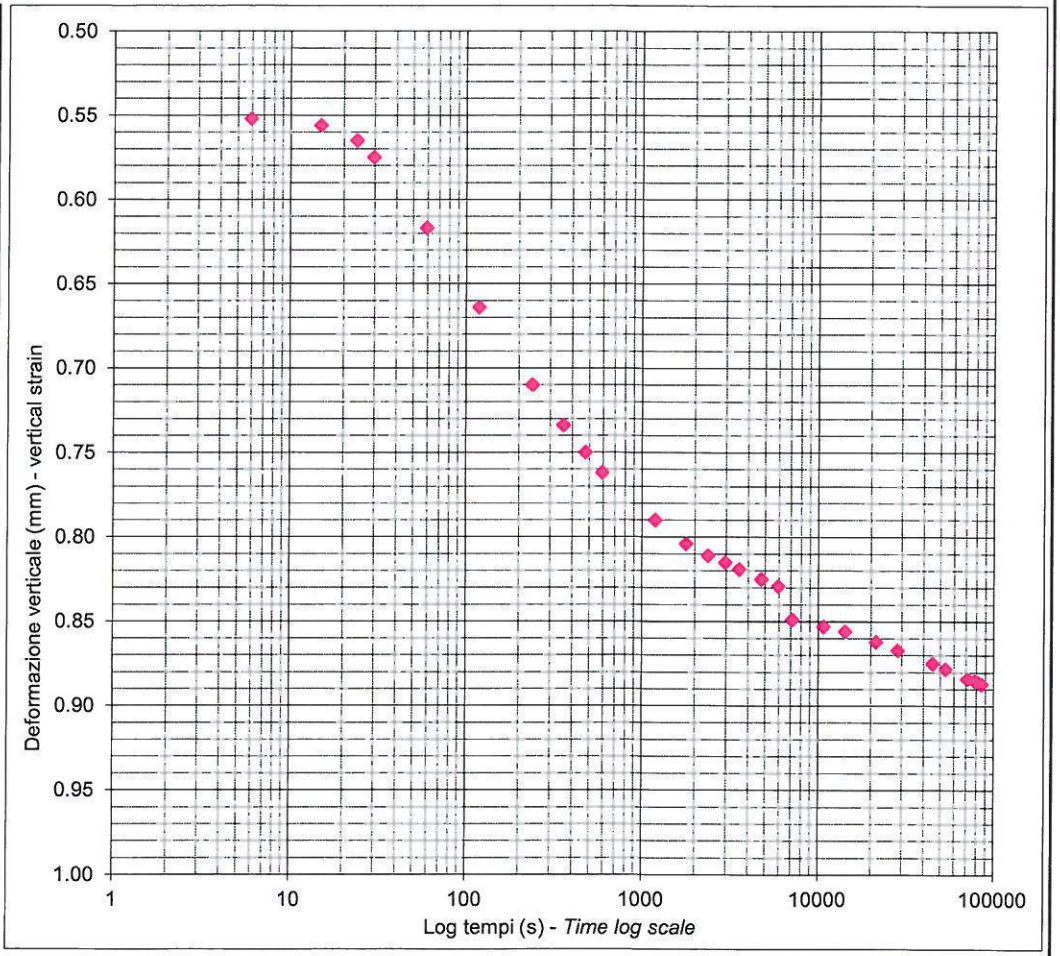
Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892/5

Technical specification

Certificato - *Test report*	1752 - 18.370 -022
Verbale - *Acceptance report*	1752
Committente - *Commissioner*	SCAGLIONI GEOL. ANDREA
Località - *Locality*	OZZANO DELL'EMILIA (BO)
Cantiere - *Site*	SCUOLA MEDIA PANZACCHI
Sondaggio - *Borehole*	**S2**
Campione - *Sample*	**C2**
Profondità - *Depth*	**6.00 - 6.60 m**
Data ricevimento - *Receiving date*	12/11/2018
Data inizio prove - *Test starting date*	13/11/2018
Data fine prove - *Test ending date*	30/11/2018
Data certificazione - *Report date*	30/11/2018
Data apertura campione - *Sample opening date*	13/11/2018
Classe campione - *Sample quality*	Q5

Area (cm^2) - *Cross-sectional area of specimen*	20	Intervallo di carico (kPa) *Load range*	98.0	196.0
Altezza provino (cm) - *Specimen height*	20			

Tempi (s) *Time*	Def. (mm) *Vertical strain*
6	0.552
15	0.556
24	0.565
30	0.575
60	0.617
120	0.664
240	0.710
360	0.734
480	0.750
600	0.762
1200	0.790
1800	0.804
2400	0.811
3000	0.815
3600	0.819
4800	0.825
6000	0.829
7200	0.849
10800	0.853
14400	0.856
21600	0.862
28800	0.867
45600	0.875
54000	0.878
72000	0.884
79200	0.885
82800	0.886
86400	0.887



Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

TAGLIO DIRETTO

DIRECT SHEAR TEST

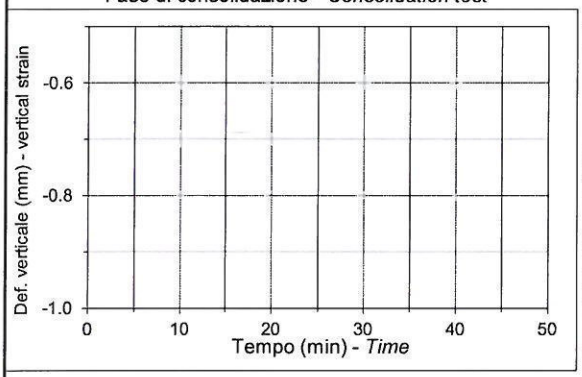
Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10

Technical specification

Certificato - *Test report*	1752 - 18.370 - 023
Verbale - *Acceptance report*	1752
Committente - *Commissioner*	SCAGLIONI GEOL. ANDREA
Località - *Locality*	OZZANO DELL'EMILIA (BO)
Cantiere - *Site*	SCUOLA MEDIA PANZACCHI
Sondaggio - *Borehole*	**S2**
Campione - *Sample*	**C2**
Profondità - *Depth*	**6.00 - 6.60 m**
Data ricevimento - *Receiving date*	12/11/2018
Data inizio prove - *Test starting date*	13/11/2018
Data fine prove - *Test ending date*	30/11/2018
Data certificazione - *Report date*	30/11/2018
Data apertura campione - *Sample opening date*	13/11/2018
Classe del campione - *Sample quality*	00/01/1900

Umidità iniziale - *Initial water content*	%	19.36		
Densità naturale iniziale - *Initial wet density*	kg/m^3	1789.17		
Densità secca iniziale - *Initial dry density*	kg/m^3	1498.93		
Provino - *Specimen id*	n°	1	2	3
Lato - *Specimen side*	mm	60.0	60.0	60.0
Altezza iniziale - *Initial specimen height*	mm	20.0	20.0	20.0
Velocità di taglio utilizzata - *Strain rate*	mm/min	0.006	0.006	0.006
Press. di consolidazione *Consolidation pressure*	kPa	98.1	196.1	294.2
Umidità finale - *Final water content*	%	16.75	3.27	9.38

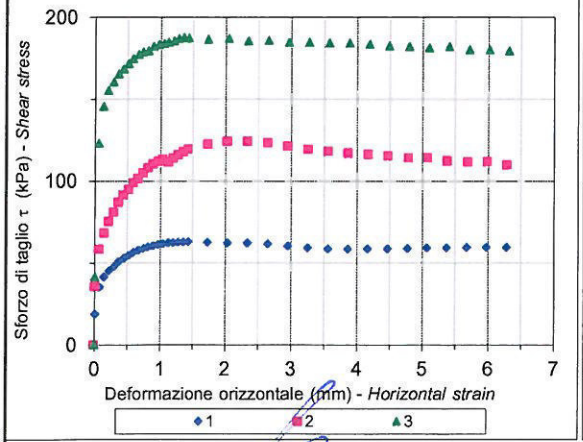
Fase di consolidazione - *Consolidation test*

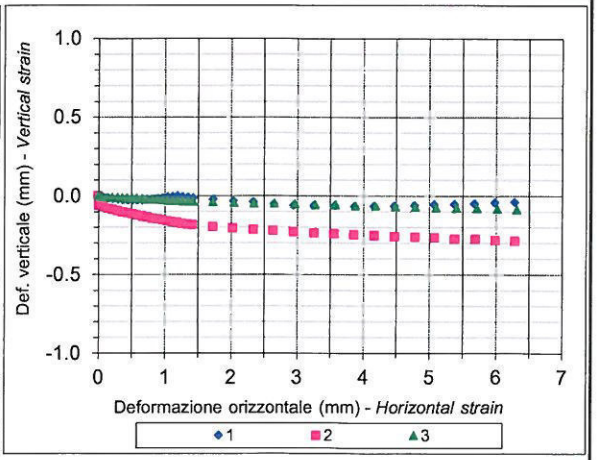


Note - *Remarks*

Limo argilloso e limo debolmente sabbioso, mediamente consistente, passante a ghiaia in matrice limosa a clasti eterometrici. I provini sono stati realizzati nella prima porzione della carota. Colore 10YR 3/3 dark brown. Clasti hiaiosi eliminati nella preparazione dei provini

Pocket Penetrometer	2.8 - 2.5 - 2.5 kg/cm^2
Tor Vane	1.0 - 1.0 kg/cm^2





Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Grado di incertezza delle misure degli strumenti di forza: ± 0,13%

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

TAGLIO DIRETTO

DIRECT SHEAR TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10

Technical specification

Certificato - *Test report* 1752 - 18.370 - 023

Verbale - *Acceptance report* 1752

Consolidation test (0-100 kPa)		Provino 1 - Specimen 1			Provino 2 - Specimen 2			Provino 3 - Specimen 3		
time (s)	def. ↓ (mm)	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)	def. → (mm)	def. ↓ (mm)	shear stress (kPa)
1	-	0.02	0.01	18.71	0.01	0.06	35.73	0.01		41.60
6	-	0.08	0.01	35.37	0.07	0.07	58.37	0.06	0.01	122.94
12	-	0.15	0.02	41.53	0.15	0.08	68.27	0.13	0.01	145.60
24	-	0.22	0.02	45.19	0.22	0.09	75.34	0.21	0.01	155.25
30	-	0.30	0.02	47.70	0.30	0.10	81.00	0.28	0.01	160.45
60	-	0.37	0.03	50.66	0.37	0.10	87.02	0.36	0.01	165.28
90	-	0.45	0.03	52.95	0.44	0.11	91.62	0.43	0.01	168.25
120	-	0.52	0.03	54.54	0.52	0.12	94.80	0.51	0.02	171.60
180	-	0.59	0.03	56.37	0.59	0.12	99.04	0.58	0.02	174.57
240	-	0.67	0.03	57.74	0.67	0.13	101.52	0.66	0.02	177.17
300	-	0.74	0.03	58.88	0.74	0.14	105.06	0.73	0.02	178.65
360	-	0.81	0.02	59.79	0.82	0.14	107.89	0.81	0.02	179.40
420	-	0.89	0.02	60.48	0.89	0.15	110.36	0.89	0.02	182.00
480	-	0.97	0.01	61.16	0.97	0.15	112.13	0.97	0.03	183.11
540	-	1.04	0.01	61.62	1.04	0.16	113.19	1.04	0.03	183.85
600	-	1.12	0.01	62.07	1.12	0.17	111.43	1.12	0.03	184.59
900	-	1.20		62.30	1.20	0.17	113.90	1.20	0.03	185.34
1200	-	1.27	0.01	62.53	1.27	0.18	116.02	1.27	0.04	186.82
1500	-	1.35	0.01	62.76	1.35	0.18	117.79	1.35	0.04	187.57
1800	-	1.43	0.01	62.99	1.43	0.18	119.21	1.43	0.04	187.19
2100	-	1.73	0.02	62.53	1.73	0.20	122.39	1.73	0.04	186.45
2400	-	2.04	0.03	62.07	2.03	0.21	124.16	2.05	0.04	186.82
2700	-	2.34	0.04	62.07	2.34	0.22	124.16	2.34	0.05	185.34
3000	-	2.65	0.05	61.62	2.65	0.22	123.45	2.65	0.05	185.71
3300	-	2.95	0.06	60.25	2.95	0.23	121.33	2.97	0.05	184.59
3600	-	3.25	0.06	59.11	3.26	0.24	119.21	3.27	0.06	184.59
4200	-	3.56	0.06	58.65	3.56	0.24	118.15	3.58	0.06	184.22
4800	-	3.86	0.07	58.42	3.87	0.25	117.09	3.88	0.06	184.22
5400	-	4.16	0.07	58.65	4.17	0.25	116.38	4.18	0.07	183.48
6000	-	4.47	0.06	58.65	4.48	0.26	115.32	4.49	0.07	182.37
7200	-	4.77	0.06	58.88	4.79	0.26	114.26	4.79	0.07	182.00
8400	-	5.07	0.06	59.11	5.08	0.27	114.26	5.10	0.08	181.25
9600	-	5.37	0.05	59.34	5.38	0.27	112.49	5.40	0.08	182.00
10800	-	5.68	0.05	59.56	5.69	0.27	111.78	5.71	0.08	180.14
12000	-	5.98	0.04	59.56	5.99	0.28	111.78	6.02	0.08	180.14
13200	-	6.28	0.04	59.56	6.29	0.28	110.01	6.32	0.09	179.40
14400	-									
16800	-									
19200	-									
21600	-									
28800	-									
36000	-									
45600	-									
54000	-									
72000	-									
79200	-									
82800	-									
86400	-									

Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

TRIASSIALE NON CONSOLIDATO NON DRENATO

UNCONSOLIDATE UNDRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-8

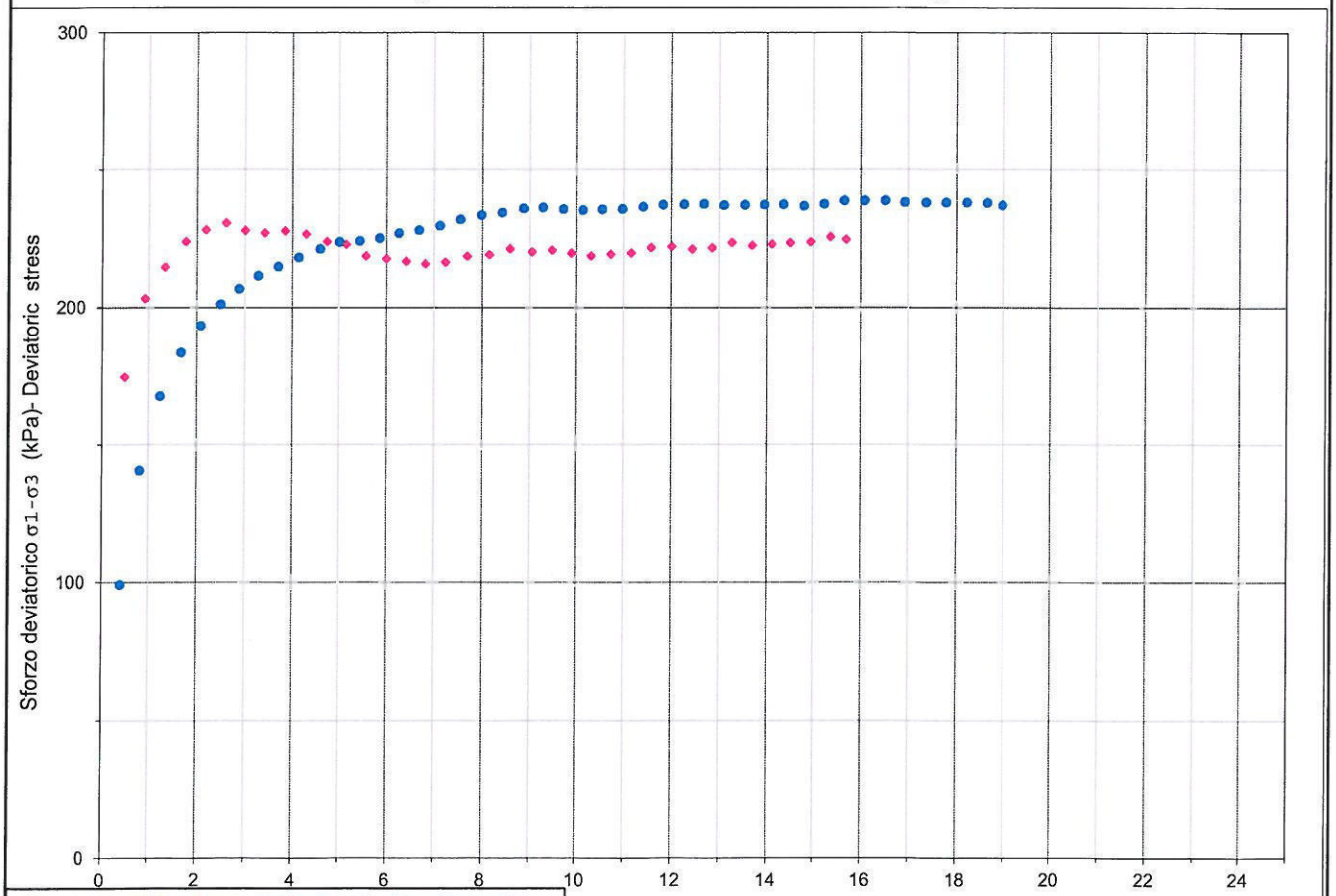
Technical specification

Certificato - *Test report*	1752 - 18.370 - 024
Verbale - *Acceptance report*	1752
Committente - *Commissioner*	SCAGLIONI GEOL. ANDREA
Località - *Locality*	OZZANO DELL'EMILIA (BO)
Cantiere - *Site*	SCUOLA MEDIA PANZACCHI
Sondaggio - *Borehole*	S2
Campione - *Sample*	C2
Profondità - *Depth*	6.00 - 6.60 m
Data ricevimento - *Receiving date*	12/11/2018
Data inizio prove - *Test starting date*	13/11/2018
Data fine prove - *Test ending date*	30/11/2018
Data certificazione - *Report date*	30/11/2018
Data apertura campione - *Sample opening date*	13/11/2018
Classe del campione - *Sample quality*	Q5

Provino - *Specimen*	n°	1	2
Area provino - *Specimen area*	cm²	11.40	11.40
Altezza provino - *Specimen height*	mm	76.00	76.00
Velocità di taglio - *Shear rate*	mm/min	0.650	0.650
Pressione in cella - *Cell pressure*	kPa	150.00	300.00

Note - *Remarks*

Pocket Penetrometer 3.0 - 3.2 - 3 kg/cm² Tor Vane 1.0 - 1.5 kg/cm²



Provino 1 - *Specimen 1* / Provino 2 - *Specimen 2*

Note - *Remarks*

Direttore *Manager* Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

GEOTEA s.r.l.
AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI SETTORE TERRE.

TRIASSIALE NON CONSOLIDATO NON DRENATO

UNCONSOLIDATE UNDRAINED TRIAXIAL TEST

Normativa di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-8

Technical specification

Certificato - *Test report* 1752 - 18.370 - 024

Verbale - *Acceptance report* 1752

Provino 1 - Specimen 1

Pressione in cella (kPa) Cell pressure: 150

T	εh	σ1-σ3
43	0.423	98.995
73	0.822	140.648
103	1.245	167.479
133	1.678	183.275
163	2.085	193.253
193	2.497	200.992
223	2.882	206.589
253	3.291	211.373
283	3.714	214.673
313	4.135	217.938
343	4.585	221.100
373	5.010	223.586
403	5.436	223.968
433	5.860	225.029
463	6.266	226.797
493	6.689	227.821
523	7.129	229.463
553	7.554	231.791
583	7.992	233.383
613	8.424	234.296
643	8.871	235.815
673	9.280	236.085
703	9.727	235.581
733	10.136	235.169
763	10.551	235.392
793	10.972	235.585
823	11.408	236.374
853	11.822	237.205
883	12.264	237.298
913	12.682	237.443
943	13.098	236.947
973	13.538	237.012
1003	13.946	237.151
1033	14.370	237.235
1063	14.802	236.662
1093	15.228	237.336
1123	15.652	238.615
1153	16.073	238.651
1183	16.513	238.621
1213	16.928	238.043
1243	17.365	237.999
1273	17.782	237.999
1303	18.214	237.945
1333	18.640	237.894
1363	18.969	236.934

Foto provino 1 - *Specimen 1 pic*

Foto provino 2 - *Specimen 2 pic*

Provino 2 - Specimen 2

Pressione in cella (kPa) Cell pressure: 300

T	εh	σ1-σ3
43	0.507	174.550
73	0.930	203.353
103	1.349	214.609
133	1.778	224.015
163	2.199	228.201
193	2.618	230.641
223	3.012	228.007
253	3.433	227.017
283	3.865	227.689
313	4.306	226.644
343	4.743	223.938
373	5.165	222.945
403	5.581	218.654
433	6.016	217.648
463	6.432	216.684
493	6.833	215.754
523	7.256	216.403
553	7.703	218.597
583	8.171	219.102
613	8.600	221.285
643	9.059	220.173
673	9.486	220.728
703	9.912	219.688
733	10.323	218.686
763	10.743	219.228
793	11.169	219.739
823	11.584	221.816
853	12.020	222.266
883	12.440	221.205
913	12.860	221.673
943	13.280	223.648
973	13.703	222.554
1003	14.118	222.992
1033	14.522	223.442
1063	14.957	223.798
1093	15.371	225.676
1094	15.701	224.798

Legenda - *Key*

T = Tempi (s) - *Time*

εh = Deformazione verticale (%) - *Vertical strain*

σ1-σ3 = Sforzo deviatorico - *Deviatoric stress*

Direttore *Manager*

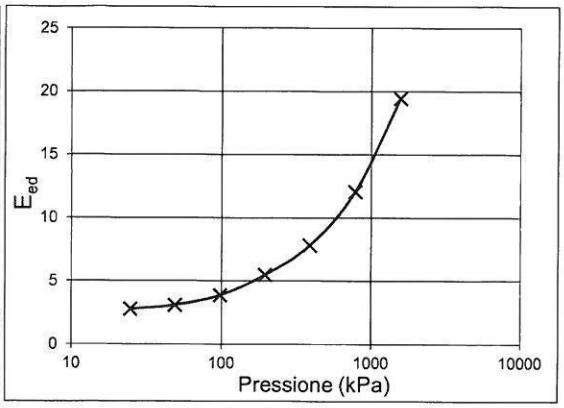
Sperimentatore *Technician*

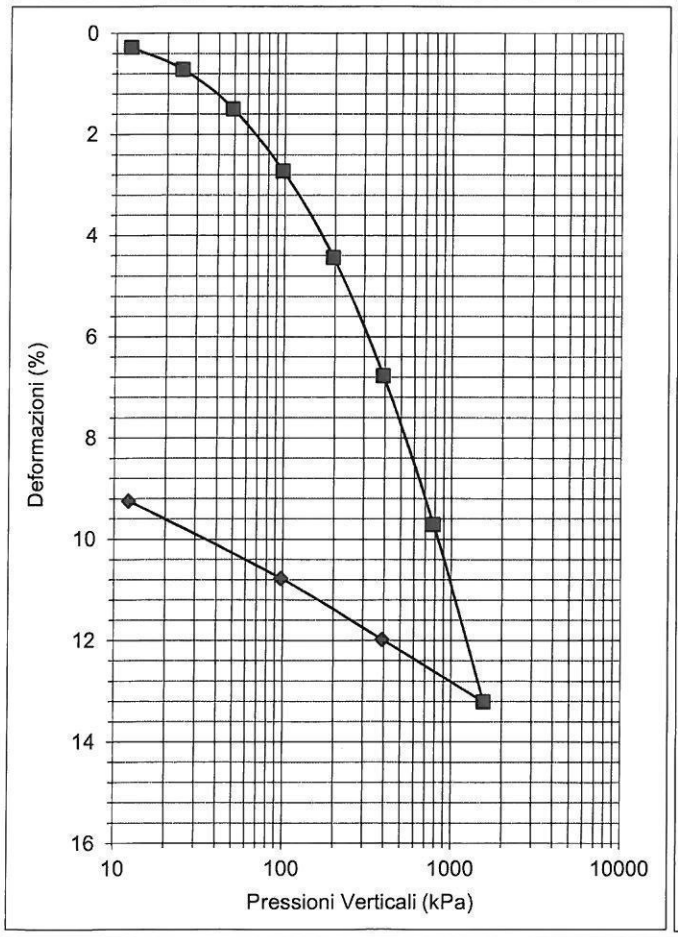
Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378
e-mail laboratorio.geotea@database.it
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

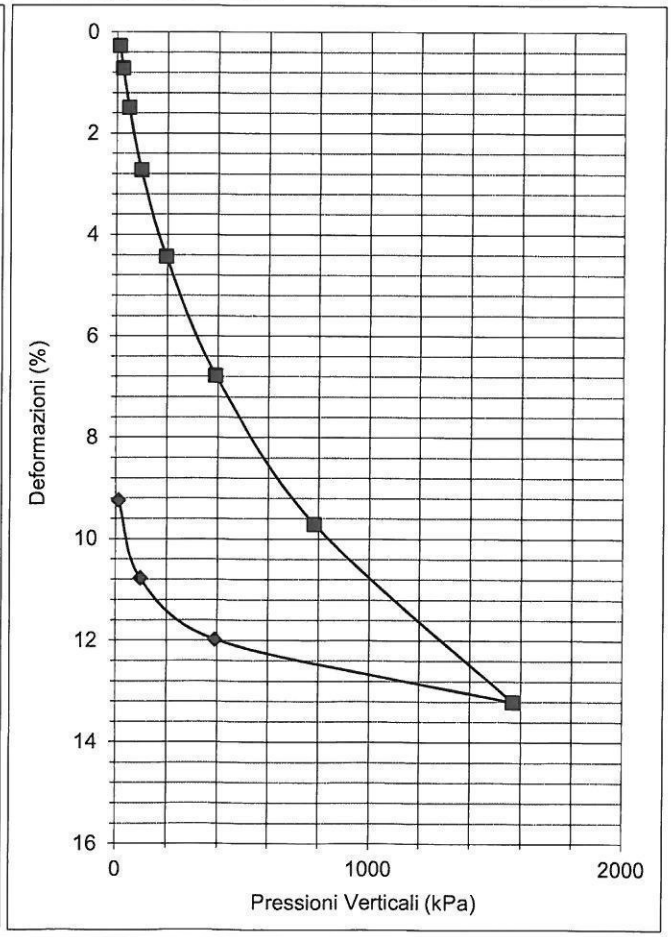
Committente:	SCAGLIONI GEOL. ANDREA	**Sondaggio:**	S2
Località:	OZZANO DELL'EMILIA (BO)	**Campione:**	C2
Cantiere:	SCUOLA MEDIA PANZACCHI	**Profondità:**	6.00 - 6.60 m

ELABORAZIONE PROVA EDOMETRICA

Pressione	dv	dv	e	E_{ed}	mv	Cc
kPa	mm	%	0.75	MPa	kPa^{-1}	-
12.2	0.05	0.28	0.745	-		0.0254
24.5	0.14	0.72	0.737	2.78	3.6E-04	0.0453
49	0.30	1.50	0.724	3.09	3.2E-04	0.0715
98	0.55	2.73	0.702	3.88	2.5E-04	0.0994
196	0.89	4.44	0.672	5.48	1.7E-04	0.136
392	1.36	6.78	0.631	7.81	1.2E-04	0.1706
784	1.94	9.71	0.580	12.06	7.5E-05	0.2034
1568	2.64	13.21	0.519	19.44	4.5E-05	
392	2.40	11.98	-			
98	2.16	10.78	-			
12.2	1.85	9.24	-			







Legenda: Dv = deformazione verticale; dh = deformazione percentuale; e = indice dei vuoti; E_{ed} = modulo edometrico; mv = indice di compressibilità; Cc = coefficiente di compressibilità.

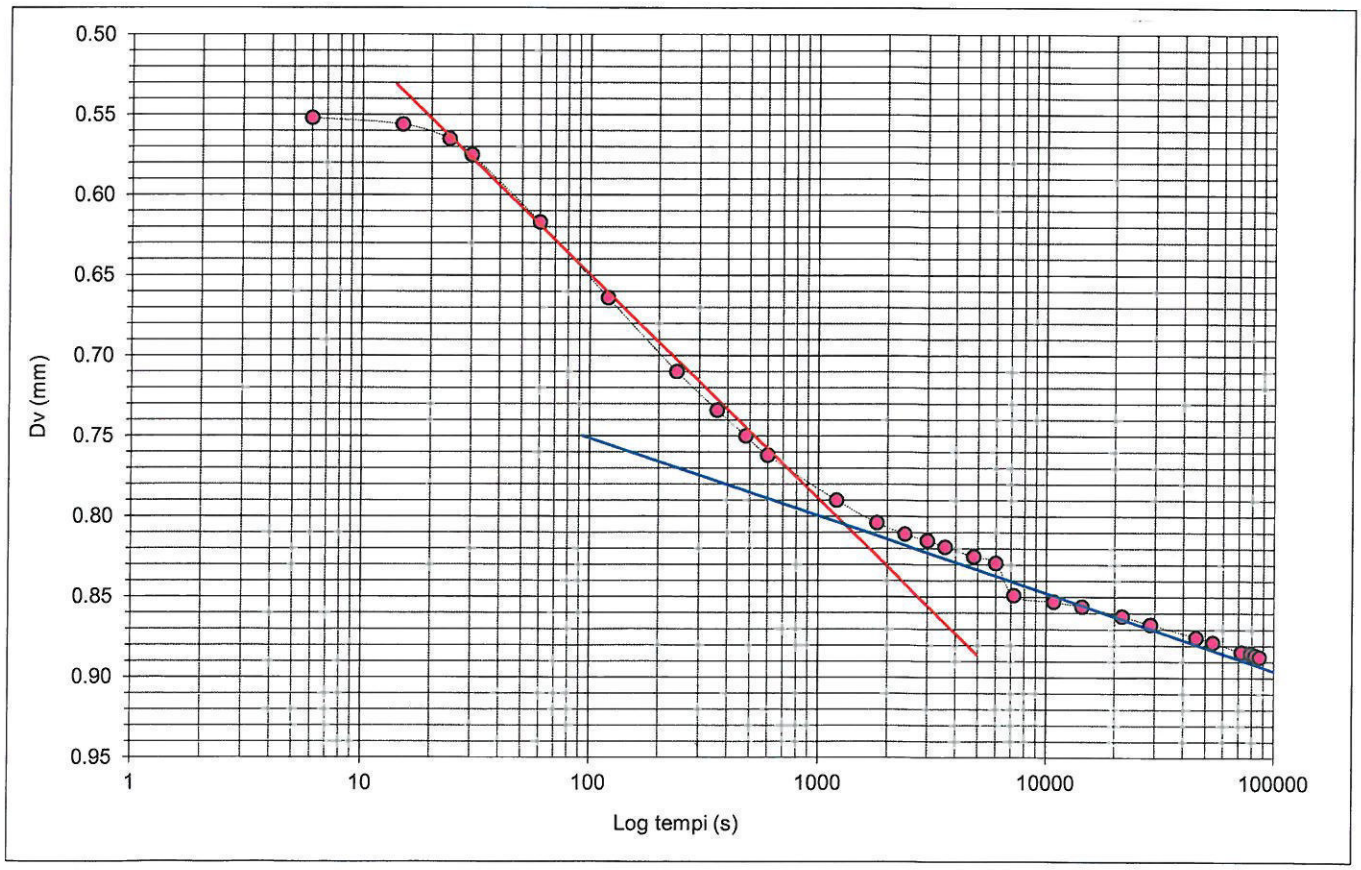
Committente:	**SCAGLIONI GEOL. ANDREA**	**Sondaggio:**	**S2**
Località:	**OZZANO DELL'EMILIA (BO)**	**Campione:**	**C2**
Cantiere:	**SCUOLA MEDIA PANZACCHI**	**Profondità:**	**6.00 - 6.60 m**

COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE

Tempi	Dv
s	mm
6	0.552
15	0.556
24	0.565
30	0.575
60	0.617
120	0.664
240	0.710
360	0.734
480	0.750
600	0.762
1200	0.790
1800	0.804
2400	0.811
3000	0.815
3600	0.819

Tempi	Dv
s	mm
4800	0.825
6000	0.829
7200	0.849
10800	0.853
14400	0.856
21600	0.862
28800	0.867
45600	0.875
54000	0.878
72000	0.884
79200	0.885
82800	0.886
86400	0.887

Parametri calcolati		
D_{50}	0.647	mm
T_{50}	1640	s
CV	1.125E-04	cm^2/s
E_{ed}	5.48	MPa
K	2.053E-09	cm/s
$C\alpha$	1.461E-06	cm^2/s



TAGLIO DIRETTO

Committente:	SCAGLIONI GEOL. ANDREA	Sondaggio:	S2
Località:	OZZANO DELL'EMILIA (BO)	Campione:	C2
Cantiere:	SCUOLA MEDIA PANZACCHI	Profondità:	6.00 - 6.60 m

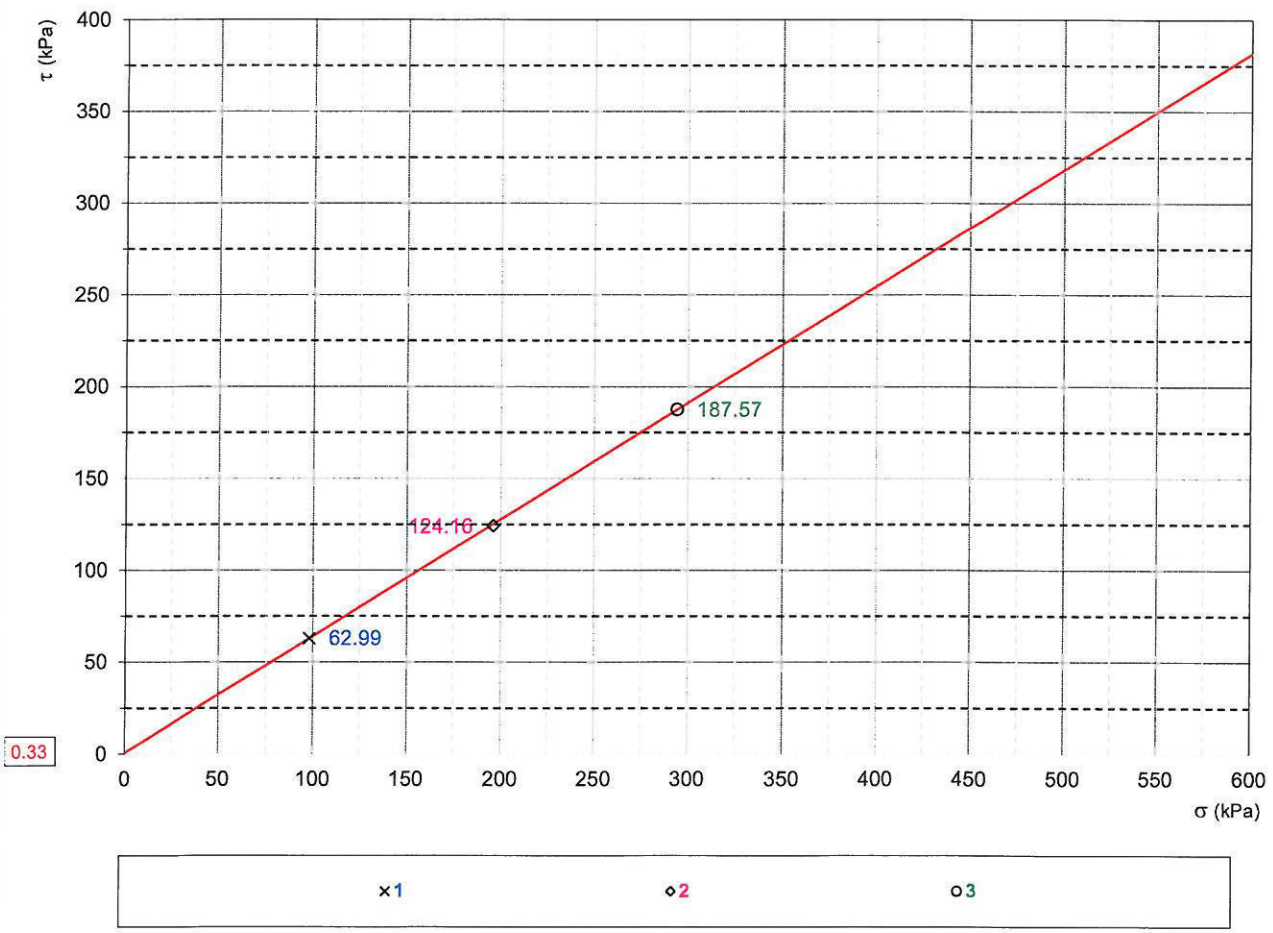
REGRESSIONE LINEARE DEI TRE VALORI DI SFORZO MASSIMO

Lato provino	60.00	mm
Altezza iniziale	20.00	mm

Limo argilloso e limo debolmente sabbio

Valori dei provini a rottura				
Provino	n°	1	2	3
Sforzo a rottura	kPa	62.99	124.16	187.57
Intercetta C'	KPa	0.33		
ϕ'	° sess	32.42		

Velocità di prova
0.006
mm/min



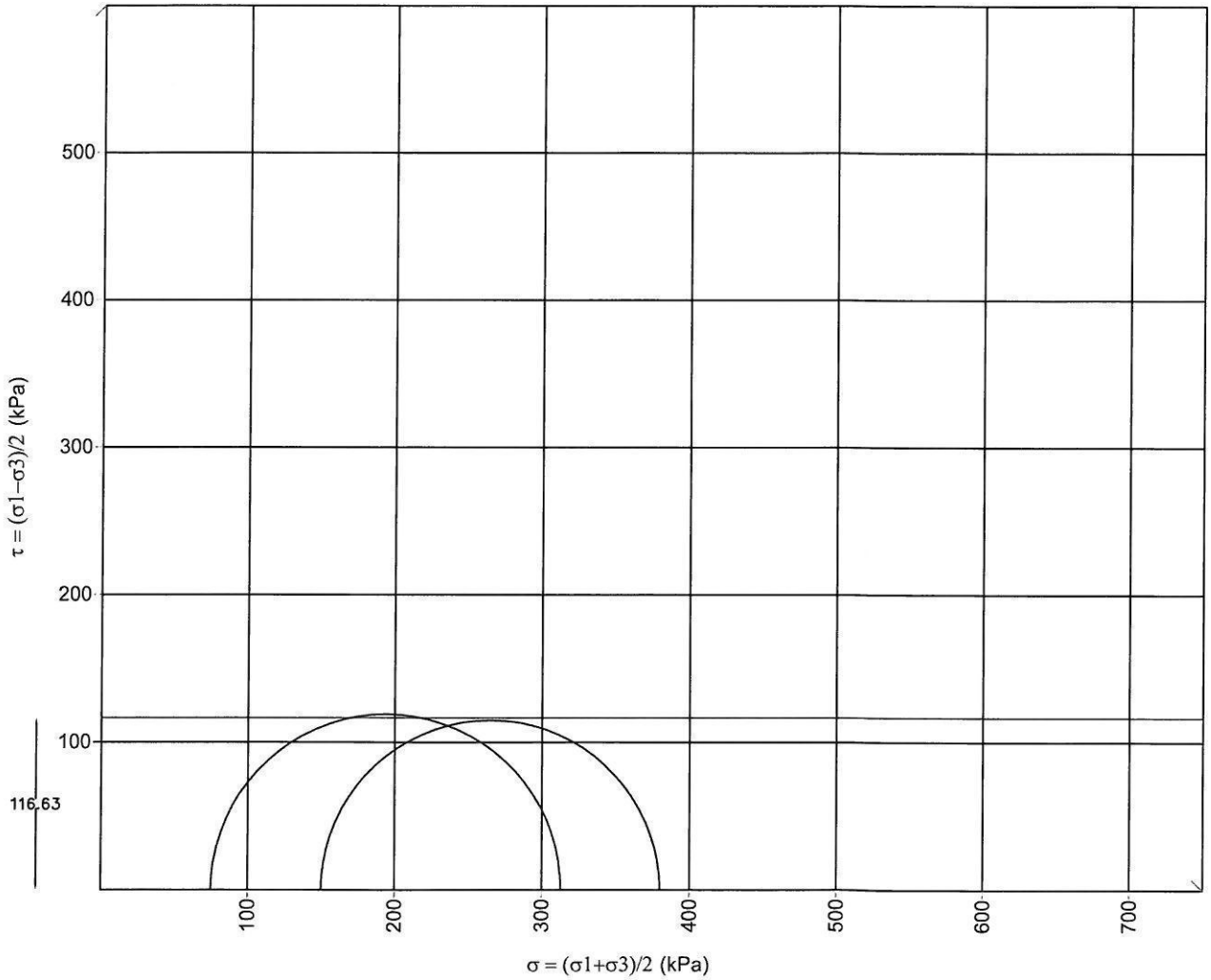
La coesione efficace e l'angolo di resistenza al taglio si riferiscono alla elaborazione della prova di taglio diretto eseguita mediante una semplice regressione lineare sui tre punti di sforzo massimo e per il campo tensionale nel quale i vari provini sono stati sottoposti a taglio.

GEOTEA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

Committente:	SCAGLIONI GEOL. ANDREA	Sondaggio:	S2
Località:	OZZANO DELL' EMILIA (BO)	Campione:	C2
Cantiere:	SCUOLA MEDIA PANZACCHI	Profondità:	6.00 - 6.60 m

Determinazione parametri geotecnici
Prova triassiale non consolidata non drenata (UU)



Cu = 116.35 kPa

ALLEGATO C

Prove penetrometriche statiche esistenti
(Geo-Probe)

- CPT1
- CPT2
- CPT3

40139 BOLOGNA – Via Milano 17 – cell. 3495985869
mail: scageo@libero.it – web: www.studiogeologiascaglioni.it

Committente: Comune di Ozzano dell'Emilia
Località : Ozzano dell'Emilia (BO)
Cantiere : viale II Giugno
n° prova : 1
Profondità falda : 8.10 m
Attrezzatura: Penetrometro da 200 kN
Note: ---

Rapporto di prova N°: 10.0055 /RSP

Data prova: 26/01/2010
Quota: --
Codice lavoro: 2010.013
Procedura di prova: IO_003

L1 kg/cm²	L2 kg/cm²	qc MPa	fs kPa	qc/fs -	Rf %	
8		0,78	52,32	15	6,67	
14	22	1,37	91,56	15	6,67	
17	31	1,67	91,56	18	5,49	
24	38	2,35	111,18	21	4,73	
18	35	1,76	111,18	16	6,30	1,0 m
20	37	1,96	124,26	16	6,34	
15	34	1,47	85,02	17	5,78	
12	25	1,18	71,94	16	6,11	
10	21	0,98	65,40	15	6,67	
11	21	1,08	58,86	18	5,46	2,0 m
27	36	2,65	104,64	25	3,95	
30	46	2,94	150,42	20	5,11	
36	59	3,53	183,12	19	5,19	
32	60	3,14	163,50	19	5,21	
21	46	2,06	130,80	16	6,35	3,0 m
23	43	2,25	98,10	23	4,35	
18	33	1,76	111,18	16	6,30	
22	39	2,16	130,80	16	6,06	
13	33	1,27	71,94	18	5,64	
10	21	0,98	58,86	17	6,00	4,0 m
11	20	1,08	45,78	24	4,25	
15	22	1,47	71,94	20	4,89	
23	34	2,25	78,48	29	3,48	
25	37	2,45	98,10	25	4,00	
32	47	3,14	98,10	32	3,13	5,0 m
36	51	3,53	124,26	28	3,52	
40	59	3,92	137,34	29	3,50	
45	66	4,41	156,96	28	3,56	
36	60	3,53	130,80	27	3,71	
35	55	3,43	130,80	26	3,81	6,0 m
24	44	2,35	156,96	15	6,67	
18	42	1,76	104,64	17	5,93	
12	28	1,18	71,94	16	6,11	
19	30	1,86	91,56	20	4,92	
16	30	1,57	85,02	18	5,42	7,0 m
28	41	2,75	143,88	19	5,24	
25	47	2,45	143,88	17	5,87	
22	44	2,16	104,64	21	4,85	
22	38	2,16	143,88	15	6,67	
27	49	2,65	170,04	16	6,42	8,0 m
53	79	5,20	78,48	66	1,51	
80	92	7,84	85,02	92	1,08	
22	35	2,16	143,88	15	6,67	
18	40	1,76	65,40	27	3,71	
19	29	1,86	124,26	15	6,67	9,0 m
20	39	1,96	71,94	27	3,67	
97	108	9,51	98,10	97	1,03	
36	51	3,53	183,12	19	5,19	
32	60	3,14	137,34	23	4,38	
31	52	3,04	137,34	22	4,52	10,0 m

Revisione	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
0	26/01/2010	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

Segue Rapporto di Prova N°: 10.0055 /RSP

L1 kg/cm²	L2 kg/cm²	qc MPa	fs kPa	qc/fs -	Rf %	
30	51	2,94	104,64	28	3,56	
28	44	2,75	98,10	28	3,57	
27	42	2,65	117,72	22	4,45	
26	44	2,55	143,88	18	5,64	
25	47	2,45	163,50	15	6,67	11,0 m
27	52	2,65	130,80	20	4,94	
16	36	1,57	78,48	20	5,00	
23	35	2,25	143,88	16	6,38	
23	45	2,25	143,88	16	6,38	
22	44	2,16	124,26	17	5,76	12,0 m
19	38	1,86	98,10	19	5,27	
20	35	1,96	111,18	18	5,67	
19	36	1,86	117,72	16	6,32	
22	40	2,16	143,88	15	6,67	
21	43	2,06	111,18	19	5,40	13,0 m
25	42	2,45	156,96	16	6,40	
24	48	2,35	156,96	15	6,67	
29	53	2,84	137,34	21	4,83	
61	82	5,98	91,56	65	1,53	
23	37	2,25	137,34	16	6,09	14,0 m
21	42	2,06	111,18	19	5,40	
17	34	1,67	98,10	17	5,89	
20	35	1,96	196,20	10	10,01	
88	118	8,63	85,02	101	0,99	
36	49	3,53	91,56	39	2,59	15,0 m
243	257	23,82	156,96	152	0,66	
296	320	29,02	176,58	164	0,61	
307	334	30,10	189,66	159	0,63	
260	289	25,49	150,42	169	0,59	
339	362	33,24	215,82	154	0,65	16,0 m
317	350	31,08	196,20	158	0,63	
270	300	26,47	170,04	156	0,64	
285	311	27,94	163,50	171	0,59	
325	350	31,86	183,12	174	0,57	
73	101	7,16	85,02	84	1,19	17,0 m
30	43	2,94	170,04	17	5,78	
35	61	3,43	196,20	17	5,72	
33	63	3,24	196,20	16	6,06	
36	66	3,53	209,28	17	5,93	
34	66	3,33	222,36	15	6,67	18,0 m
36	70	3,53	222,36	16	6,30	
35	69	3,43	222,36	15	6,48	
35	69	3,43	228,90	15	6,67	
37	72	3,63	215,82	17	5,95	
36	69	3,53	215,82	16	6,11	19,0 m
37	70	3,63	215,82	17	5,95	
35	68	3,43	209,28	16	6,10	
36	68	3,53	209,28	17	5,93	
37	69	3,63	215,82	17	5,95	
35	68	3,43	189,66	18	5,53	20,0 m

Revisione	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
0	26/01/2010	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

Segue Rapporto di Prova N°: 10.0055 /RSP

L1 kg/cm²	L2 kg/cm²	qc MPa	fs kPa	qc/fs -	Rf %	
33	62	3,24	183,12	18	5,66	
33	61	3,24	183,12	18	5,66	
30	58	2,94	176,58	17	6,00	
33	60	3,24	202,74	16	6,27	
40	71	3,92	189,66	21	4,84	21,0 m
36	65	3,53	189,66	19	5,37	
31	60	3,04	176,58	17	5,81	
30	57	2,94	150,42	20	5,11	
97	120	9,51	111,18	86	1,17	
109	126	10,69	183,12	58	1,71	22,0 m
139	167	13,63	353,16	39	2,59	
57	111	5,59	98,10	57	1,76	
193	208	18,92	117,72	161	0,62	
166	184	16,27	117,72	138	0,72	
331	349	32,45	196,20	165	0,60	23,0 m
267	297	26,18	137,34	191	0,52	
71	92	6,96	78,48	89	1,13	
31	43	3,04	111,18	27	3,66	
37	54	3,63	163,50	22	4,51	
48	73	4,71	228,90	21	4,86	24,0 m
57	92	5,59	300,84	19	5,38	
62	108	6,08	353,16	17	5,81	
66	120	6,47	353,16	18	5,46	
67	121	6,57	392,40	17	5,97	
70	130	6,86				25,0 m

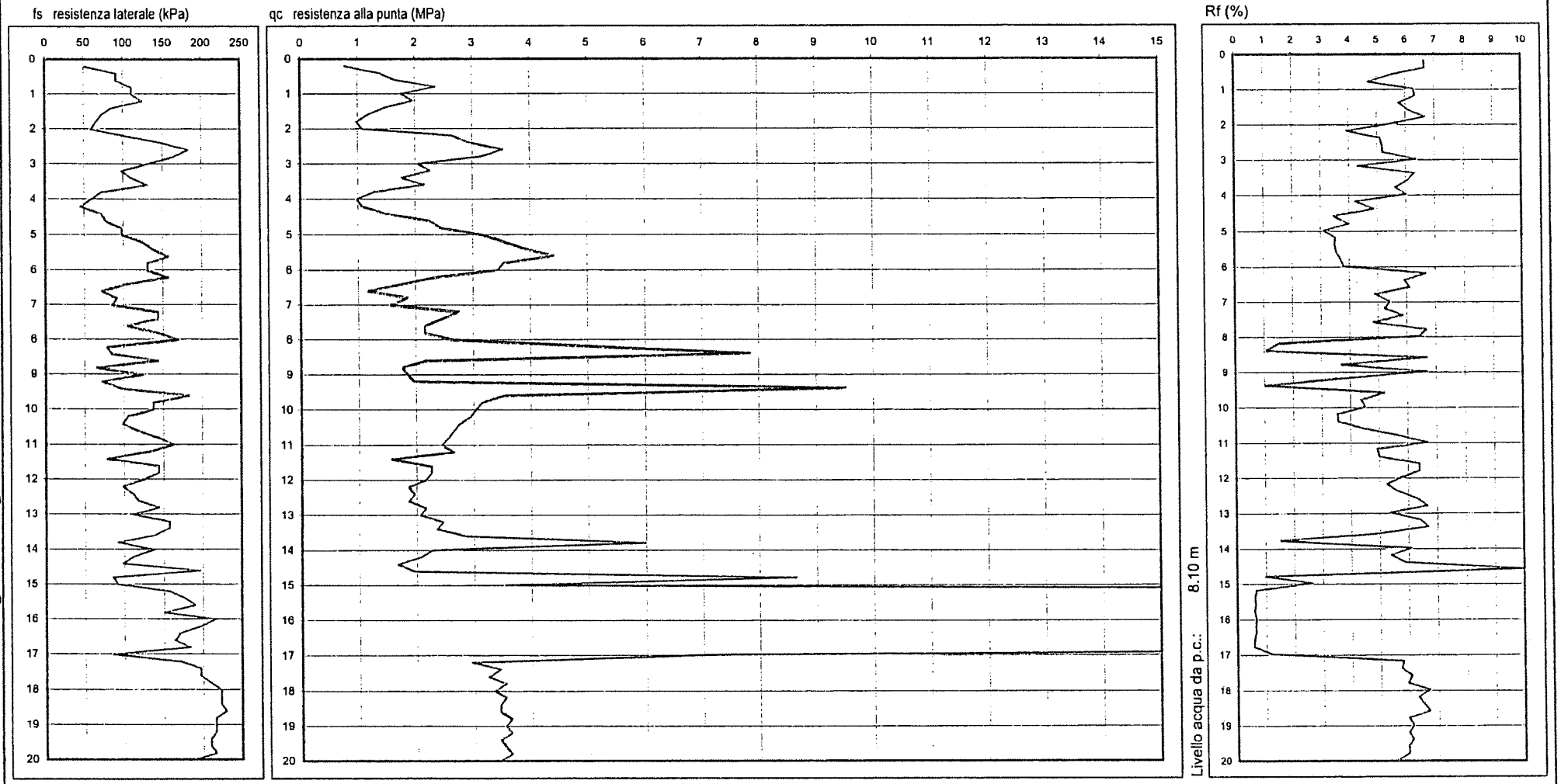
Revisione	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
0	26/01/2010	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

GEO-PROBE S.r.l.
- Indagini Geognostiche -
40033 CASALECCHIO DI RENO
Via Cimarosa, 119 - Tel. 051/61.33.072

C P T (CONE PENETRATION TEST) **N. 1**

Rapporto di Prova N°: **10.0055 /RSP**

Committente :	Comune di Ozzano dell'Emilia	Quota:	--
Località :	Ozzano dell'Emilia (BO) viale II Giugno	Data prova :	26/01/2010
Attrezzatura :	Penetrometro da 200 kN	Codice lavoro:	2010.013



Note: ---

Procedura di prova	Normativa di riferimento	Rev.	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
IO_003	ASTM D 3441-94	0	26/01/2010	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

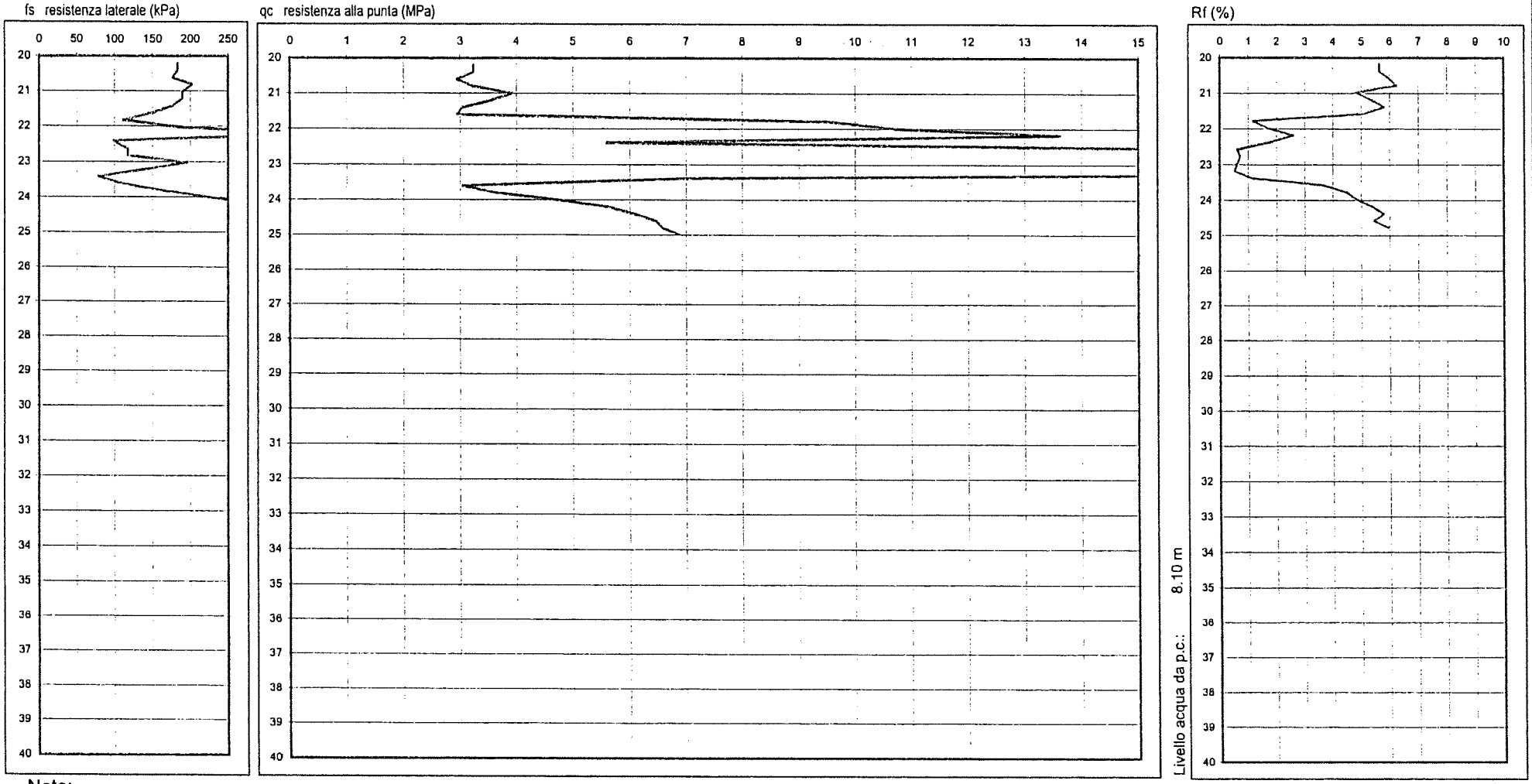
GEO-PROBE S.r.l. Indagini Geognostiche

GEO-PROBE s.r.l.
- Indagini Geognostiche -
40033 CASALECCHIO DI RENO
Via Cimarosa, 119 - Tel. 051/61.33.072

C P T (CONE PENETRATION TEST) **N. 1**

Rapporto di Prova N°: **10.0055 /RSP**

Committente :	Comune di Ozzano dell'Emilia	Quota:	--
Località :	Ozzano dell'Emilia (BO) viale II Giugno	Data prova :	26/01/2010
Attrezzatura :	Penetrometro da 200 kN	Codice lavoro:	2010.013



Note: ---

Procedura di prova	Normativa di riferimento	Rev.	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
IO_003	ASTM D 3441-94	317	26/01/2010	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

GEO-PROBE S.r.l. Indagini Geognostiche

Committente: Comune di Ozzano dell'Emilia
Località : Ozzano dell'Emilia (BO)
Cantiere : viale II Giugno
n° prova : 2
Profondità falda : 7.50 m
Attrezzatura: Penetrometro da 200 kN
Note: ---

Rapporto di prova N°: 10.0056 /RSP

Data prova: 26/01/2010
Quota: --
Codice lavoro: 2010.013
Procedura di prova: IO_003

L1 kg/cm²	L2 kg/cm²	qc MPa	fs kPa	qc/fs -	Rf %	
2		0,20	19,62	10	10,01	
16	19	1,57	78,48	20	5,00	
20	32	1,96	98,10	20	5,00	
19	34	1,86	91,56	20	4,92	
13	27	1,27	78,48	16	6,16	1,0 m
17	29	1,67	85,02	20	5,10	
12	25	1,18	58,86	20	5,00	
15	24	1,47	65,40	22	4,45	
17	27	1,67	91,56	18	5,49	
16	30	1,57	78,48	20	5,00	2,0 m
12	24	1,18	52,32	22	4,45	
18	26	1,76	71,94	25	4,08	
119	130	11,67	156,96	74	1,35	
121	145	11,86	163,50	73	1,38	
90	115	8,82	150,42	59	1,70	3,0 m
86	109	8,43	235,44	36	2,79	
48	84	4,71	222,36	21	4,73	
47	81	4,61	235,44	20	5,11	
52	88	5,10	248,52	21	4,87	
44	82	4,31	196,20	22	4,55	4,0 m
49	79	4,80	228,90	21	4,76	
67	102	6,57	307,38	21	4,68	
74	121	7,25	359,70	20	4,96	
65	120	6,37	313,92	20	4,93	
59	107	5,78	287,76	20	4,97	5,0 m
79	123	7,75	379,32	20	4,90	
100	158	9,80	183,12	54	1,87	
68	96	6,67	104,64	64	1,57	
59	75	5,78	104,64	55	1,81	
118	134	11,57	111,18	104	0,96	6,0 m
99	116	9,71	156,96	62	1,62	
114	138	11,18	150,42	74	1,35	
136	159	13,33	202,74	66	1,52	
155	186	15,20	287,76	53	1,89	
209	253	20,49	124,26	165	0,61	7,0 m
114	133	11,18	78,48	142	0,70	
62	74	6,08	85,02	71	1,40	
96	109	9,41	143,88	65	1,53	
104	126	10,20	137,34	74	1,35	
25	46	2,45	163,50	15	6,67	8,0 m
24	49	2,35	117,72	20	5,00	
25	43	2,45	130,80	19	5,34	
22	42	2,16	111,18	19	5,15	
21	38	2,06	117,72	17	5,72	
30	48	2,94	111,18	26	3,78	9,0 m
62	79	6,08	71,94	84	1,18	
112	123	10,98	91,56	120	0,83	
249	263	24,41	150,42	162	0,62	
50	73	4,90	71,94	68	1,47	
26	37	2,55	98,10	26	3,85	10,0 m

Revisione	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
0	26/01/2010	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

Segue Rapporto di Prova N°: 10.0056 /RSP

L1 kg/cm²	L2 kg/cm²	qc MPa	fs kPa	qc/fs -	Rf %	
20	35	1,96	71,94	27	3,67	
26	37	2,55	71,94	35	2,82	
30	41	2,94	85,02	35	2,89	
34	47	3,33	117,72	28	3,53	
39	57	3,82	189,66	20	4,96	11,0 m
40	69	3,92	228,90	17	5,84	
30	65	2,94	163,50	18	5,56	
34	59	3,33	183,12	18	5,49	
32	60	3,14	209,28	15	6,67	
35	67	3,43	228,90	15	6,67	12,0 m
35	70	3,43	209,28	16	6,10	
32	64	3,14	189,66	17	6,05	
40	69	3,92	143,88	27	3,67	
38	60	3,73	222,36	17	5,97	
37	71	3,63	143,88	25	3,97	13,0 m
27	49	2,65	137,34	19	5,19	
27	48	2,65	150,42	18	5,68	
25	48	2,45	163,50	15	6,67	
26	51	2,55	163,50	16	6,41	
33	58	3,24	189,66	17	5,86	14,0 m
26	55	2,55	130,80	19	5,13	
40	60	3,92	189,66	21	4,84	
38	67	3,73	176,58	21	4,74	
60	87	5,88	71,94	82	1,22	
327	338	32,06	176,58	182	0,55	15,0 m
410	437	40,20				

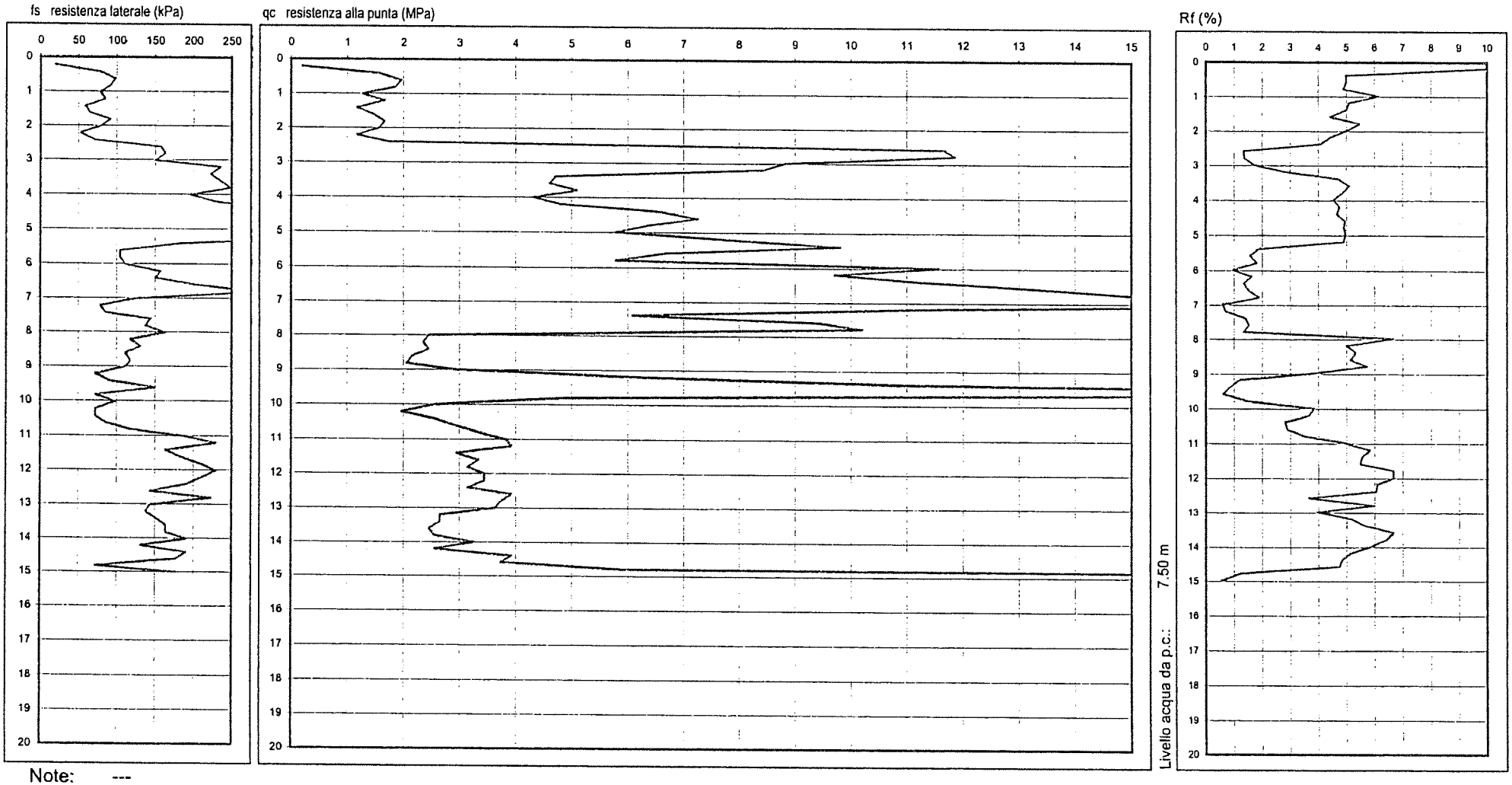
Revisione	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
0	26/01/2010	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

GEO-PROBE S.r.l.
- Indagini Geognostiche -
40033 CASALECCHIO DI RENO
Via Cimarosa, 119 - Tel. 051/61.33.072

C P T (CONE PENETRATION TEST) **N. 2**

Rapporto di Prova N°: **10.0056 /RSP**

Committente :	Comune di Ozzano dell'Emilia	Quota:	--
Località :	Ozzano dell'Emilia (BO) viale II Giugno	Data prova :	26/01/2010
Attrezzatura :	Penetrometro da 200 kN	Codice lavoro:	2010.013



Note: ---

Procedura di prova	Normativa di riferimento	Rev.	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
IO_003	ASTM D 3441-94	0	26/01/2010	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

GEO-PROBE S.r.l. Indagini Geognostiche

Committente: Comune di Ozzano dell'Emilia
Località : Ozzano dell'Emilia (BO)
Cantiere : viale II Giugno
n° prova : 3
Profondità falda : 7.50 m
Attrezzatura: Penetrometro da 200 kN
Note: ---

Rapporto di prova N°: 10.0057 /RSP

Data prova: 26/01/2010
Quota: --
Codice lavoro: 2010.013
Procedura di prova: IO_003

L1 kg/cm²	L2 kg/cm²	qc MPa	fs kPa	qc/fs -	Rf %	
8		0,78	52,32	15	6,67	
11	19	1,08	65,40	16	6,06	
12	22	1,18	71,94	16	6,11	
8	19	0,78	45,78	17	5,84	
23	30	2,25	111,18	20	4,93	1,0 m
14	31	1,37	91,56	15	6,67	
58	72	5,69	196,20	29	3,45	
82	112	8,04	294,30	27	3,66	
92	137	9,02	294,30	31	3,26	
119	164	11,67	209,28	56	1,79	2,0 m
121	153	11,86	196,20	60	1,65	
102	132	10,00	196,20	51	1,96	
85	115	8,33	327,00	25	3,92	
54	104	5,29	255,06	21	4,82	
77	116	7,55	261,60	29	3,47	3,0 m
78	118	7,65	385,86	20	5,05	
55	114	5,39	274,68	20	5,09	
65	107	6,37	340,08	19	5,34	
67	119	6,57	366,24	18	5,58	
64	120	6,27	333,54	19	5,32	4,0 m
77	128	7,55	483,96	16	6,41	
64	138	6,27	313,92	20	5,00	
59	107	5,78	346,62	17	5,99	
52	105	5,10	327,00	16	6,41	
50	100	4,90	202,74	24	4,14	5,0 m
37	68	3,63	196,20	18	5,41	
28	58	2,75	176,58	16	6,43	
41	68	4,02	202,74	20	5,04	
49	80	4,80	235,44	20	4,90	
118	154	11,57	124,26	93	1,07	6,0 m
223	242	21,86	130,80	167	0,60	
131	151	12,84	117,72	109	0,92	
72	90	7,06	85,02	83	1,20	
191	204	18,73	117,72	159	0,63	
64	82	6,27	71,94	87	1,15	7,0 m
22	33	2,16	137,34	16	6,37	
60	81	5,88	71,94	82	1,22	
35	46	3,43	215,82	16	6,29	
141	174	13,82	91,56	151	0,66	
14	28	1,37	85,02	16	6,19	8,0 m
10	23	0,98	65,40	15	6,67	
21	31	2,06	78,48	26	3,81	
44	56	4,31	117,72	37	2,73	
133	151	13,04	98,10	133	0,75	
155	170	15,20	91,56	166	0,60	9,0 m
84	98	8,24	156,96	52	1,91	
22	46	2,16	91,56	24	4,25	
17	31	1,67	71,94	23	4,32	
19	30	1,86	98,10	19	5,27	
23	38	2,25	137,34	16	6,09	10,0 m

Revisione	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
0	26/01/2010	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

Segue Rapporto di Prova N°: 10.0057 /RSP

L1 kg/cm²	L2 kg/cm²	qc MPa	fs kPa	qc/fs -	Rf %	
34	55	3,33	176,58	19	5,30	
29	56	2,84	183,12	16	6,44	
33	61	3,24	170,04	19	5,26	
37	63	3,63	196,20	18	5,41	
37	67	3,63	176,58	21	4,87	11,0 m
31	58	3,04	150,42	20	4,95	
34	57	3,33	176,58	19	5,30	
34	61	3,33	196,20	17	5,89	
30	60	2,94	130,80	22	4,45	
24	44	2,35	130,80	18	5,56	12,0 m
26	46	2,55	156,96	16	6,16	
25	49	2,45	143,88	17	5,87	
26	48	2,55	124,26	21	4,87	
19	38	1,86	124,26	15	6,67	
26	45	2,55	137,34	19	5,39	13,0 m
28	49	2,75	137,34	20	5,00	
19	40	1,86	117,72	16	6,32	
15	33	1,47	78,48	19	5,34	
15	27	1,47	65,40	22	4,45	
161	171	15,78	117,72	134	0,75	14,0 m
287	305	28,14	170,04	165	0,60	
341	367	33,43	183,12	183	0,55	
387	415	37,94	222,36	171	0,59	
415	449	40,69				
						15,0 m

Revisione	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
0	26/01/2010	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

GEO-PROBE S.r.l.
- Indagini Geognostiche -
40033 CASALECCHIO DI RENO
Via Cimarosa, 119 - Tel. 051/61.33.072

C P T (CONE PENETRATION TEST) N. 3

Rapporto di Prova N°: 10.0057 /RSP

Committente : Comune di Ozzano dell'Emilia

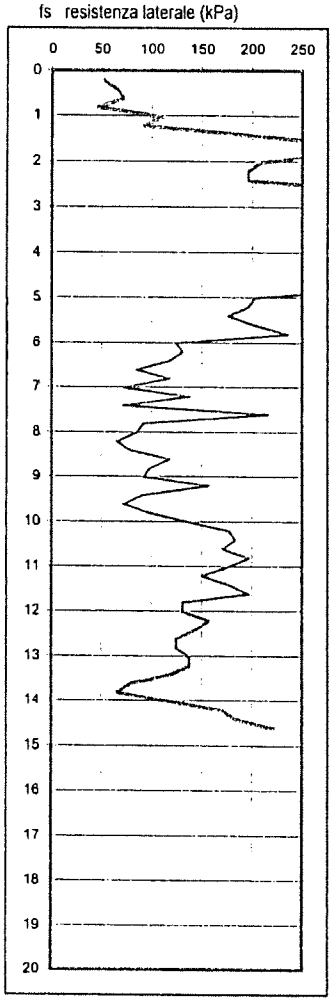
Località : Ozzano dell'Emilia (BO) viale II Giugno

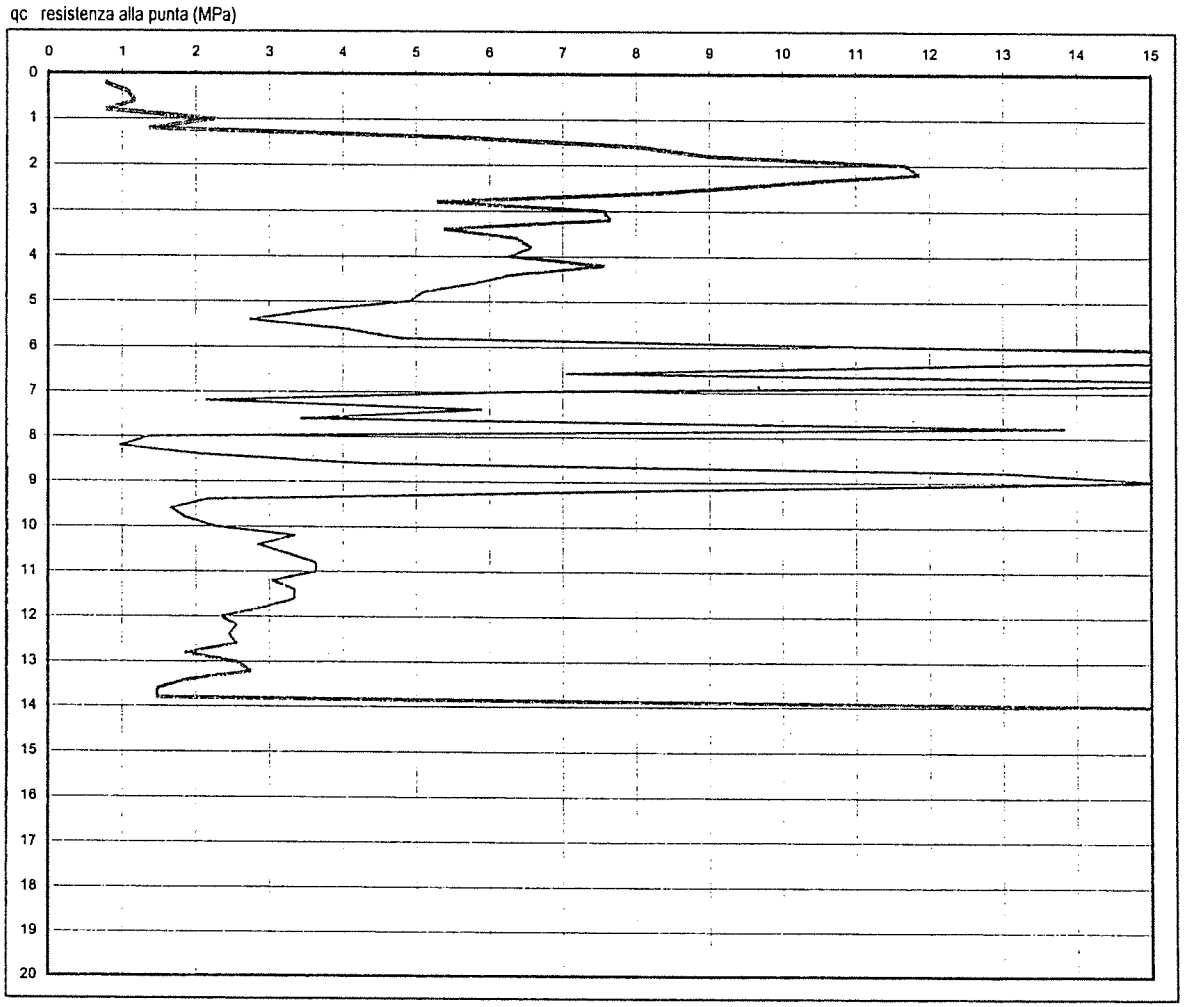
Attrezzatura : Penetrometro da 200 kN

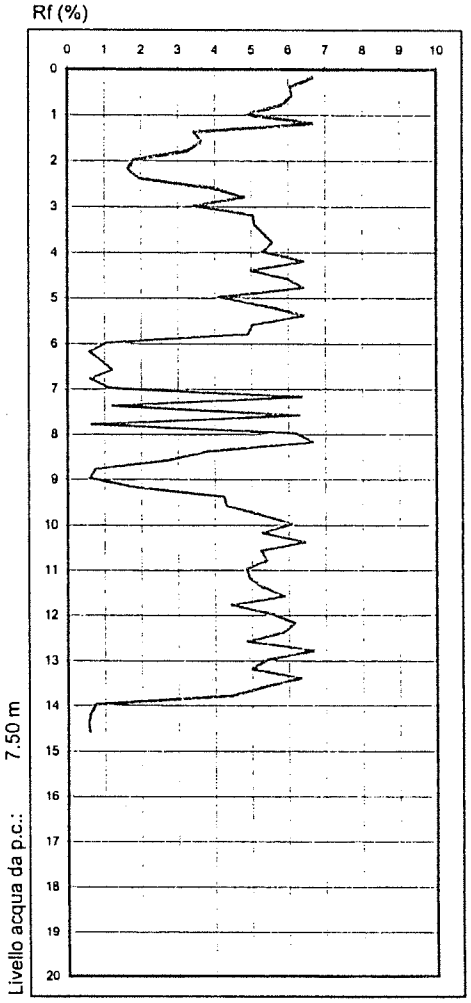
Quota: --

Data prova : 26/01/2010

Codice lavoro: 2010.013







Note: ---

Procedura di prova	Normativa di riferimento	Rev.	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
IO_003	ASTM D 3441-94	0	26/01/2010	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

GEO-PROBE S.r.l. Indagini Geognostiche

ALLEGATO D

Prove sismiche esistenti

- Geo-Probe (geol. Mirko Sita)
- Studio Mattioli

40139 BOLOGNA – Via Milano 17 – cell. 3495985869
mail: scageo@libero.it – web: www.studiogeologiascaglioni.it

Comune di Ozzano dell'Emilia

RELAZIONE GEOFISICA

Committente: Geo-Probe S.r.l.

Valutazione del parametro V_{S30} e determinazione della categoria del suolo di fondazione in un'area situata in Viale 2 Giugno a Ozzano dell'Emilia

Febbraio 2010

Geologo Mirko Sita
Via Leonardo da Vinci, 17 – 40069 Zola Predosa
Tel. 051.757378 Cell. 349.4515174
C.F. STIMRK74B15A944T – P.I. 02344551201

INDICE

1. INTRODUZIONE 1

2. RISPOSTA SISMICA LOCALE 3

3. RUMORE SISMICO AMBIENTALE 4

4. MISURAZIONE DEL RUMORE SISMICO AMBIENTALE 5

4.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA 5

4.2 ACQUISIZIONE DATI 7

4.3 INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI 8

4.4 VALUTAZIONE DEL PARAMETRO V_{S30} E DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE 10

5. CONCLUSIONI 11

1. INTRODUZIONE

Su incarico della ditta Geo-Probe S.r.l. è stata redatta la presente relazione riportante i risultati ottenuti da una registrazione del rumore sismico ambientale di fondo (microtremore) effettuata dallo scrivente in data 28 Gennaio 2010 in un'area situata in Viale 2 Giugno a Ozzano dell'Emilia.

Lo scopo dell'indagine è consistito nella valutazione della risposta sismica locale (vedere paragrafo dedicato) e nella conseguente determinazione del parametro V_{S30} al fine di classificare il suolo di fondazione del sito in accordo con la normativa vigente:

- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (14/01/2008): *Norme tecniche per le costruzioni* (G.U. n. 29 del 04/02/2008) – Suppl. Ordinario n° 30

Secondo la classificazione sismica dei comuni italiani l'area in esame ricade in Zona 2.

L'area di intervento è ubicata nell'Elemento *Ozzano dell'Emilia* n° 221141 della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:5.000.

L'ubicazione del punto di registrazione è indicata in Tavola 1 di seguito riportata.

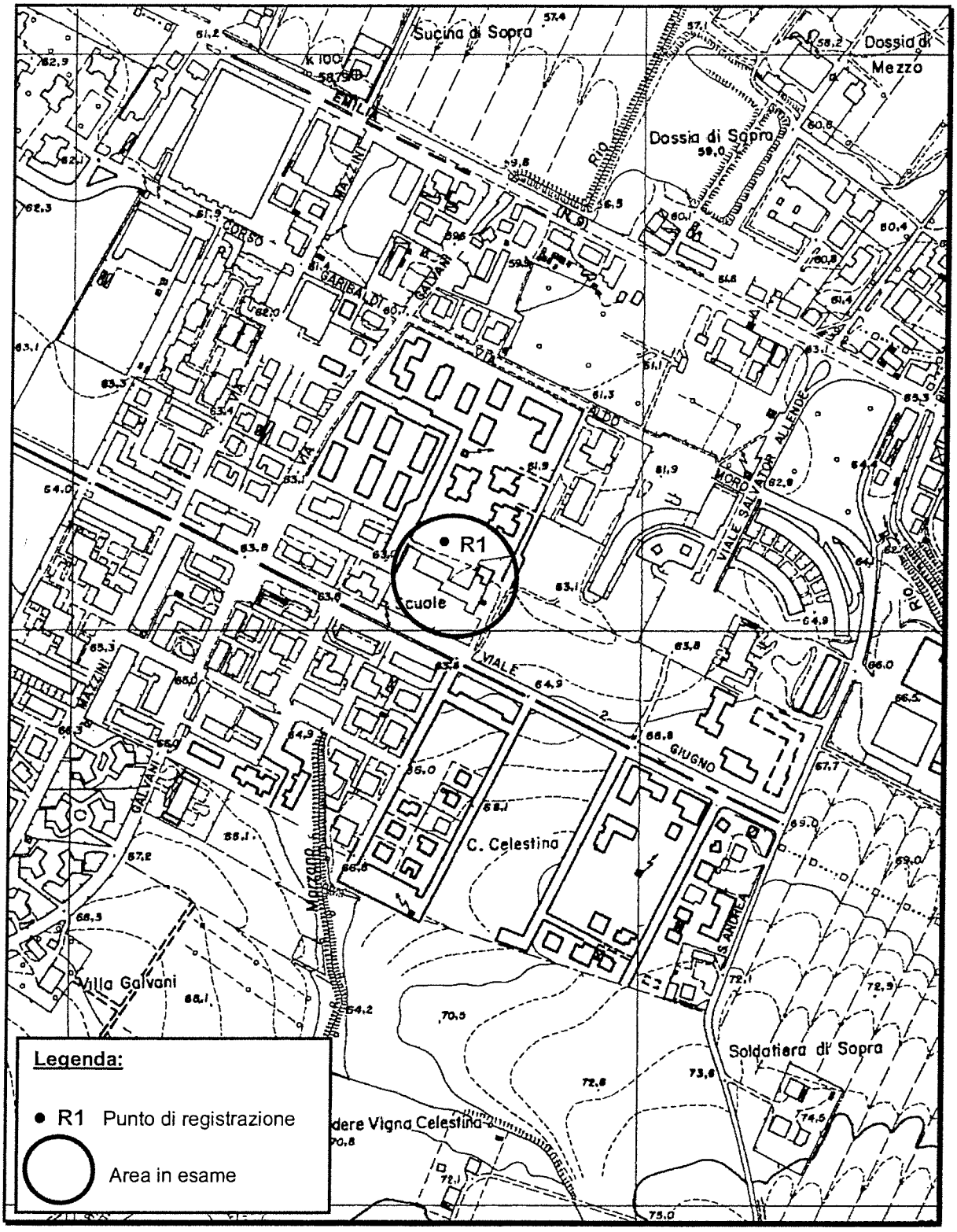


TAVOLA 1: Estratto dalla Carta Tecnica Regionale, Elemento *Ozzano dell'Emilia* n° 221141
Scala 1:5.000

Geologo Mirko Sita
Via Leonardo da Vinci, 17 – 40069 Zola Predosa
Tel. 051-757378 Cell. 349-4515174
C.F. STIMRK74B15A944T – P.I. 02344551201

2. RISPOSTA SISMICA LOCALE

La risposta sismica locale viene definita come l'insieme delle variazioni di ampiezza, durata e frequenza che un moto sismico, definito terremoto di riferimento perché associato ad una formazione rocciosa di base, subisce quando arriva ad interessare gli strati di terreno sovrastanti tale formazione a causa delle caratteristiche geotecniche e geomorfologiche del sito.

Le situazioni considerate a più alto rischio per gli effetti di sito e che portano ad un'amplificazione dell'onda sismica sono le:

- coltri sedimentarie che, essendo costituite da materiali con qualità geomeccaniche decisamente inferiori rispetto a quelle del substrato, intrappolano per riflessione le onde sismiche incidenti dal basso e le amplificano subendo così un maggiore moto del suolo;
- irregolarità topografiche, in particolare i rilievi che risultano essere più sensibili alle onde sismiche per effetto di condizioni geometriche e per fenomeni fisici a cui si rimanda a testi specifici.

Queste situazioni portano ad un'amplificazione dell'accelerazione massima riscontrabile in superficie rispetto a quella che ricevono dalla profondità ed alla variazione della composizione del moto sismico accentuando alcune frequenze e smorzandone altre in relazione alla velocità delle onde sismiche trasversali V_S nei depositi ed al loro spessore.

Lo studio della risposta sismica locale permette di:

- inquadrare l'analisi di interazione tra il terreno di fondazione e la struttura;
- prevedere le deformazioni permanenti del suolo;
- quantificare il rischio di fenomeni di instabilità come frane e liquefazioni;
- effettuare studi di microzonazione sismica.

3. RUMORE SISMICO AMBIENTALE

Il rumore sismico ambientale è conosciuto anche con il termine *microtremore*, dato che si manifesta con oscillazioni decisamente di piccola ampiezza (1~10 μm) e nettamente inferiori rispetto a quelle presenti nel campo prossimo all'epicentro di un terremoto. È costituito in piccola parte da onde di volume (P o S) e per lo più da onde superficiali (in particolare onde di Rayleigh) prodotte da interferenza delle prime e con velocità prossime alle onde S.

La sua permanente presenza sull'intera superficie terrestre è dovuta a:

- fenomeni atmosferici (in particolare al moto delle onde oceaniche e del vento);
- attività antropica (come industrie e traffico);
- attività dinamica terrestre.

L'acquisizione dei microtremori viene effettuata con strumenti a metodologia passiva, in quanto agiscono direttamente come sorgente di eccitazione e non richiedono pertanto l'utilizzo di battute o esplosioni classiche della sismica attiva.

La tecnica maggiormente sfruttata per lo studio dei microtremori è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale e conosciuta come HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*). È infatti un'opinione accettata in letteratura che le singole componenti del rumore ambientale possono presentare ampie variazioni in funzione dei disturbi naturali ed antropici, mentre il rapporto delle componenti orizzontali e della componente verticale tende a rimanere costante conservando così il picco della frequenza di risonanza fondamentale.

Lo sviluppo di questa metodologia ha visto come massimo fautore Nakamura (1989), il quale si è basato su tre assunzioni fondamentali:

1. Considerare l'origine dei microtremori solo da sorgenti superficiali e trascurare le sorgenti profonde.
2. Considerare l'amplificazione come conseguenza della propagazione delle onde all'interno di

uno strato soffice situato al di sopra di un semispazio rigido e omogeneo tale da creare un forte contrasto di impedenza sismica tra le due parti.

3. Considerare la componente verticale del moto non soggetta a fenomeni di amplificazione dallo strato superficiale ad eccezione delle onde di Rayleigh.

Le registrazioni dei microtremori possono offrire un valido aiuto per ricavare indicazioni riguardanti variazioni litostratigrafiche e per la determinazione della velocità delle onde di taglio. In considerazione di quest'ultimo punto risulta evidente il loro utilizzo pratico ai fini del calcolo del parametro V_{S30}.

4. MISURAZIONE DEL RUMORE SISMICO AMBIENTALE

4.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le registrazioni del rumore sismico ambientale sono state effettuate tramite tromografo digitale *Tromino* della Micromed S.p.A., il quale permette sia l'acquisizione digitale in alta risoluzione in modo passivo e non intrusivo sia il pre-processing dei dati. È costituito da tre velocimetri elettrodinamici ortogonali (N-S, E-W e in senso verticale) con autobloccaggio in fase di non acquisizione e da un GPS interno.

Considerando il suolo come un corpo viscoelastico risulta possibile effettuare la misurazione delle frequenze proprie di oscillazione, riconosciute come funzioni delle proprietà meccaniche dei materiali e della morfologia attorno al sito in esame.

Tramite lo strumento utilizzato per questa indagine, oltre alla registrazione del rumore sismico, è possibile ricavare queste frequenze di risonanza del sottosuolo e anche quelle degli edifici, conoscendo le quali si creano basi utili in fase di progettazione per evitare la produzione di fenomeni di amplificazione sismica dovuti all'accoppiamento tra le due vibrazioni nel caso coincidessero i loro valori in frequenza.

Ciò produrrebbe un notevole aumento della sollecitazione sulle strutture in caso di evento sismico.

Le principali note tecniche di questo tromografo digitale presentate dalla ditta costruttrice sono di seguito esposte:

PRINCIPALI NOTE TECNICHE	
Alimentazione	2 batterie alcaline x 1.5 VDC AA
Voltaggio interno	+3.3 V, +3.6 V per la sezione analogica
Consumi	75 mW (GPS disattivato), 450 mW (GPS attivo)
Durata delle batterie	80 h di misura continua con GPS disattivato
Numero di canali	3+1 analogici
Amplificatori	tutti canali con input differenziali
Rumore	< 0.5 µV r.m.s. @128 Hz sampling
Impedenza dell'input	10^6 Ohm
Range di frequenze	DC - 360 Hz
Frequenza di campionamento	16384 Hz per canale
Frequenze di sovracampionamento	32x, 64x, 128x
Conversione A/D	equivalente a 24 bit
Massimo input analogico	51.2 mV (781 nV/digit)
Display grafico	grafico, 128 x 64 pixel, retroilluminato
Tastiera	4 tasti a membrana
Orologio	interno, permanente con datario e allarme, può essere visualizzato anche durante l'acquisizione
GPS	12 canali con time-marker (precisione 1 µs), può essere visualizzato anche durante l'acquisizione
Livella	a bolla d'aria, elevata precisione orizzontale, sensibilità 5' d'arco (0.083°)
Connessioni	porta USB, tipo B
Registrazione dati	memoria interna, standard 512 Mb, opzionale fino a 2 Gb
Dimensione e peso	10 x 14 x 7.7 (altezza) cm 1.1 kg contenitore di alluminio
Accoppiamento col terreno	su punte e cuscinetto reologico
Condizioni operative	temperatura - 10 / +70°C umidità 0-90% senza condensa
Impermeabilità	indice di protezione IP = 65 (resistente alla polvere, resistente agli spruzzi)
Sensori	3 velocimetri elettrodinamici ortogonali ad alta risoluzione autobloccaggio quando non in acquisizione

Tabella 1: Principali note tecniche dello strumento di acquisizione.

L'elaborazione dei dati prevede i seguenti passaggi ed è stata effettuata tramite software *Grilla*, in dotazione allo strumento, con cui è possibile effettuare analisi spettrali e analisi HVSR (in funzione del tempo ed in funzione della direzione):

1. suddivisione della registrazione del rumore sismico nelle sue tre componenti in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno;
2. analisi spettrale del segnale nelle tre componenti;
3. correzione da andamenti anomali (*detrend*);
4. riduzione della dispersione del segnale (*tapering*);
5. calcolo della FFT (*Fast Fourier Transform*) e analisi spettrale PSD (*Power Spectral Density*);
6. lisciamento;
7. media degli HVSR calcolati sulla varie finestre.

4.2 ACQUISIZIONE DATI

Al fine di tarare al meglio gli spessori e le velocità sismiche degli strati, la registrazione è stata eseguita in prossimità della prova penetrometrica CPT3 effettuata nell'area in esame.

Di seguito vengono riportate le informazioni riguardanti l'acquisizione dei dati in campagna:

	R1
Inizio registrazione	Ore 16:36:22 Data 28/01/10
Fine registrazione	Ore 16:48:23 Data 28/01/10
Lunghezza della traccia	12'00"
Frequenza di campionamento	256 Hz
Dimensione della finestra di suddivisione del tracciato	30 sec
Finestra di lisciamento	Triangolare
Lisciamento	10%

Tabella 2: Dati riguardanti l'acquisizione e l'elaborazione.

Le misure sono state effettuate su terreno argilloso soffice e umido.

Le condizioni meteo durante la registrazione sono state buone. Il vento è stato di debole intensità, dunque tale da non creare disturbo ai dati.

Lo scrivente ritiene che non ci siano state altre condizioni sfavorevoli atte a produrre vibrazioni aggiuntive a quelle di interesse.

4.3 INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Il grafico 1, indicante gli spettri delle tre componenti ortogonali tra loro, mostra la presenza di rumore antropico in corrispondenza di circa 3 Hz. Tale disturbo risulta in ogni modo di larghezza ridotta e non inficia minimamente l'interpretazione dei dati.

Per quanto riguarda l'accoppiamento dello strumento con il terreno si nota una buona qualità, dal momento che nessuna delle tre curve tende ad avere un andamento completamente discordante da quello delle altre due. Pertanto i picchi principali e secondari presenti nel grafico 2, indicante il diagramma HVSR, sono da considerare naturali.

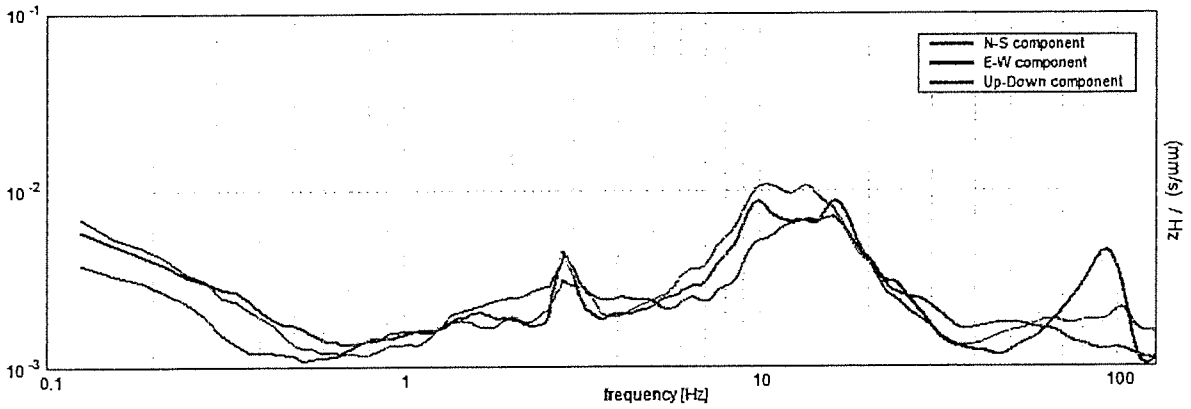


Grafico 1: Spettri delle tre componenti ortogonali rilevate nella registrazione R1.

Il grafico 2 (pagina successiva) mostra un picco principale a circa 9 Hz, interpretato come il contatto tra i materiali fini superficiali e quelli più grossolani sottostanti. Tale contatto è stato incontrato alla profondità di circa 6 metri nella prova CPT3 ed è stato sfruttato come ancoraggio ai fini del calcolo del parametro V_{S30}.

Per frequenze comprese tra 1 Hz e 5 Hz si nota invece un'inversione di velocità, situazione piuttosto comune nelle situazioni in cui al di sotto di materiali grossolani c'è un ritorno, come in questo caso, a materiali fini.

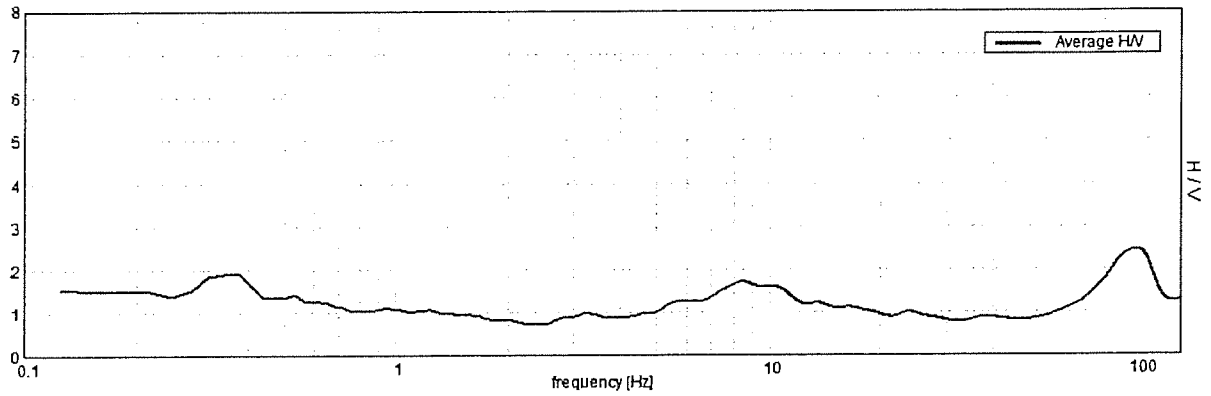


Grafico 2: Diagramma HVSR indicante lo spettro del moto del suolo rilevato nella registrazione R1.

Le velocità estratte per gli spessori dei materiali nel punto di registrazione R1 vengono di seguito esposte. Non conoscendo l'esatta quota dell'intervento che verrà effettuato nell'area in esame, vengono indicate le profondità fino a 34 metri, in modo da poter calcolare i vari valori del parametro V_{S30}.

	Profondità (m)	**V_S (m/sec)**
Strato sismico 1	0.0 – 0.3	130
Strato sismico 2	0.3 – 5.8	210
Strato sismico 3	5.8 – 9.2	410
Strato sismico 4	9.2 – 13.8	230
Strato sismico 5	13.8 – 16.0	420
Strato sismico 6	16.0 – 34.0	240

4.4 VALUTAZIONE DEL PARAMETRO V_{S30} E DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Sulla base dei risultati ricavati nel paragrafo 4.3, ed in accordo con l'attuale normativa, viene calcolato il valore del parametro V_{S30} tramite la formula:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{hi}{Vi}}$$

Da cui, rispetto al piano campagna, si ottiene:

$$V_{S30\ (0.0 \div 30.0)} = 249 \text{ m/sec}$$

Considerando invece varie possibili profondità dell'intervento che verrà effettuato nell'area in esame, si ricava:

$$V_{S30\ (1.0 \div 31.0)} = 252 \text{ m/sec}$$

$$V_{S30\ (2.0 \div 32.0)} = 254 \text{ m/sec}$$

$$V_{S30\ (3.0 \div 33.0)} = 255 \text{ m/sec}$$

$$V_{S30\ (4.0 \div 34.0)} = 256 \text{ m/sec}$$

Per le velocità sopra elencate per il terreno in oggetto, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, viene associata una categoria di suolo di fondazione di tipo C definita:

C - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 metri, 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 fina).

5. CONCLUSIONI

I risultati della registrazione dei microtremori vengono sinteticamente esposti di seguito:

1. Il sito in esame mostra un picco principale a circa 9 Hz, interpretato come il contatto tra i materiali fini superficiali e quelli più grossolani sottostanti. Tale contatto è stato incontrato alla profondità di circa 6 metri nella prova CPT3;
2. Rispetto al piano campagna si ottiene:

   $$V_{S30\ (0.0 \div 30.0)} = 249 \text{ m/sec}$$

   Considerando invece varie possibili profondità dell'intervento che verrà effettuato nell'area in esame, si ricava:

   $$V_{S30\ (1.0 \div 31.0)} = 252 \text{ m/sec}$$

   $$V_{S30\ (2.0 \div 32.0)} = 254 \text{ m/sec}$$

   $$V_{S30\ (3.0 \div 33.0)} = 255 \text{ m/sec}$$

   $$V_{S30\ (4.0 \div 34.0)} = 256 \text{ m/sec}$$

3. La categoria del suolo di fondazione per le velocità sopra elencate è pertanto di tipo C.

Lo scrivente resta a disposizione per qualsiasi ulteriore chiarimento o caso dubbio.

Zola Predosa, 9 Febbraio 2010

Geologo Mirko Sita

Geologo Mirko Sita
Via Leonardo da Vinci, 17 – 40069 Zola Predosa
Tel. 051-757378 Cell. 349-4515174
C.F. STIMRK74B15A944T – P.I. 02344551201

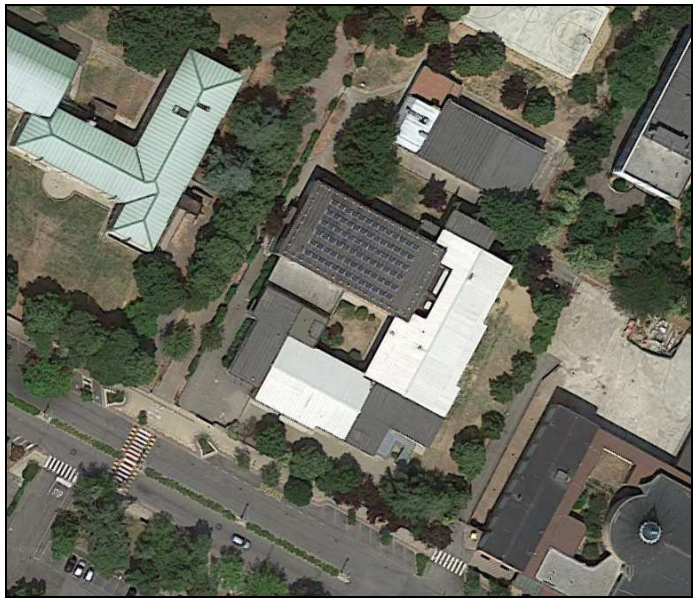
STUDIO MATTIOLI

RT17002

Comune di Ozzano dell'Emilia (BO)

STUDIO SISMICO DEI TERRENI DEL PRIMO SOTTOSUOLO CARATTERIZZANTI L'AREA DELLA SCUOLA ELEMENTARE BRUNO CIARI – OZZANO DELL'EMILIA (BO)

Dicembre 2017



Comune di Ozzano dell'Emilia

Settore Programmazione e Gestione Territorio

40064 Ozzano dell'Emilia (BO)

Studio Mattioli s.r.l.

Dott. Matteo Mattioli

……GEOLOGO……

VIA SANTO STEFANO N°30 • 40125 • BOLOGNA • TEL: 051/6449001 - FAX: 051/3395470
WEB PAGE: WWW.STUDIOMATTIOLI.COM • E-MAIL: STUDIO.MATTIOLI@STUDIOMATTIOLI.COM

INDICE

1 PREMESSA 3
2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO 4
3 INDAGINI SISMICHE 5
3.1 HVSR - Sismica a Stazione Singola 5
3.2 MASW - Stendimento Sismico 6
4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DI SITO 8
5 BIBLIOGRAFIA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO 9
6 ELENCO DELLE TAVOLE E DEGLI ALLEGATI A FINE TESTO 10

VIA SANTO STEFANO N°30 • 40125 • BOLOGNA • TEL: 051/6449001 - FAX: 051/3395470
WEB PAGE: WWW.STUDIOMATTIOLI.COM • E-MAIL: STUDIO.MATTIOLI@STUDIOMATTIOLI.COM

1 Premessa

A seguito dell'incarico ricevuto dal Comune di Ozzano dell'Emilia - Settore Programmazione e Gestione Territorio, Servizio Opere Pubbliche e Ambiente - si fornisce il seguente elaborato relativo la caratterizzazione sismica dei terreni del primo sottosuolo caratterizzanti l'area della scuola elementare Bruno Ciari, ubicata in viale II Giugno a Ozzano dell'Emilia alle coordinate geografiche 44.442413; 11.473904 (S.R:wgs84).

Il presente studio è stato attuato sviluppando i punti seguenti:

- ubicazione geografico/cartografia del sito;
- campagna di prove sismiche a onde superficie (HVSR e MASW)
- elaborazione dei dati e costruzione del profilo sismo-stratigrafico di sito;
- categorizzazione sismica di sito, ai sensi del D.M. 14.01.2008.

VIA SANTO STEFANO N°30 • 40125 • BOLOGNA • TEL: 051/6449001 - FAX: 051/3395470
WEB PAGE: WWW.STUDIOMATTIOLI.COM • E-MAIL: STUDIO.MATTIOLI@STUDIOMATTIOLI.COM

2 Inquadramento geografico e cartografico

Il sito d'indagine è situato in Viale II Giugno nel territorio comunale di Ozzano dell'Emilia, in corrispondenza del centro abitato, in zona pianeggiante *(vd. Figura 1)*. Il sito è rappresentato nelle seguenti Carte Tecniche reperibili nel Geoportale Emilia Romagna:

- Elemento 221140: toponimo "*Ozzano dell'Emila*", scala 1:10.000;
- Elemento 221141: toponimo "*Ozzano dell'Emilia*", scala 1:5000

Figura 1 - Inquadramento cartografico

VIA SANTO STEFANO N°30 • 40125 • BOLOGNA • TEL: 051/6449001 - FAX: 051/3395470
WEB PAGE: WWW.STUDIOMATTIOLI.COM • E-MAIL: STUDIO.MATTIOLI@STUDIOMATTIOLI.COM

3 Indagini Sismiche

Per la ricostruzione del profilo sismo-startigrafico dell'area e la categorizzazione sismica dei terreni sono state eseguite indagini sismiche a stazione singola e in array sismico (stendimento geofonico). Grazie ai differenti principi fisici sui quali si basano le due prove, è possibile raggiungere elevate profondità d'indagine e contemporaneamente ottenere una buona risoluzione superficiale.

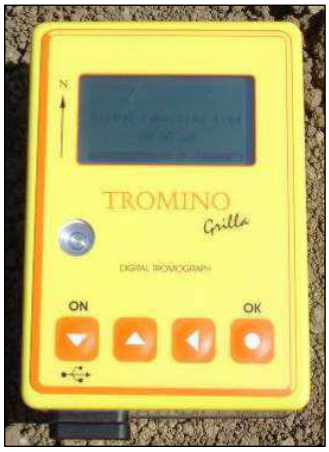
Il profilo sismo-stratigrafico è il risultato di un unico processo di fitting degli spettri risultanti dalle due differenti prove, rispettivamente lo spettro H/V dalla prova a stazione sisngola e gli spettri di velocità di fase e di gruppo dallo stendimento sismico MASW. Il modello sismo-stratigrafico risultante è riprtato in ***Allegato 1.***

INDAGINE	LUNGHEZZA STENDIMENTO	PASSO	Freq. CAMPIONAMENTO	METODO DI ANALISI
MASW	16 m	1 m	256 Hz	Spettri di Velocità di Fase

INDAGINE	TEMPO ACQUISIZIONE	Freq. CAMPIONAMENTO	METODO DI ANALISI
HVSR	20 minuti	256 Hz	Rapporto Spettrale H/V

3.1 HVSR - Sismica a Stazione Singola

Per ottenere informazioni indirette sulle proprietà fisiche e reologiche del terreno indagato e quindi al fine di valutare il parametro Vs30 caratteristico dell'area, ovvero la media delle velocità delle onde sismiche superficiali nei primi 30,00 m di profondità dal piano campagna, si sono realizzate n. 2 indagini geofisiche HVSR per mezzo di tromografo digitale.



Il metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) proposto da *Nogoshi e Igarashi (1970)* e successivamente modificato da *Nakamura (1989),* si basa sull'analisi del rapporto spettrale tra le componenti orizzontale (H) e verticale (V) del rumore sismico registrato in un sito. Il rumore sismico è presente ovunque ed è generato sia da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) che dall'attività antropica. Il rumore sismico è indicato spesso come microtremore poiché è caratterizzato da oscillazioni molto deboli (dell'ordine dei μm/s). I microtremori sono in parte costituiti da onde di volume, P o S, ma soprattutto da onde superficiali, la cui velocità è comunque prossima a quella delle onde S (*Mulargia et al., 2007*).

VIA SANTO STEFANO N°30 • 40125 • BOLOGNA • TEL: 051/6449001 - FAX: 051/3395470
WEB PAGE: WWW.STUDIOMATTIOLI.COM • E-MAIL: STUDIO.MATTIOLI@STUDIOMATTIOLI.COM

Esiste un consenso generale sull'efficacia del metodo HVSR nel fornire stime sulla frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo, almeno nel caso di un modello semplice unidimensionale con strato soffice al di sopra di uno strato rigido *(Lachet and Bard, 1994; Lermo and Chavez-Garcia, 1994; Ibs-von Seht and Wohlenberg, 1999*). In questo caso semplice, tale frequenza f_0 è legata allo spessore h e alla velocità delle onde di taglio Vs dello strato soffice attraverso la seguente relazione:

$$f_0 = \frac{Vs}{4 \cdot H} Hz$$

Naturalmente, la complessità stratigrafica del sottosuolo produce curve H/V sperimentali con svariati picchi, per le quali non è possibile applicare un modello semplice. Tuttavia, attraverso il confronto delle curve sperimentali con curve H/V sintetiche, è possibile derivare profili di velocità delle onde di taglio S nel sottosuolo, in presenza di adeguati vincoli, ottenuti da prove geognostiche dirette o da altre indagini geofisiche (*Fäh et al., 2001; Castellaro and Mulargia, 2009*).

La tecnica di misura del rumore sismico richiede tempi di registrazione pari a 15-20 minuti e necessita di sensori tridirezionali da sismologia con messa in bolla, digitalizzatore 24 bit con elevata dinamica, elevato guadagno ed elevata frequenza di campionamento nativo, con minimizzazione del rumore elettro/meccanico.

Allo scopo di ottenere i dati necessari al calcolo del parametro Vs30 è stato utilizzato un tromografo digitale, "Tromino Engy" (*Micromed S.p.A., vd. Figura a lato*) dotato di 3 canali velocimetrici (N-S, E-W, Up-Down) ad alto guadagno per l'acquisizione del microtremore sismico ambientale (fino a ~1.5 mm/s); il sistema opera nell'intervallo di frequenze 0.1–1024 Hz.

È stata acquisita una misura di rumore sismico per un tempo di registrazione pari a 20 minuti e l'elaborazione dei dati di rumore sismico acquisiti è avvenuta mediante software Grilla (*Micromed S.p.A.*). Per maggiori dettagli a riguardo alle prospezioni sismiche svolte, si rimanda agli elaborati scaturiti dalle indagini e raccolti in ***Allegato 1.***

3.2 MASW - Stendimento Sismico

Questa tecnica attiva prevede la stesa di un arrey sismico le cui caratteristiche di acquisizione dipendono dall'interdistanza geofonica, dalla lunghezza, distanza sorgente - primo geofono e dalla frequenza di campionamento. Questa tecnica utilizza il carattere dispersivo delle onde superficie di Rayleigh, per il quale la velocità di fase non sono uguali a quelle del gruppo d'onda, quindi onde a lunghezze d'onda maggiori assumeranno velocità di propagazione rappresentative di profondità

VIA SANTO STEFANO N°30 • 40125 • BOLOGNA • TEL: 051/6449001 - FAX: 051/3395470
WEB PAGE: WWW.STUDIOMATTIOLI.COM • E-MAIL: STUDIO.MATTIOLI@STUDIOMATTIOLI.COM

maggiori e viceversa. Infatti un onda di Rayleigh di lunghezza d'onda λ mobilita terreni alla profondità di circa $\lambda/2$-$\lambda/3$. Le serie temporali multicanale ottenute sono state elaborate nel dominio frequenza-velocità di fase al fine di discriminare l'energia associata alle onde di Rayleigh. Le curve di dispersione sono ottenute dalla modellazione sismica manuale per il Fitting sugli spettri a contour.

Nell'area d'indagine è stato eseguito uno stendimento M.A.S.W. composto da 16 canali (geofoni aventi frequenza propria di 4.5 Hz) ad un inter-distanza di 1 m e sono state effettuate tre energizzazioni mediante caduta di un grave (martello battente su di una piastra di battuta), sfruttando una modalità continua di acquisizione (separata in fase di elaborazione in finestre da 2 s), con progressiva distanza sorgente-primo geofono di: 3, 4, 5 m. I risultati della prova vengono riportati in ***Allegato 1.***

VIA SANTO STEFANO N°30 • 40125 • BOLOGNA • TEL: 051/6449001 - FAX: 051/3395470
WEB PAGE: WWW.STUDIOMATTIOLI.COM • E-MAIL: STUDIO.MATTIOLI@STUDIOMATTIOLI.COM

4 Caratterizzazione sismica di sito

Per la caratterizzazione dinamica del sito è possibile utilizzare la classificazione riportata nella seguente tabella, in cui la suddivisione in classi di sottosuolo avviene (ove possibile) in funzione dei valori delle V_{s30} (velocità media equivalente di propagazione entro 30 metri di profondità delle onde di taglio) e subordinatamente, in base ai valori di N_{SPT} per terreni granulari e cu per terreni coesivi.

	DESCRIZIONE DEL PROFILO STRATIGRAFICO	***Parametri***		
		V_{S30} *(m/s)*	N_{SPT} *(colpi/30cm)*	c_u *(kPa)*
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi, caratterizzati da valori di Vs,30 superiori a 800 m/s comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m	>800	-	-
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 e 800 m/s ovvero resistenza penetrometrica NSPT>50 e cu>250 kPa	360 800	>50	>250
C	Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri caratterizzati da valori di Vs,30 compresi tra 180 e 360 m/s (15<NSPT<50 e 70<cu<250 kPa)	180 360	15-50	70–250
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di Vs,30<180 m/s (NSPT<15, cu<70 kPa)	<180	<15	<70
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di Vs,30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore tra 5 e 20 m giacenti su un substrato di materiale più rigido con Vs,30 >800 m/s			
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità (PI>40) e contenuto d'acqua caratterizzati da Vs,30 <100 m/s e 10<cu<20 kPa	<100	-	10-20
S2	Depositi di terreno soggetto a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti			

Dal modello di velocità delle onde di taglio ottenuto a seguito delle indagini HVSR e MASW realizzate, è stato stimato un valore del parametro Vs30 di 332 m/s.

Ai sensi dell'art. 3.2.2 del D.M. 14/01/2008, unicamente sulla base del parametro Vs30, il sottosuolo ricade in categoria C. Per maggiori dettagli riguardo le prospezioni geofisiche svolte, si rimanda agli elaborati scaturiti dall'indagine e raccolti in ***Allegato 1.***

Bologna, Dicembre 2017

STUDIO MATTIOLI s.r.l.
Prof. Matteo Mattioli

VIA SANTO STEFANO N°30 • 40125 • BOLOGNA • TEL: 051/6449001 - FAX: 051/3395470
WEB PAGE: WWW.STUDIOMATTIOLI.COM • E-MAIL: STUDIO.MATTIOLI@STUDIOMATTIOLI.COM

5 Bibliografia e documentazione di riferimento

- *FAH D., KIND F. and GIARDINI D., (2001). A theoretical investigation of average H/V ratios, Geophys. J. Int. 145, 535-549.*
- *LACHET C. and BARD P. Y., (1994). Numerical and theoretical investigations on the possibilities and limitation of Nakamuras thecnique, J. Phys. Earth 42, 377-397.*
- *MULARGIA F., CASTELLARO S., ROSSI P.L., (2007). Effetti di sito e Vs30: una risposta alla normativa antisismica. Il Geologo dell'Emilia Romagna Anno VII-2007 N.25 - Nuova serie.*
- *NAKAMURA Y., (1989). A method for dynamic characteristics estimates of subsurface using microtremor on the round surface, QR of RTI, 30, 25-33.*
- *NOGOSHI M. e IGARASHI T., (1970). On the propagation characteristics of microtremors, J. Seism. Soc. Japa, 23, 264-280.*
- *PARK, C.B., MILLER, R.D., AND XIA J. (1999). Multichannel Analysis of surface waves - Geophysiscs, 64, 800-808.*

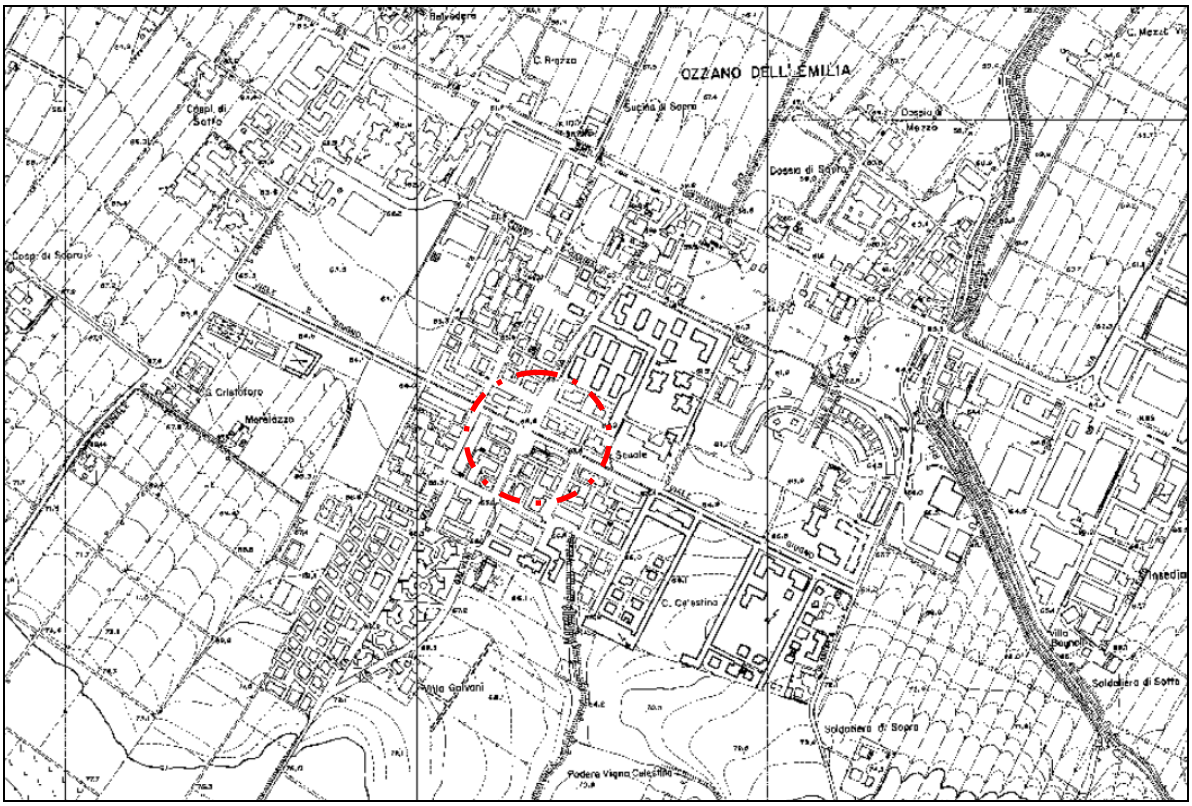
VIA SANTO STEFANO N°30 • 40125 • BOLOGNA • TEL: 051/6449001 - FAX: 051/3395470
WEB PAGE: WWW.STUDIOMATTIOLI.COM • E-MAIL: STUDIO.MATTIOLI@STUDIOMATTIOLI.COM

6 Elenco delle tavole e degli allegati a fine testo

TAVOLA 1 - AREA DI INDAGINE. ESTRATTO DALLA TAVOLA 11
TAVOLA 2 - FOTO SATELLITARE – UBICAZIONE INDAGINI 12
TAVOLA 3 – FOTOGRAFIE INDAGINI SISMICHE 13
ALLEGATO 1 14

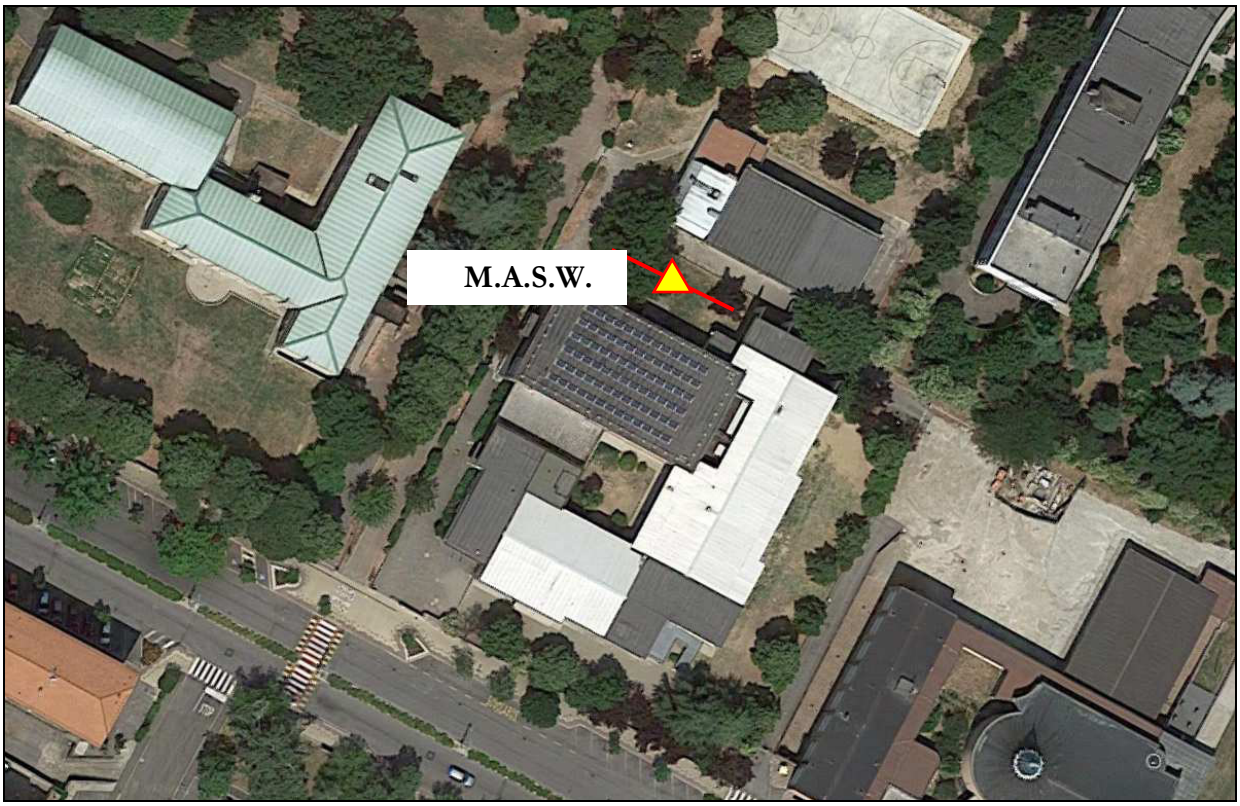
VIA SANTO STEFANO N°30 • 40125 • BOLOGNA • TEL: 051/6449001 - FAX: 051/3395470
WEB PAGE: WWW.STUDIOMATTIOLI.COM • E-MAIL: STUDIO.MATTIOLI@STUDIOMATTIOLI.COM

TAVOLA 1 - AREA DI INDAGINE. ESTRATTO DALLA TAVOLA



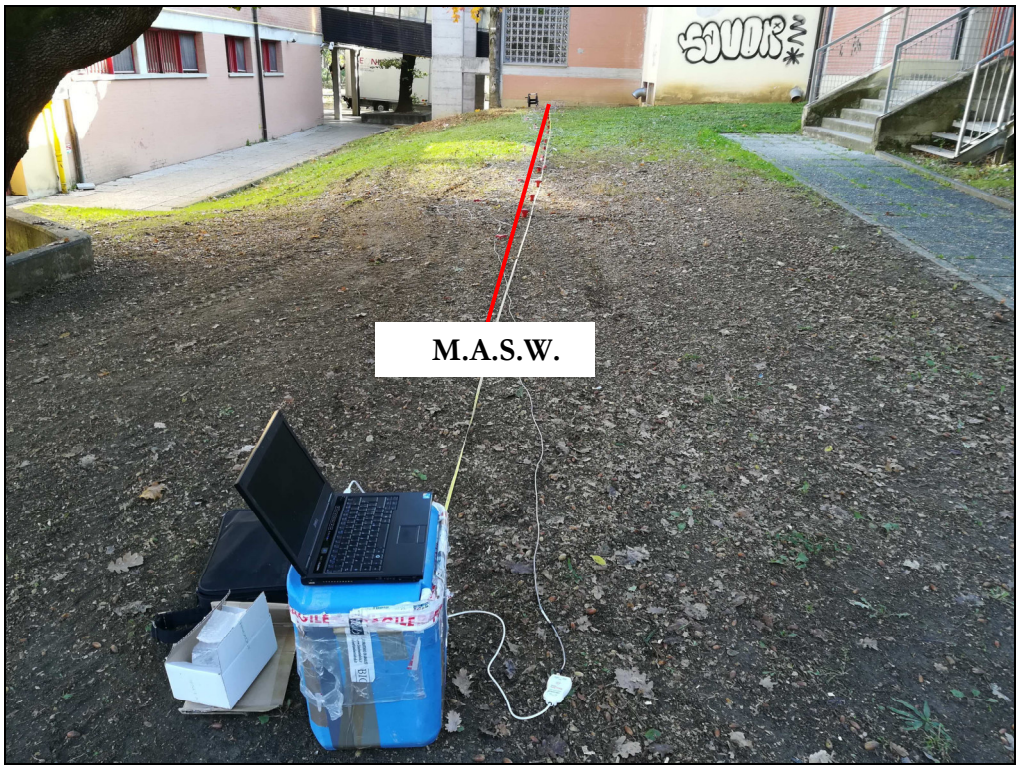
VIA SANTO STEFANO N°30 • 40125 • BOLOGNA • TEL: 051/6449001 - FAX: 051/3395470
WEB PAGE: WWW.STUDIOMATTIOLI.COM • E-MAIL: STUDIO.MATTIOLI@STUDIOMATTIOLI.COM

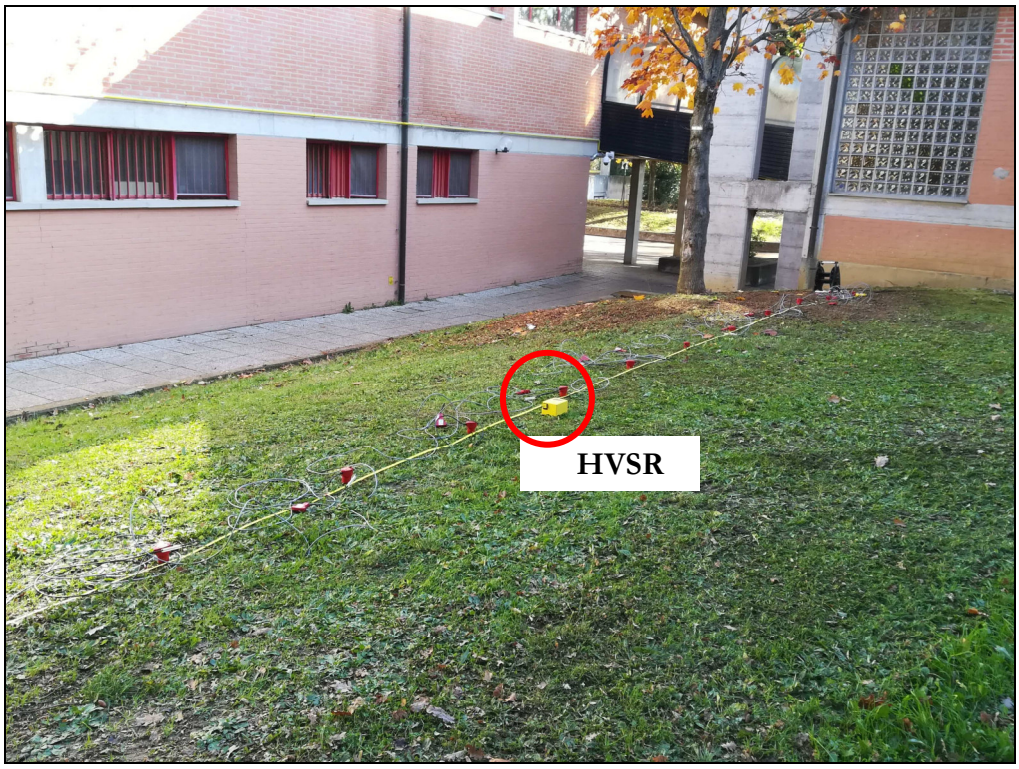
TAVOLA 2 - FOTO SATELLITARE – UBICAZIONE INDAGINI



VIA SANTO STEFANO N°30 • 40125 • BOLOGNA • TEL: 051/6449001 - FAX: 051/3395470
WEB PAGE: WWW.STUDIOMATTIOLI.COM • E-MAIL: STUDIO.MATTIOLI@STUDIOMATTIOLI.COM

TAVOLA 3 – FOTOGRAFIE INDAGINI SISMICHE



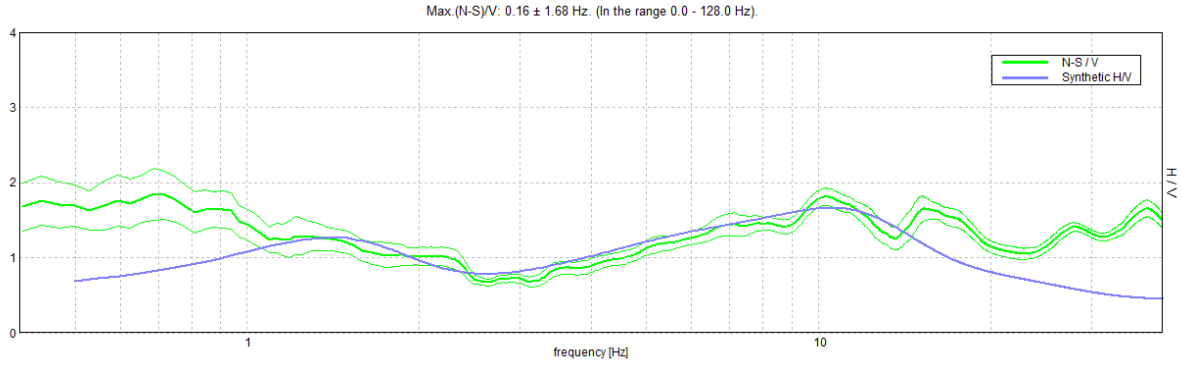


VIA SANTO STEFANO N°30 • 40125 • BOLOGNA • TEL: 051/6449001 - FAX: 051/3395470
WEB PAGE: WWW.STUDIOMATTIOLI.COM • E-MAIL: STUDIO.MATTIOLI@STUDIOMATTIOLI.COM

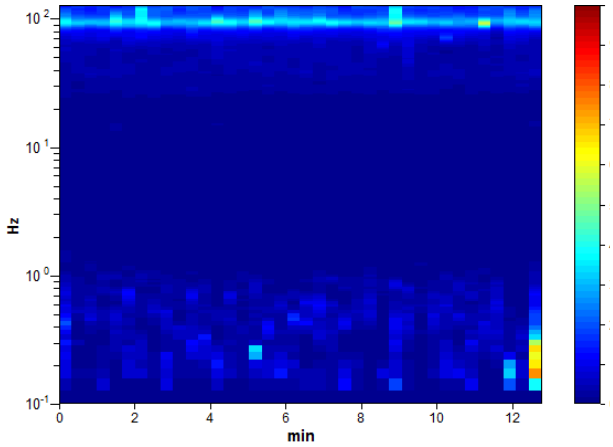
ALLEGATO 1

VIA SANTO STEFANO N°30 • 40125 • BOLOGNA • TEL: 051/6449001 - FAX: 051/3395470
WEB PAGE: WWW.STUDIOMATTIOLI.COM • E-MAIL: STUDIO.MATTIOLI@STUDIOMATTIOLI.COM

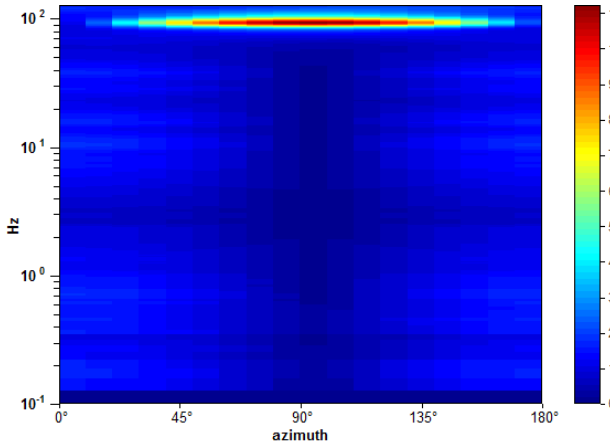
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



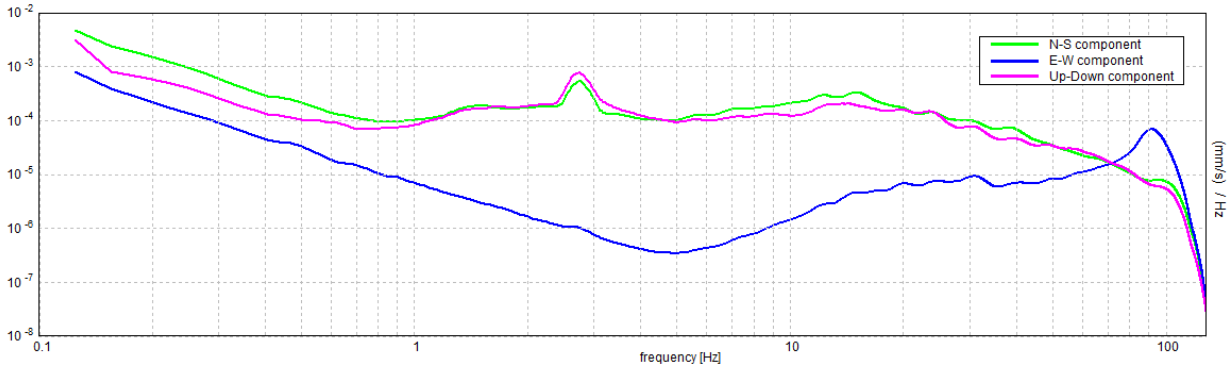
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



VIA SANTO STEFANO N°30 • 40125 • BOLOGNA • TEL: 051/6449001 - FAX: 051/3395470
WEB PAGE: WWW.STUDIOMATTIOLI.COM • E-MAIL: STUDIO.MATTIOLI@STUDIOMATTIOLI.COM

LINEE GUIDA SESAME 2005 APPLICATE AI MASSIMI SPETTRALI H/V

Picco H/V a 92.81 ± 0.25 Hz (nell'intervallo 0.0 - 128.0 Hz).

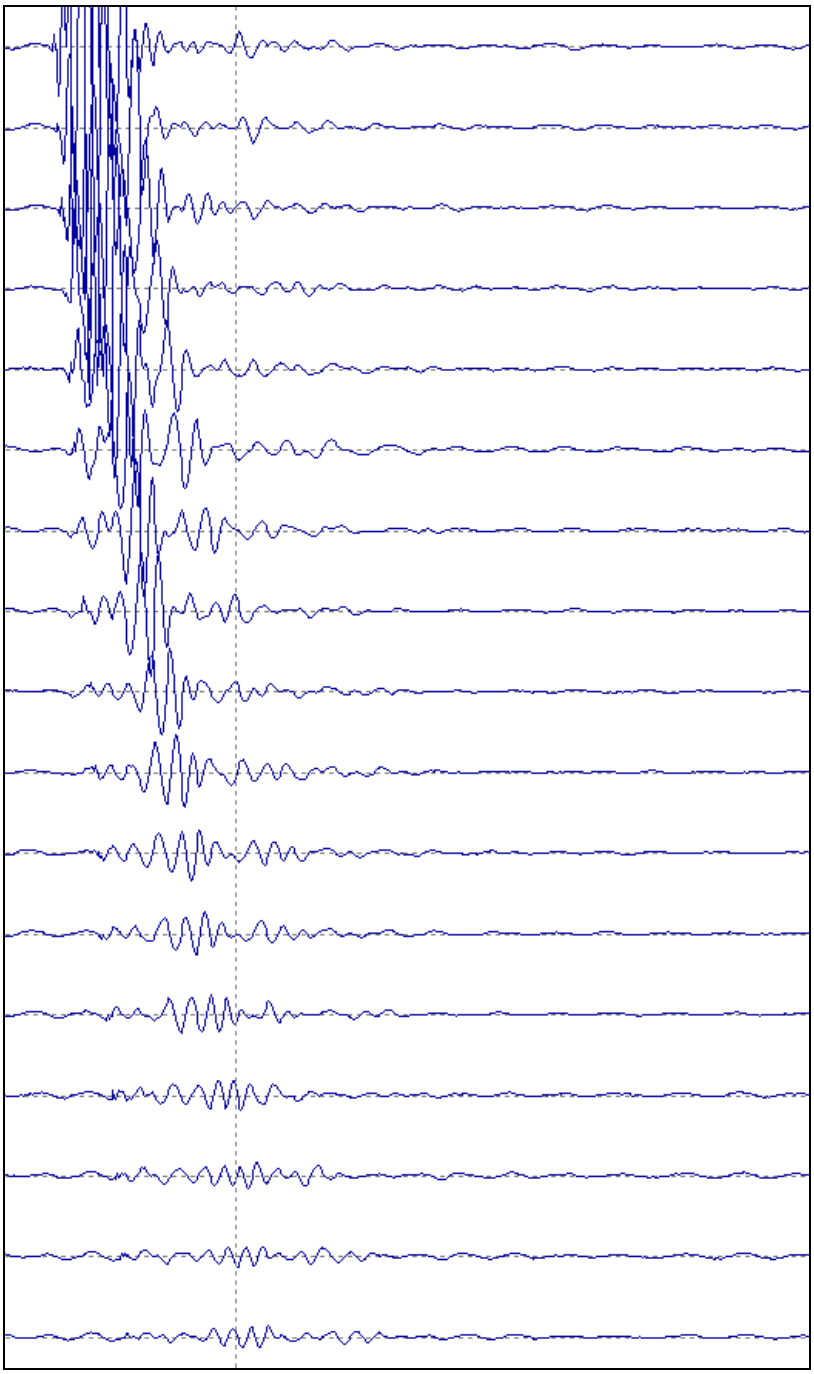
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	92.81 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	70537.5 > 200	OK	
$s_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz $s_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz	Superato 0 volte su 2612	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	83.156 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	123.75 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.65 > 2	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm s_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.00268| < 0.05	OK	
$s_f < e(f_0)$	0.24835 < 4.64063	OK	
$s_A(f_0) < q(f_0)$	0.1844 < 1.58	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
s_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$e(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $s_f < e(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$s_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $s_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$s_{logH/V}(f)$	deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$
$q(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $s_A(f) < q(f_0)$

Valori di soglia per s_f e $s_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$e(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$q(f_0)$ per $s_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $q(f_0)$ per $s_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

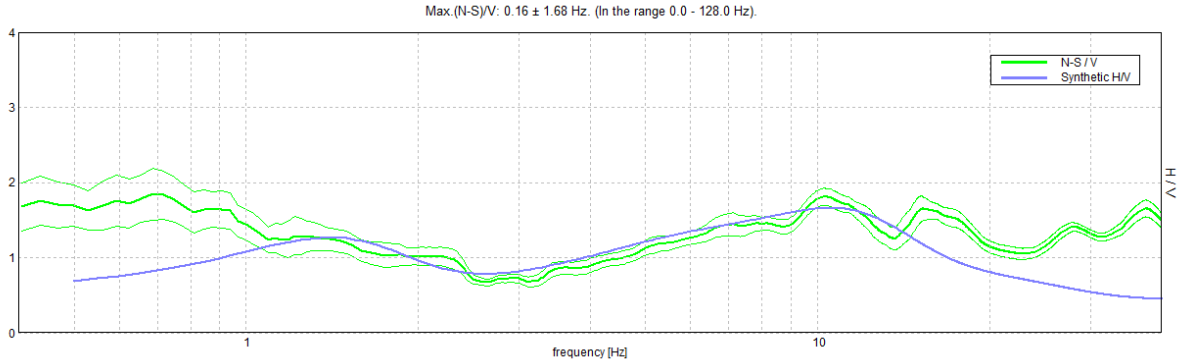
VIA SANTO STEFANO N°30 • 40125 • BOLOGNA • TEL: 051/6449001 - FAX: 051/3395470
WEB PAGE: WWW.STUDIOMATTIOLI.COM • E-MAIL: STUDIO.MATTIOLI@STUDIOMATTIOLI.COM

IMPULSO SISMICO AI GEOFONI

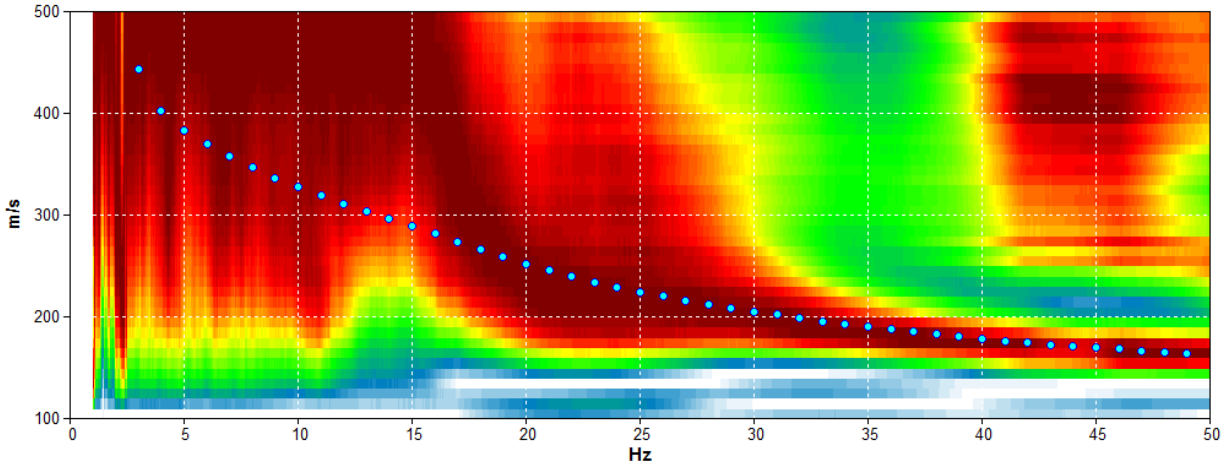


VIA SANTO STEFANO N°30 • 40125 • BOLOGNA • TEL: 051/6449001 - FAX: 051/3395470
WEB PAGE: WWW.STUDIOMATTIOLI.COM • E-MAIL: STUDIO.MATTIOLI@STUDIOMATTIOLI.COM

FITTING DEL RAPPORTO SPETTRALE H/V



FITTING DEGLI SPETTRI DI VELOCITA' DI FASE E DI GRUPPO

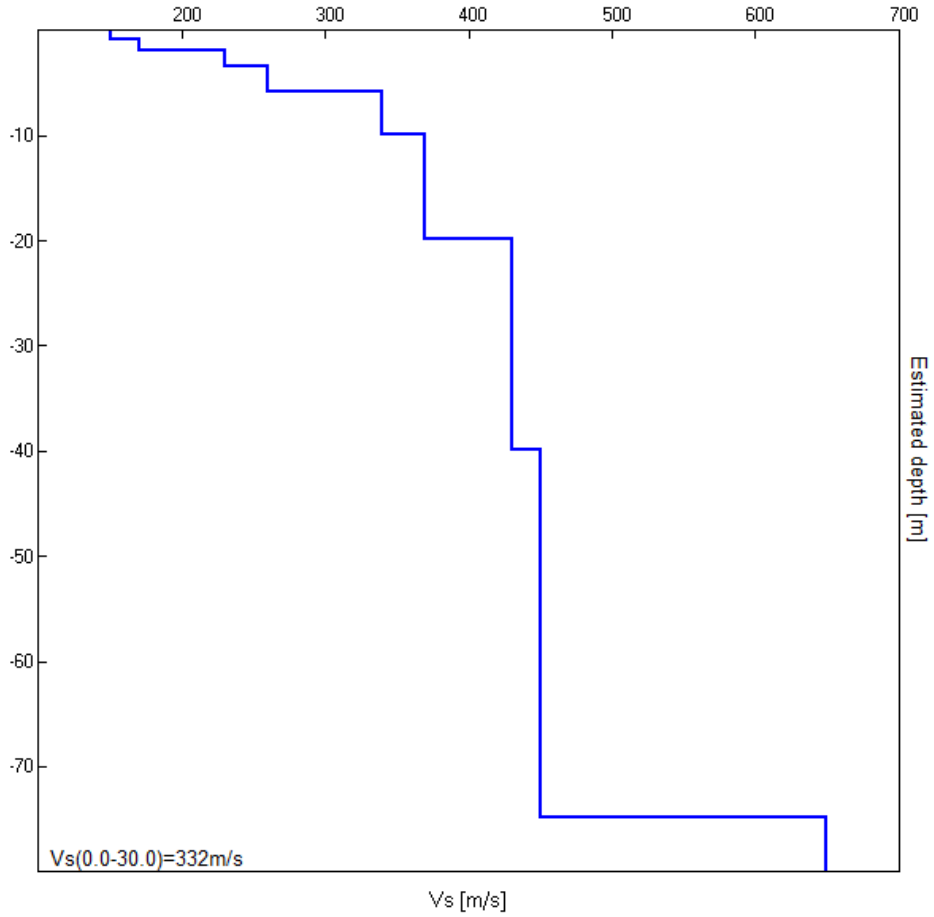


VIA SANTO STEFANO N°30 • 40125 • BOLOGNA • TEL: 051/6449001 - FAX: 051/3395470
WEB PAGE: WWW.STUDIOMATTIOLI.COM • E-MAIL: STUDIO.MATTIOLI@STUDIOMATTIOLI.COM

PROFILO SISMO-STRATIGRAFICO

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Coeff.Poisson
0.90	0.90	150	0.42
1.90	1.00	170	0.42
3.40	1.50	230	0.42
5.90	2.50	260	0.41
9.90	4.00	340	0.40
19.90	10.00	370	0.40
39.90	20.00	430	0.40
74.90	35.00	450	0.40
inf.	inf.	650	0.40

Vs(0.0-30.0)=332m/s



ALLEGATO E

Interpretazione geotecnica
delle prove penetrometriche esistenti

40139 BOLOGNA – Via Milano 17 – cell. 3495985869
mail: scageo@libero.it – web: www.studiogeologiascaglioni.it

Dott. Geol Andrea Scaglioni
Studio di Geologia Tecnica
Via Milano,17 - 40139 Bologna

CPT1 - TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

committente: Comune di Ozzano dell'Emilia
lavoro: Scuola Media Panzacchi
località: V.le II Giugno n.49, Ozzano dell'Emilia

Prof.	Rp (MPa)	Natura	Peso di volume (kN/mc)	PHI (°)	Dr (%)	Grado di addensamento	M (MPa)	Cu (kPa)	Grado di consistenza	Ed (MPa)
0,40	1,37	C	18,1					35	soffice	3,3
0,60	1,67	C	18,5					61	plastica	4,4
0,80	2,35	C	18,8					61	plastica	4,4
1,00	1,77	C	18,5					74	consistente	5,0
1,20	1,96	C	18,6					74	consistente	5,0
1,40	1,47	C	18,3					83	consistente	5,5
1,60	1,18	C	18,1					57	plastica	4,1
1,80	0,98	C	17,9					48	plastica	3,8
2,00	1,08	C	18,0					44	plastica	3,6
2,20	2,65	I	18,2	29,4	38	mediam. addensata	8,8			
2,40	2,94	C	19,0					70	plastica	4,8
2,60	3,53	C	19,2					100	consistente	6,7
2,80	3,14	C	19,1					122	consistente	8,5
3,00	2,06	C	18,7					109	consistente	7,4
3,20	2,26	C	18,8					87	consistente	5,8
3,40	1,77	C	18,5					65	plastica	4,6
3,60	2,16	C	18,7					74	consistente	5,0
3,80	1,27	C	18,2					87	consistente	5,8
4,00	0,98	C	17,9					48	plastica	3,8
4,20	1,08	C	18,0					39	plastica	3,4
4,40	1,47	C	18,3					31	soffice	3,1
4,60	2,26	C	18,8					48	plastica	3,8
4,80	2,45	C	18,8					52	plastica	4,0
5,00	3,14	C	19,1					65	plastica	4,6
5,20	3,53	I	18,4	28,5	48	mediam. addensata	9,7			
5,40	3,92	C	19,3					83	consistente	5,5
5,60	4,41	C	19,4					92	consistente	6,1
5,80	3,53	C	19,2					105	consistente	7,0
6,00	3,43	C	19,2					87	consistente	5,8
6,20	2,35	C	18,8					87	consistente	5,8
6,40	1,77	C	18,5					105	consistente	7,0
6,60	1,18	C	18,1					70	plastica	4,8
6,80	1,86	C	18,6					48	plastica	3,8
7,00	1,57	C	18,4					61	plastica	4,4
7,20	2,75	I	18,4	27,6	45	mediam. addensata	9,0			
7,40	2,45	C	18,8					96	consistente	6,4
7,60	2,16	C	18,7					96	consistente	6,4
7,80	2,16	C	18,7					70	plastica	4,8
8,00	2,65	C	18,9					96	consistente	6,4
8,20	5,20	C	19,6					113	consistente	7,7
8,40	7,85	I	18,3	35,8	44	mediam. addensata	19,6			
8,60	2,16	C	18,7					57	plastica	4,1
8,80	1,77	C	18,5					96	consistente	6,4
9,00	1,86	C	18,6					44	plastica	3,6
9,20	1,96	C	18,6					83	consistente	5,5
9,40	9,51	I	19,3	37,9	42	mediam. addensata	23,8			
9,60	3,53	I	18,4	28,5	48	mediam. addensata	9,7			
9,80	3,14	C	19,1					122	consistente	8,5
10,00	3,04	C	19,1					92	consistente	6,1
10,20	2,94	C	19,0					92	consistente	6,1
10,40	2,75	C	19,0					70	plastica	4,8
10,60	2,65	C	18,9					65	plastica	4,6
10,80	2,55	C	18,9					78	consistente	5,3
11,00	2,45	C	18,8					96	consistente	6,4
11,20	2,65	C	18,9					109	consistente	7,4
11,40	1,57	C	18,4					87	consistente	5,8
11,60	2,26	C	18,8					52	plastica	4,0
11,80	2,26	C	18,8					96	consistente	6,4
12,00	2,16	C	18,7					96	consistente	6,4
12,20	1,86	C	18,6					83	consistente	5,5
12,40	1,96	C	18,6					65	plastica	4,6
12,60	1,86	C	18,6					74	consistente	5,0
12,80	2,16	C	18,7					78	consistente	5,3
13,00	2,06	C	18,7					96	consistente	6,4
13,20	2,45	C	18,8					74	consistente	5,0
13,40	2,35	C	18,8					105	consistente	7,0
13,60	2,84	C	19,0					105	consistente	7,0
13,80	5,98	I	18,6	30,4	54	mediam. addensata	15,0			
14,00	2,26	C	18,8					61	plastica	4,4
14,20	2,06	C	18,7					92	consistente	6,1
14,40	1,67	C	18,5					74	consistente	5,0
14,60	1,96	C	18,6					65	plastica	4,6
14,80	8,63	I	18,8	31,0	61	mediam. addensata	21,6			
15,00	3,53	I	18,4	29,3	45	mediam. addensata	9,7			

Dott. Geol Andrea Scaglioni
Studio di Geologia Tecnica
Via Milano,17 - 40139 Bologna

CPT2 - TABELLA PARAMETRI GEOTECNICO

committente: Comune di Ozzano dell'Emilia
lavoro: Scuola Media Panzacchi
località: V.le II Giugno n.49, Ozzano dell'Emilia

Prof.	Rp (MPa)	Natura	Peso di volume (kN/mc)	PHI (°)	Dr (%)	Grado di addensamento	M (MPa)	Cu (kPa)	Grado di consistenza	Ed (Mpa)
0,40	1,57	I	18,1	31,7	18	sciolta	7,2			
0,60	1,96	C	18,6					52	plastica	4,0
0,80	1,86	C	18,6					65	plastica	4,6
1,00	1,27	C	18,2					61	plastica	4,4
1,20	1,67	C	18,5					52	plastica	4,0
1,40	1,18	C	18,1					57	plastica	4,1
1,60	1,47	C	18,3					39	plastica	3,4
1,80	1,67	C	18,5					44	plastica	3,6
2,00	1,57	C	18,4					61	plastica	4,4
2,20	1,18	C	18,1					52	plastica	4,0
2,40	1,77	I	18,1	27,3	36	mediam. addensata	7,6			
2,60	11,67	I	19,3	39,6	42	mediam. addensata	29,2			
2,80	11,87	I	18,7	35,1	57	mediam. addensata	29,7			
3,00	8,83	I	18,7	32,4	58	mediam. addensata	22,1			
3,20	8,43	I	18,7	32,5	56	mediam. addensata	21,1			
3,40	4,71	C	19,5					157	molto consistente	12,5
3,60	4,61	C	19,5					148	molto consistente	11,4
3,80	5,10	C	19,6					157	molto consistente	12,5
4,00	4,31	C	19,4					166	molto consistente	13,8
4,20	4,81	C	19,5					131	consistente	9,4
4,40	6,57	C	19,8					153	molto consistente	11,9
4,60	7,26	C	19,9					205	molto consistente	21,2
4,80	6,37	C	19,8					240	molto consistente	31,2
5,00	5,79	C	19,7					209	molto consistente	22,3
5,20	7,75	C	20,0					192	molto consistente	18,4
5,40	9,81	C	20,2					253	molto consistente	36,0
5,60	6,67	I	18,8	29,4	60	mediam. addensata	16,7			
5,80	5,79	I	18,5	31,7	49	mediam. addensata	14,5			
6,00	11,57	I	18,5	37,3	49	mediam. addensata	28,9			
6,20	9,71	I	18,5	35,5	50	mediam. addensata	24,3			
6,40	11,18	I	18,7	34,6	57	mediam. addensata	27,9			
6,60	13,34	I	18,7	36,4	56	mediam. addensata	33,3			
6,80	15,20	I	18,8	35,6	62	mediam. addensata	38,0			
7,00	20,50	I	19,0	36,0	68	addensata	51,2			
7,20	11,18	I	18,6	36,0	52	mediam. addensata	27,9			
7,40	6,08	I	18,3	33,8	44	mediam. addensata	15,2			
7,60	9,41	I	18,4	36,8	45	mediam. addensata	23,5			
7,80	10,20	I	18,7	34,3	55	mediam. addensata	25,5			
8,00	2,45	C	18,8					92	consistente	6,1
8,20	2,35	C	18,8					109	consistente	7,4
8,40	2,45	C	18,8					78	consistente	5,3
8,60	2,16	C	18,7					87	consistente	5,8
8,80	2,06	C	18,7					74	consistente	5,0
9,00	2,94	C	19,0					78	consistente	5,3
9,20	6,08	I	18,5	31,8	50	mediam. addensata	15,2			
9,40	10,98	I	19,3	39,1	42	mediam. addensata	27,5			
9,60	24,42	I	19,4	44,8	47	mediam. addensata	61,0			
9,80	4,90	I	18,7	28,3	56	mediam. addensata	10,8			
10,00	2,55	I	18,3	28,0	42	mediam. addensata	8,7			
10,20	1,96	C	18,6					65	plastica	4,6
10,40	2,55	I	18,3	28,0	42	mediam. addensata	8,7			
10,60	2,94	I	18,3	29,0	42	mediam. addensata	9,2			
10,80	3,33	I	18,4	28,9	45	mediam. addensata	9,6			
11,00	3,82	I	18,5	28,0	51	mediam. addensata	10,0			
11,20	3,92	C	19,3					126	consistente	8,9
11,40	2,94	C	19,0					153	molto consistente	11,9
11,60	3,33	C	19,1					109	consistente	7,4
11,80	3,14	C	19,1					122	consistente	8,5
12,00	3,43	C	19,2					140	consistente	10,3
12,20	3,43	C	19,2					153	molto consistente	11,9
12,40	3,14	C	19,1					140	consistente	10,3
12,60	3,92	C	19,3					126	consistente	8,9
12,80	3,73	C	19,3					96	consistente	6,4
13,00	3,63	C	19,2					148	molto consistente	11,4
13,20	2,65	C	18,9					96	consistente	6,4
13,40	2,65	C	18,9					92	consistente	6,1
13,60	2,45	C	18,8					100	consistente	6,7
13,80	2,55	C	18,9					109	consistente	7,4
14,00	3,24	C	19,1					109	consistente	7,4
14,20	2,55	C	18,9					126	consistente	8,9
14,40	3,92	C	19,3					87	consistente	5,8
14,60	3,73	C	19,3					126	consistente	8,9
14,80	5,88	I	18,8	28,7	59	mediam. addensata	14,7			
15,00	32,07	I	19,3	48,7	42	mediam. addensata	80,2			

Dott. Geol Andrea Scaglioni
Studio di Geologia Tecnica
Via Milano,17 - 40139 Bologna

CPT3 - TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

committente: Comune di Ozzano dell'Emilia
lavoro: Scuola Media Panzacchi
località: V.le II Giugno n.49, Ozzano dell'Emilia

Prof.	Rp (MPa)	Natura	Peso di volume (kN/mc)	PHI (°)	Dr (%)	Grado di addensamento	M (MPa)	Cu (kPa)	Grado di consistenza	Ed (MPa)
0,40	1,08	C	18,1					35	soffice	3,3
0,60	1,18	C	18,1					44	plastica	3,6
0,80	0,78	C	17,7					48	plastica	3,8
1,00	2,26	I	15,9	29,7	34	sciolta	8,3			
1,20	1,37	C	18,3					74	consistente	5,0
1,40	5,69	I	18,4	32,4	47	mediam. addensata	14,2			
1,60	8,04	I	18,8	30,5	61	mediam. addensata	20,1			
1,80	9,02	C	20,1					196	molto consistente	19,3
2,00	11,67	I	19,1	30,9	68	addensata	29,2			
2,20	11,87	I	18,9	33,2	62	mediam. addensata	29,7			
2,40	10,00	I	18,8	32,2	61	mediam. addensata	25,0			
2,60	8,34	C	20,0					174	molto consistente	15,2
2,80	5,30	C	19,6					218	molto consistente	24,5
3,00	7,55	C	20,0					170	molto consistente	14,5
3,20	7,65	C	20,0					174	molto consistente	15,2
3,40	5,39	C	19,6					257	molto consistente	37,8
3,60	6,37	C	19,8					183	molto consistente	16,7
3,80	6,57	C	19,8					227	molto consistente	27,0
4,00	6,28	C	19,8					244	molto consistente	32,7
4,20	7,55	C	20,0					222	molto consistente	25,7
4,40	6,28	C	19,8					323	dura	77,6
4,60	5,79	C	19,7					209	molto consistente	22,3
4,80	5,10	C	19,6					231	molto consistente	28,3
5,00	4,90	C	19,5					218	molto consistente	24,5
5,20	3,63	C	19,2					135	consistente	9,8
5,40	2,75	C	19,0					131	consistente	9,4
5,60	4,02	C	19,3					118	consistente	8,1
5,80	4,81	C	19,5					135	consistente	9,8
6,00	11,57	I	18,9	32,3	64	mediam. addensata	28,9			
6,20	21,87	I	19,6	42,0	52	mediam. addensata	54,7			
6,40	12,85	I	18,6	36,9	53	mediam. addensata	32,1			
6,60	7,06	I	18,5	32,6	51	mediam. addensata	17,7			
6,80	18,73	I	19,4	42,8	45	mediam. addensata	46,8			
7,00	6,28	I	18,5	31,7	51	mediam. addensata	15,7			
7,20	2,16	C	18,7					48	plastica	3,8
7,40	5,88	I	18,6	30,2	54	mediam. addensata	14,7			
7,60	3,43	I	18,3	30,1	42	mediam. addensata	9,7			
7,80	13,83	I	18,9	34,4	63	mediam. addensata	34,6			
8,00	1,37	C	18,3					61	plastica	4,4
8,20	0,98	C	17,9					57	plastica	4,1
8,40	2,06	C	18,7					44	plastica	3,6
8,60	4,31	I	18,3	31,2	44	mediam. addensata	10,4			
8,80	13,04	I	18,5	37,7	51	mediam. addensata	32,6			
9,00	15,20	I	19,4	40,1	48	mediam. addensata	38,0			
9,20	8,24	I	18,4	35,3	47	mediam. addensata	20,6			
9,40	2,16	C	18,7					105	consistente	7,0
9,60	1,67	C	18,5					61	plastica	4,4
9,80	1,86	C	18,6					48	plastica	3,8
10,00	2,26	C	18,8					65	plastica	4,6
10,20	3,33	C	19,1					92	consistente	6,1
10,40	2,84	C	19,0					118	consistente	8,1
10,60	3,24	C	19,1					122	consistente	8,5
10,80	3,63	C	19,2					113	consistente	7,7
11,00	3,63	C	19,2					131	consistente	9,4
11,20	3,04	C	19,1					118	consistente	8,1
11,40	3,33	C	19,1					100	consistente	6,7
11,60	3,33	C	19,1					118	consistente	8,1
11,80	2,94	C	19,0					131	consistente	9,4
12,00	2,35	C	18,8					87	consistente	5,8
12,20	2,55	C	18,9					87	consistente	5,8
12,40	2,45	C	18,8					105	consistente	7,0
12,60	2,55	C	18,9					96	consistente	6,4
12,80	1,86	C	18,6					83	consistente	5,5
13,00	2,55	C	18,9					83	consistente	5,5
13,20	2,75	C	19,0					92	consistente	6,1
13,40	1,86	C	18,6					92	consistente	6,1
13,60	1,47	C	18,3					78	consistente	5,3
13,80	1,47	C	18,3					52	plastica	4,0
14,00	15,79	I	19,2	42,8	40	mediam. addensata	39,5			
14,20	28,15	I	19,6	44,7	51	mediam. addensata	70,4			
14,40	33,44	I	19,8	44,1	58	mediam. addensata	83,6			
14,60	37,95	I	19,8	44,9	60	mediam. addensata	94,9			

Dott. Geol Andrea Scaglioni
Studio di Geologia Tecnica
Via Milano, 17 - 40139 Bologna

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

γ (Kg/mc) - Peso di volume (tutti i terreni):	(correlazione γ -Dr - natura litologica) [Crow 2004, Autori vari]
φ (°) - Angolo di di resistenza al taglio (terreni granulari):	(correlazione φ - Rp/fs - Rp) [Searle 1979]
Dr (%) - Densità relativa (terreni granulari):	(correlazione Dr - Rp/fs - Rp) [Searle 1979]
M (Kg/cmq) - Modulo di deformazione (terreni granulari):	(correlazione M - Rp) [Villa 1999, Autori vari]
Cu (Kg/cmq) - Resistenza al taglio non drenata (terreni coesivi):	(correlazione Cu - Rp/fs - Rp) [Searle 1979]
Ed (Kg/cmq) - Modulo edometrico (terreni coesivi):	(correlazione Ed - Rp - Cu)

ALLEGATO F

Modello geotecnico
(tabelle parametriche)

- Tabella A1: con compensazione spaziale/strutturale
- Tabella A2: senza compensazione spaziale/strutturale

40139 BOLOGNA – Via Milano 17 – cell. 3495985869
mail: scageo@libero.it – web: www.studiogeologiascaglioni.it

TABELLA A1 - Modello geotecnico (con compensazione spaziale/strutturale)

committente: Comune di Ozzano dell'Emilia
lavoro: Scuola Media Panzacchi
località: V.le II Giugno n.49, Ozzano dell'Emilia

Prof.	Litologia	γk (kN/mc)	γd (kN/mc) M1/M2	φk (°)	φd (°) M1	φd (°) M2	Mk (MPa)	Md (Mpa) M1/M2	Cuk (kPa)	Cud (kPa) M1	Cud (kPa) M2	Edk (MPa)	Edd (MPa) M1/M2
1	Prevalenti limi argillosi talora sabbiosi, e argille limose	18,2	18,2						57	57	41	4,2	4,2
2	Prevalenti limi argillosi sabbiosi e limi sabbiosi argillosi	18,7	18,7	31,4	31,4	26,0	21,0	21,0	*130*	*130*	*93*	*17,2*	*17,2*
3	Prevalenti limi argillosi talora debolmente sabbiosi, e argille limose	19,6	19,6						177	177	126	19,5	19,5
3A	Prevalenti limi argillosi sabbiosi e argille limose	18,8	18,8						73	73	52	5,8	5,8
3B	Prevalenti limi argillosi e argille limose	18,2	18,2						57	57	41	4,7	4,7
4	Prevalenti ghiaie in matrice limoso-sabbiosa	18,4	18,4	33,8	33,8	28,2	22,8	22,8					
5	Prevalenti argille limose e limi argillosi, talora sabbiosi	18,8	18,8						93	93	66	6,5	6,5
6	Prevalenti ghiaie in matrice limoso-sabbiosa	18,8	18,8	33,4	33,4	27,8	34,0	34,0					

TABELLA A2 - Modello geotecnico (in assenza di compensazione spaziale/strutturale)

committente: Comune di Ozzano dell'Emilia
lavoro: Scuola Media Panzacchi
località: V.le II Giugno n.49, Ozzano dell'Emilia

Prof.	Litologia	γk (kN/mc)	γd (kN/mc) M1/M2	φk (°)	φd (°) M1	φd (°) M2	Mk (MPa)	Md (Mpa) M1/M2	Cuk (kPa)	Cud (kPa) M1	Cud (kPa) M2	Edk (MPa)	Edd (MPa) M1/M2
1	Prevalenti limi argillosi talora sabbiosi, e argille limose	17,9	17,9						38	38	27	3,2	3,2
2	Prevalenti limi argillosi sabbiosi e limi sabbiosi argillosi	18,1	18,1	28,7	28,7	23,7	16,6	16,6	*110*	*110*	*79*	*10,2*	*10,2*
3	Prevalenti limi argillosi talora debolmente sabbiosi, e argille limose	19,2	19,2						124	124	89	8,7	8,7
3A	Prevalenti limi argillosi sabbiosi e argille limose	18,4	18,4						53	53	38	3,8	3,8
3B	Prevalenti limi argillosi e argille limose	17,9	17,9						40	40	29	3,0	3,0
4	Prevalenti ghiaie in matrice limoso-sabbiosa	18,1	18,1	28,4	28,4	23,4	10,9	10,9					
5	Prevalenti argille limose e limi argillosi, talora sabbiosi	18,3	18,3						59	59	42	3,9	3,9
6	Prevalenti ghiaie in matrice limoso-sabbiosa	18,3	18,3	25,9	25,9	21,2	21,5	21,5					