



Progetto per il recupero delle aree e degli edifici esistenti dell'ex Foro Boario di Padova in Corso Australia

Realizzazione in "project financing" nell'area dell'ex Foro Boario in C.so Australia di alcune strutture dedicate all'intrattenimento ed eventi culturali, di un planetario, di uno o più pubblici esercizi, di un albergo, di una grande struttura di vendita e di un'ulteriore superficie di vendita, nonché di una viabilità pubblica con affidamento in concessione di gestione (art. 183 D.Lgs. 50/2016).

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO "P.U.A. EX FORO BOARIO CORSO AUSTRALIA"

data: 30 aprile 2019

R.14

VERIFICA DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA DELL'INTERVENTO

committenza: **"Nuovo FORO BOARIO - Padova S.P.A."**



progetto: **SA SVILUPPO ARCHITETTURA
ed ingegneria srl**

SA SVILUPPO ARCHITETTURA
ed ingegneria srl

note: rev01_2019 04 30

REGIONE DEL VENETO
PROVINCIA DI PADOVA
COMUNE DI PADOVA

VERIFICA DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA

INDAGINE GEOGNOSTICA

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

NTC 2008 "Norme tecniche per le costruzioni" – D.M.81 del 14.01.2008

COMMITTENTE: **LEROY MERLIN ITALIA S.R.L.**

Lovadina di Spresiano, 15.02.2019



Paolo Sivieri

SOMMARIO

OGGETTO	3
OBIETTIVI	3
UNITA' DI MISURA	3
INDAGINI IN SITO.....	4
RIFERIMENTI PLANOALTIMETRICI.....	4
INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA.....	5
<i>DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA.....</i>	<i>5</i>
<i>DEFINIZIONE DEL MODELLO IDROGEOLOGICO DELL'AREA.....</i>	<i>5</i>
INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO	7
<i>SONDAGGI A ROTAZIONE.....</i>	<i>7</i>
<i>PROVE S.P.T.</i>	<i>8</i>
<i>PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PIEZOCONO E PIEZOCONO SISMICO</i>	<i>9</i>
MODELLO GEOTECNICO DEL TERRENO	11
FALDA	12
CEDIMENTI EDOMETRICI DEL RILEVATO STRADALE	13
RISPOSTA SISMICA LOCALE	13
<i>MISURA DELLA VS30 MEDIANTE PIEZOCONO SISMICO</i>	<i>15</i>
<i>CATEGORIA TOPOGRAFICA</i>	<i>19</i>
<i>PERICOLOSITA' DEL SITO.....</i>	<i>20</i>
VERIFICA ALLA STABILITA' NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE	21
ELENCO DEGLI ALLEGATI.....	23

OGGETTO

Per incarico della Società Leroy Merlin Italia S.r.l. è stata eseguita un'indagine geognostica, geologica e geotecnica, e redatta una relazione geologico-geotecnica secondo quanto previsto dalle NTC2008 "Norme tecniche per le costruzioni" – D.M. 14.01.2008, finalizzata allo studio dei terreni di fondazione per il progetto di ristrutturazione e restauro conservativo dell' Ex Foro Boario di Padova (PD).

OBIETTIVI

Inquadramento territoriale dell'area di indagine.

Definizione del modello geologico e idrogeologico dell'area.

Descrizione dell'indagine geognostica.

Definizione del modello geotecnico del sottosuolo.

Valutazione dei cedimenti edometrici indotti dal peso del nuovo rilevato stradale.

Valutazione della risposta sismica locale, della categoria sismica del sottosuolo e del rischio sismico locale.

Verifica alla stabilità nei confronti della liquefazione.

UNITA' DI MISURA

Nella presente relazione si assume: 1 t \equiv 10 kN, 1 kg \equiv 10 N.

INDAGINI IN SITO

L'indagine geognostica è consistita nell'esecuzione di:

- n. 2 sondaggi a carotaggio continuo con profondità 25 m da piano campagna, con esecuzione di n. 12 prove di Standard Penetration Test (SPT; norma A.S.T.M. D1586-67) e prelievo di n. 1 campione di terreno indisturbato per l'eventuale esecuzione di prove geotecniche di laboratorio;
- n. 3 prove penetrometriche statiche elettriche con piezocono (CPTU), spinte fino alla profondità di circa 30 m dal piano campagna;
- n. 3 prove penetrometriche statiche elettriche con piezocono sismico (SCPTU), spinte fino alla profondità di circa 30 m dal piano campagna;

RIFERIMENTI PLANOALTIMETRICI

L'inizio dei punti di sondaggio corrisponde al piano campagna, avente quota media circa 11.5 m s.l.m (da Carta Tecnica Regionale).

INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA

L'area di indagine è ubicata nella periferia nord-occidentale della Città di Padova, subito ad Est del cimitero maggiore della città.

Il piano campagna è posto ad una quota media di 11.5 m s.l.m. e non presenta ravvisabili indizi di fenomeni erosivi o di instabilità, in atto o potenziali.

DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA

Dal punto di vista geologico il sottosuolo in oggetto è costituito da alluvioni prevalentemente sabbiose e sabbioso-limose, con intercalati strati argilloso-limosi ascrivibili alla bassa pianura quaternaria del Fiume Brenta (megafan del Fiume Brenta, vedi schema geologico in Figura 2 allegata).

Nello specifico il primo sottosuolo del lotto in oggetto è costituito da alluvioni prevalentemente sabbiose fino alla profondità di circa 23/24 m dal piano campagna, con intercalazioni di livelli argilloso-limosi nell'intervallo di profondità circa 11 – 14 m da piano campagna. Inferiormente alla quota di -23/-24 m dal piano campagna sono presenti alternanze metriche di alluvioni argilloso-limose e sabbioso-limose.

In questo contesto i sedimenti sabbiosi sono generalmente legati ad un ambiente deposizionale di canale attivo e di ventaglio di rotta fluviale, mentre i terreni argilloso-limosi sono ascrivibili a zone di esondazione.

DEFINIZIONE DEL MODELLO IDROGEOLOGICO DELL'AREA

Dal punto di vista idrogeologico, nel sottosuolo è presente una prima falda di tipo per lo più semifreatico immagazzinata negli strati sabbiosi presenti dalla profondità di circa 2 m dal piano campagna, con livello di falda alla quota 9.5 m s.l.m. e pertanto un franco medio da piano campagna di circa 2 m.

Inferiormente a tale prima falda è presente un sistema multifalda costituito da acquiferi di natura prevalentemente sabbiosa, delimitati da strati poco permeabili di natura argilloso-

limosa, che si ritiene siano in sostanziale equilibrio piezometrico tra di loro, con livello medio della falda alla quota -2.5 m da piano campagna.

L'alimentazione di queste falde deriva principalmente dall'infiltrazione delle acque meteoriche nell'alta pianura veneta.

INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO

SONDAGGI A ROTAZIONE

Per l'esecuzione dei carotaggi è stata utilizzata una sonda Atlas Mustang A 65 installata su trattore Lamborghini a trazione integrale, le cui caratteristiche tecniche principali sono le seguenti:

- testa di rotazione con 20-630 r/min attraverso un cambio a 8 rapporti, con coppia max. di 1000 kgm;
- slitta con corsa di 2200 mm, trazione e spinta di 3200 kg;
- pompa fanghi da 120 lt/min a 25 bar;

Il carotaggio è stato eseguito con perforazione a circolazione a secco, usando un carotiere semplice da 101 mm (L = 3000 mm) e rivestimenti metallici da 127/152 mm di diametro; le carote di terreno estratte sono state classificate a vista e descritte dal punto di vista geotecnico, effettuando prove pocket penetrometer e torvane, fotografate e riposte in cassette catalogatrici.

Durante le operazioni di carotaggio del sondaggio S1 è stato prelevato un campione indisturbato di terreno mediante campionatore "Shelby tube", nell'intervallo di profondità 12.0 – 12.6 m, finalizzato all'esecuzione di prove geotecniche di laboratorio.

Entrambi i fori di sondaggio sono stati completati con tubo piezometro in PVC, diametro 2", lunghezza 9.0 m, fessurati da -3.0 a -9.0 m.

PROVE S.P.T.

Nel corso dei sondaggi sono state effettuate alcune prove di Standard Penetration Test; la prova S.P.T., codificata dalla norma A.S.T.M. D1586-67, consiste nell'infiggere nel terreno il campionatore Raymond, sul fondo del foro di sondaggio, per mezzo di un martino a sganciamento automatico del peso di 63.4 kg da un'altezza di caduta di 75 cm. Viene rilevato il numero di colpi N necessario per l'infissione di tre tratti consecutivi di 15 cm: il valore N_{spt} è dato dalla somma dei colpi ottenuti nel secondo e terzo tratto. La prova viene sospesa quando per un tratto il numero di colpi supera 50 (rifiuto). In ghiaie o terreni molto compatti la scarpa del campionatore Raymond viene sostituita con una punta conica con angolo di apertura di 60°.

SONDAGGIO S1					
S.P.T.	Profondità (m)	Nspt	Rifiuto (cm)	Consist./Adden.	Phi
1	3.00-3.45	15	-	Mod. addensato	36°
2	6.00-6.45	10	-	Mod. addensato	34°
3	7.50-7.95	20	-	Mod. addensato	36°
4	15.00-15.45	33	-	Addensato	40°
5	18.00-18.45	28	-	Mod. addensato	38°
6	21.00-21.45	27	-	Mod. addensato	38°

SONDAGGIO S2					
S.P.T.	Profondità (m)	Nspt	Rifiuto (cm)	Consist./Adden.	Phi
1	4.50-4.95	19	-	Mod. addensato	37°
2	7.50-7.95	4	-	Sciolto	26°
3	15.00-15.45	16	-	Mod. addensato	36°
4	16.50-16.95	17	-	Mod. addensato	36°
5	19.50-19.95	27	-	Mod. addensato	38°
6	24.00-24.95	27	-	Mod. addensato	38°

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PIEZOCONO E PIEZOCONO SISMICO

Nell'area di indagine sono state eseguite n. 3 prove penetrometriche statiche elettriche con piezocono CPTU.

Le prove penetrometriche statiche con piezocono sono state realizzate impiegando un penetrometro statico olandese Gouda da 20 tonnellate di spinta, autocarrato su Fiat 75 PC a trazione integrale da 80 q.li, ancorabile al suolo con due vitoni.

Il piezocono è una particolare punta in grado di fornire tre parametri d'interesse geotecnico, in particolare:

- * resistenza alla punta (Q_c)
- * resistenza frizionale (F_s)
- * pressione interstiziale dinamica (U).

Le prove sono state effettuate utilizzando il piezocono CPL2IN prodotto dalla Tecno Penta Sas di Teolo (PD).

La punta conica presenta diametro di 35.7 mm e angolo d'apertura del cono di 60°; il cono termina con un filtro, che consiste in una fessura tangenziale di 0.3 mm di luce e di altezza 6 mm, posto 5 mm sopra la base del cono.

Il manicotto di frizione ha diametro 35.7 mm ed altezza 133.7 mm.

Il corpo che contiene la parte elettronica ha diametro 35.7 mm per una lunghezza di 60 cm; la lunghezza del raccordo punta-aste è di 250 cm.

I sensori per la misura di Q_c e F_s , posti direttamente all'interno della punta, sono stati realizzati con quattro coppie di estensimetri al fine di ridurre gli effetti di eccentricità del carico; completa l'equipaggiamento un trasduttore di pressione assoluto per la misura della pressione neutrale.

La punta elettrica è collegata via cavo al proprio amplificatore di segnale che permette di effettuare lo zero elettrico dei valori di Q_c , F_s e U .

Durante l'esecuzione delle prove il piezocono invia in tempo reale al computer portatile, tramite l'amplificatore di segnale, i valori di Q_c , F_s , U che vengono visualizzati in un

grafico Profondità – Valori di Q_c , F_s , U e memorizzati metro per metro in un file di tipo .txt.

I dati vengono misurati e processati ogni 2 cm di avanzamento della punta nel terreno ad una velocità di discesa di 2 cm/secondo.

Nell'area di indagine sono state eseguite inoltre n. 3 prove penetrometriche statiche elettriche con piezocono sismico SCPTU.

Per determinare il valore di V_{s30} è necessario produrre in superficie un'onda sismica S che venga raccolta dall' accelerometro presente nel piezocono, misurando il tempo di percorrenza dell'impulso.

Questo sistema di energizzazione è composto da una trave in legno solidale al terreno mediante lo stabilizzatore posteriore del penetrometro e da una mazza di 4 kg.

Nel corso della prova penetrometrica CPTU, durante la fase di infissione, si arresta il penetrometro ogni metro e si procede con lo "scoppio" e con la registrazione del tempo di arrivo dell'onda S ; per produrre lo "scoppio" un operatore colpisce, con la necessaria energia, l'estremità della trave. Un trigger esterno (geofono posizionato sulla trave di battuta) fa partire la registrazione degli arrivi.

Il piezocono sismico (modello G1-CPLS) è a sua volta dotato di un accelerometro bidimensionale XY ; l'asse X viene allineato, per quanto possibile, lungo la stessa direzione di massima sensibilità alle onde S .

L'acquisizione dei dati sismici viene effettuata con un data-recorder, interfacciato con il PC attraverso una presa USB, dotato di una scheda a 8 canali analogici con 16 bit di risoluzione con frequenza massima di campionamento di 400 KHz.

Lo strumentazione così descritta consente pertanto di registrare, alle profondità desiderate, le onde di taglio generate da un sistema energizzante presente sulla superficie e di calcolare in tal modo la velocità delle onde S attraverso il terreno.

Le prove con sismocono state approfondite fino alla profondità di 30 m da p.c. per la determinazione della V_{s30} .

MODELLO GEOTECNICO DEL TERRENO

Nella tabella seguente si riporta un riepilogo dei parametri stratigrafici e geotecnici del sottosuolo, ricavati dall'elaborazione delle verticali di indagine:

Strato n.	Quote da piano piazzale		Descrizione	Ø gradi	Cu kPa	Eed* MPa	γ _d kN/m ³	γ _s kN/m ³
	da (m)	a (m)						
1	-1.4/-1.6	-10.9/-11.7	Sabbia media e fine mod. addensata	34°-36°	-	50 - 60	18.0	20.0
			passante a sabbia medio-grossa	38°	-	75.0-149.4	19.0	21.0
			- con intercalazioni di argille e limi nell'intervallo di profondità -7/-10 m	-	60-80	4.72-5.30	18.0	18.5
			-in superficie presenza di sabbie e limi/limi argillosi	30°	-	19.6-21.6	17.0	19.0
			- in SCPTU4, da - 3.8 a -6.2 m presenza di limi e sabbie sciolte	22°	-	2.2	17.0	19.0
2	-10.9/-11.7	-13.5/-14.6	Argilla limosa da mod. consistente a consistente con intercalazioni di torba e limo sabbioso	-	40-97	2.70-6.8	18.0	18.5
3	-13.5/-14.6	-22.4/-23.4	Sabbia, addensata, con intercalazioni limose e limoso-argillose consistenti alla base	38°-40°	-	102-124	19.0	21.0
				-	130	6.3-6.9	19.0	19.5
4	-22.4/-23.4	-30	Alternanze metriche di:	-	84-130	5.6-7.1	19.0	19.5
			argille limose e limi argillosi, consist. sabbia e localmente sabbia e limo, addensati	38°-40°	-	62.2-104.2	19.0	21.0

**Il modulo edometrico (Eed) per i terreni sabbiosi e sabbioso-limosi è stato ottenuto moltiplicando il modulo derivato dalle prove CPTU qui eseguite per un fattore correttivo rispettivamente pari a 5 (per i terreni sabbiosi) e 4 (per i terreni sabbioso-limosi); tale correlazione deriva da un'analisi statistica, eseguita confrontando i valori di modulo edometrico ottenuto da numerose verticali CPTU (piezocono) e DMT (dilatometro di Marchetti), in terreni alluvionali della bassa pianura veneta, e calcolando un fattore di correlazione tra i moduli edometrici ricavati negli stessi strati.*

I valori numerici delle resistenze alla punta e dei parametri geotecnici, per ciascuno strato e per ciascuna verticale di indagine, sono riportati nei modelli geotecnici allegati. Per i dettagli stratigrafici dei singoli strati si rimanda ai log stratigrafici in allegato.

FALDA

La falda è stata osservata nei giorni 22 e 24 Agosto 2016 all'interno dei fori di sondaggio alla profondità rispettivamente di 1.98 m (S1) e 2.50 m (S2).

I valori indicati possono subire delle oscillazioni freaticometriche dell'ordine di circa $\pm 0.5/1.0$ m in funzione del regime delle piogge.

CEDIMENTI EDMETRICI DEL RILEVATO STRADALE

In relazione al rilevato di cui è prevista la costruzione in prossimità del futuro ponte di accesso all'area, si è determinata una stima del cedimento per consolidazione indotto dal peso del rilevato.

Agli strati evidenziati dai due carotaggi sono stati attribuiti i parametri di compressibilità ottenuti dall'elaborazione delle prove CPTU (vedi paragrafo modello geotecnico del terreno).

Sono state fatte in seguito le seguenti ipotesi:

- impronta di carico del rilevato 40 x 11 m, corrisponde alla parte di corpo stradale con altezze del rilevato comprese tra 6 e 9 m;
- altezza media del terreno di riporto che costituisce il rilevato, nell'impronta di carico considerata, pari a 7.5 m;
- peso di volume medio del materiale che costituisce il rilevato: $\gamma = 20 \text{ kN/mc}$;
- pressione media al suolo indotta dal peso del rilevato: $\Delta P = 150 \text{ kPa}$

La valutazione del cedimento di consolidazione prevedibile è fatta ipotizzando per il terreno un modello di comportamento di tipo edometrico, mediante la formula:

$$\Delta S_i = (H_i \times \Delta P_i) / E'_i$$

$$S = \sum \Delta S_i$$

Il calcolo dei cedimenti, eseguito considerando le due verticali di sondaggio S1 e S2, ha dato i seguenti risultati:

$$S1 \quad S_{\text{ed teorico}} = 11.4 \text{ cm}$$

$$S2 \quad S_{\text{ed teorico}} = 10.4 \text{ cm}$$

Per i dettagli relativi al calcolo dei cedimenti si rimanda ai tabulati di calcolo allegati.

RISPOSTA SISMICA LOCALE

L'area in oggetto, ubicata nel comune di Padova, è stata confermata "zona 4", ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003 e successive modifiche.

Secondo quanto prescritto dalle NTC2008 "Norme tecniche per le costruzioni" – D.M. 14.01.2008 ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni):

A) formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi, caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.

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 V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{SPT} > 50$, o coesione non drenata $c_U > 250$ kPa).

C) Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{S30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < N_{SPT} < 50$, $70 < c_U < 250$ kPa).

D) Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{S30} < 180$ m/s ($N_{SPT} < 15$, $c_U < 70$ kPa).

E) Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di V_{S30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 metri, giacenti su di un substrato di materiali più rigido con $V_{S30} > 800$ m/s.

Inoltre:

S1) Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($I_p > 40$) e contenuto in acqua, caratterizzati da valori di $V_{S30} < 100$ m/s ($10 < c_U < 20$ kPa)

S2) Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Nelle definizioni precedenti V_{S30} è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{S30} = 30 / (\sum h_i / V_i)$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

Il sito viene classificato sulla base del valore di V_{S30} se disponibile, altrimenti sulla base di N_{SPT} o C_u .

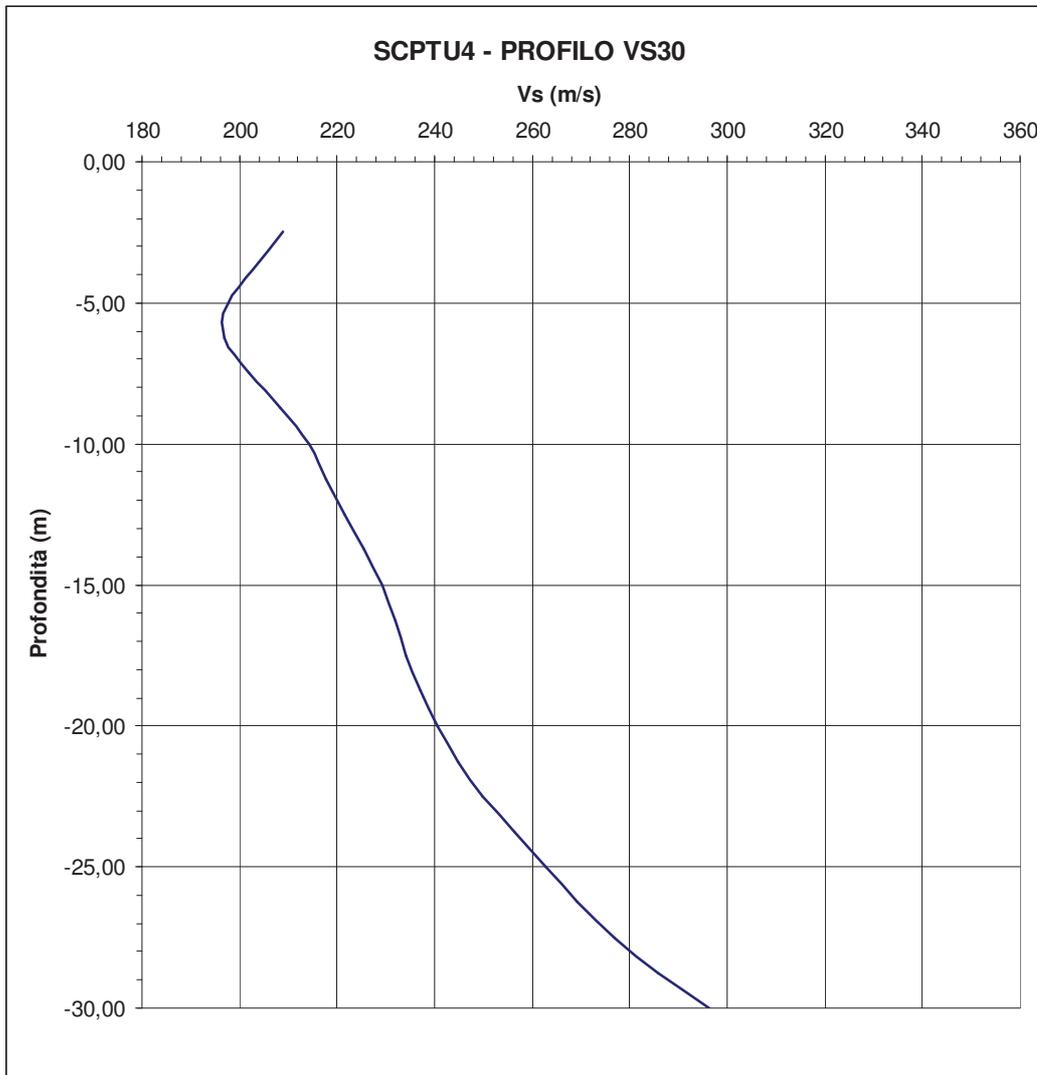
MISURA DELLA VS30 MEDIANTE PIEZOCONO SISMICO

Sono state eseguite n.3 prove penetrometriche statiche elettriche con piezocono sismico spinte fino alla profondità di 30 m da piano campagna, finalizzate alla determinazione del profilo della V_{S30} .

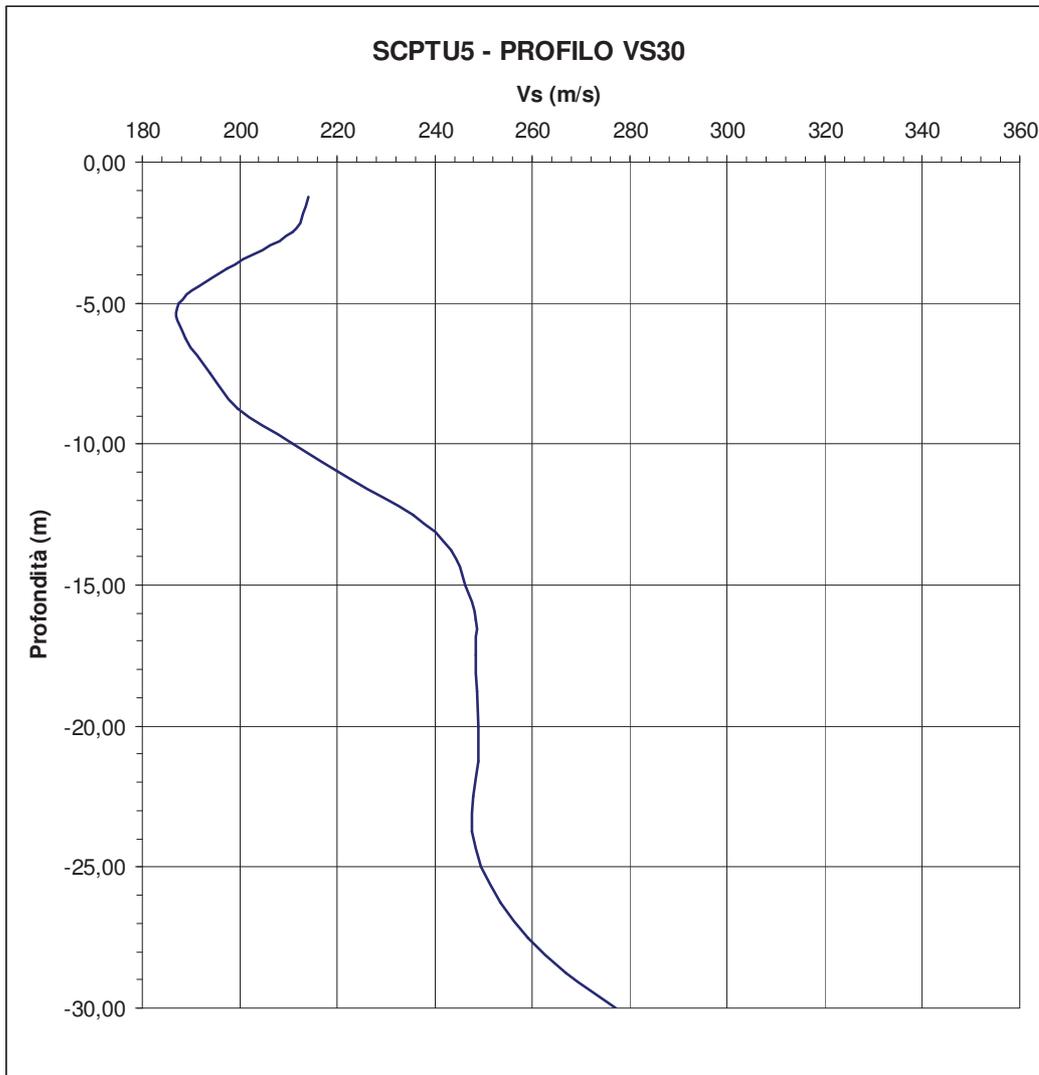
La generazione delle onde S necessaria alla misura è stata eseguita battendo con una mazza di 4 kg su una trave in legno compressa al suolo mediante lo stabilizzatore posteriore destro del penetrometro statico.

La misura del tempo di arrivo delle onde S al geofono posizionato nel piezocono sismico è stata effettuata con passo di campionamento di 1 m.

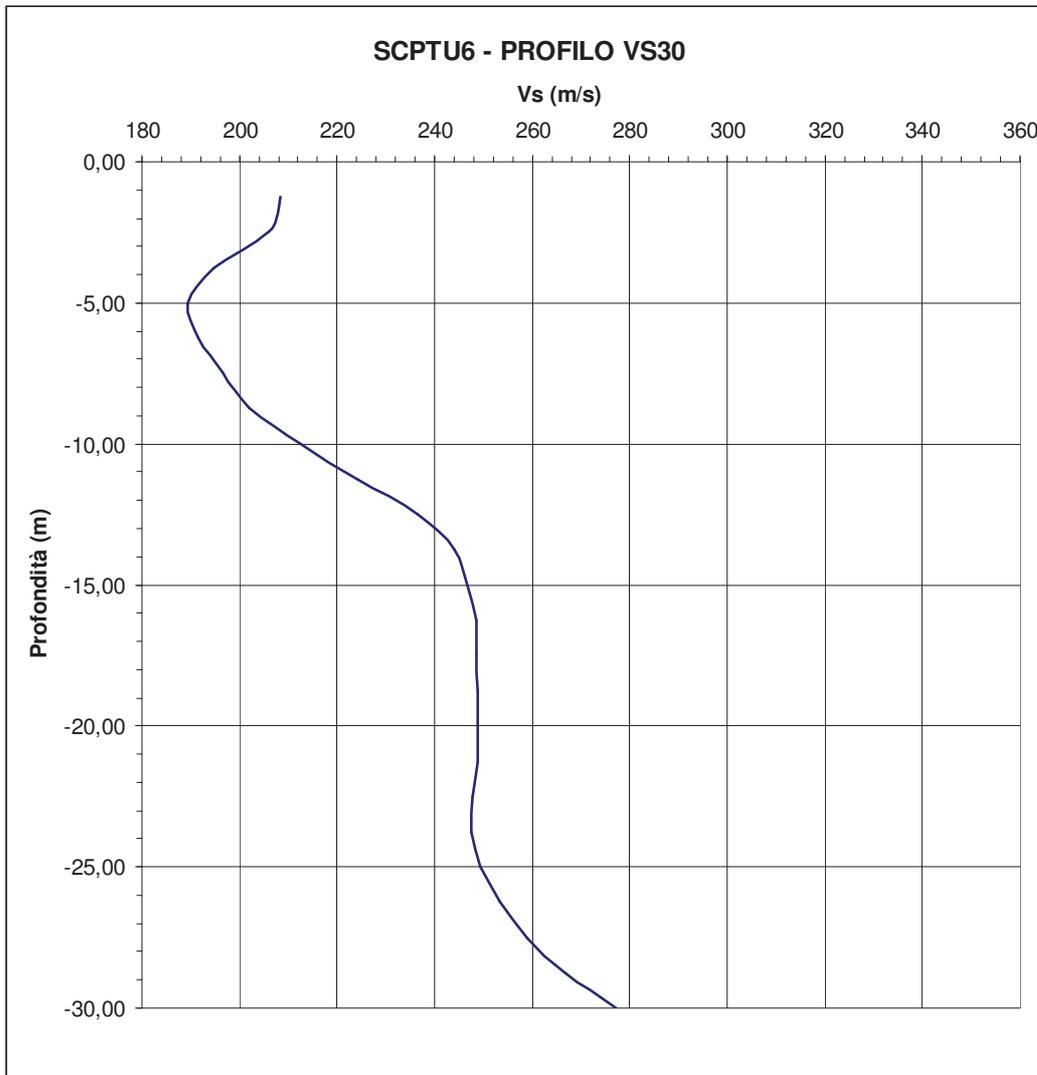
Di seguito si riportano i profilo della V_{S30} per le tre verticali di prova:



SCPTU4 Vs30 = 230,7 m/s



SCPTU5 Vs30 = 230,2 m/s



SCPTU6 Vs30 = 230,3 m/s

Il dato medio rilevato di Vs30, pari a 230 m/s, permette di classificare il terreno di fondazione in categoria C.

C

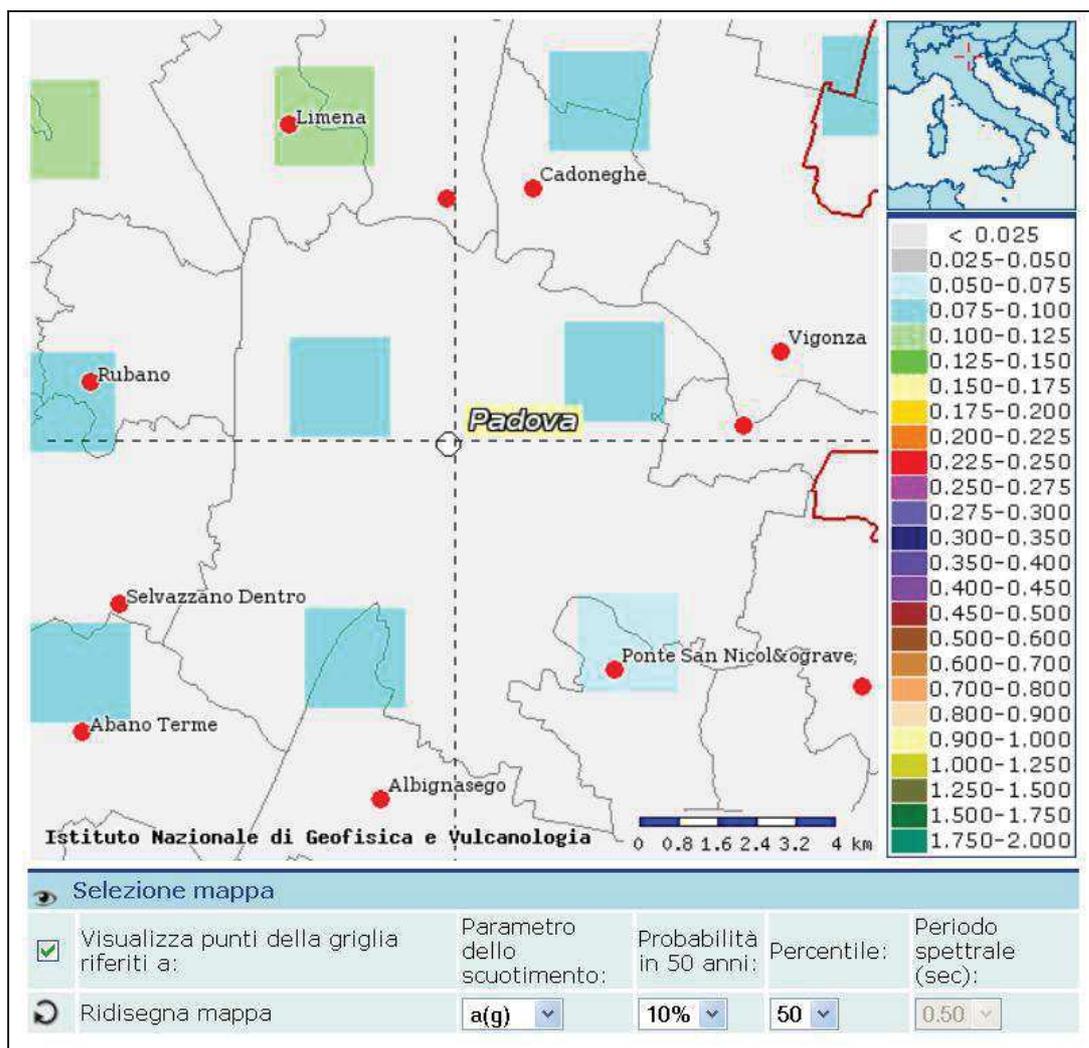
Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

CATEGORIA TOPOGRAFICA

Il lotto di studio insiste su di un'area pianeggiante posta a una quota media di circa 11.5 m s.l.m.; la superficie topografica è pertanto classificabile in **categoria T1** "superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ".

PERICOLOSITA' DEL SITO

Nella figura seguente si riportano i valori di pericolosità sismica del territorio nazionale (INGV) espresso in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% (SLV) in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A).



VERIFICA ALLA STABILITA' NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

E' stata valutata la stabilit  dei terreni di fondazione nei confronti della liquefazione, come stabilito dalle nuove norme tecniche NTC 2008.

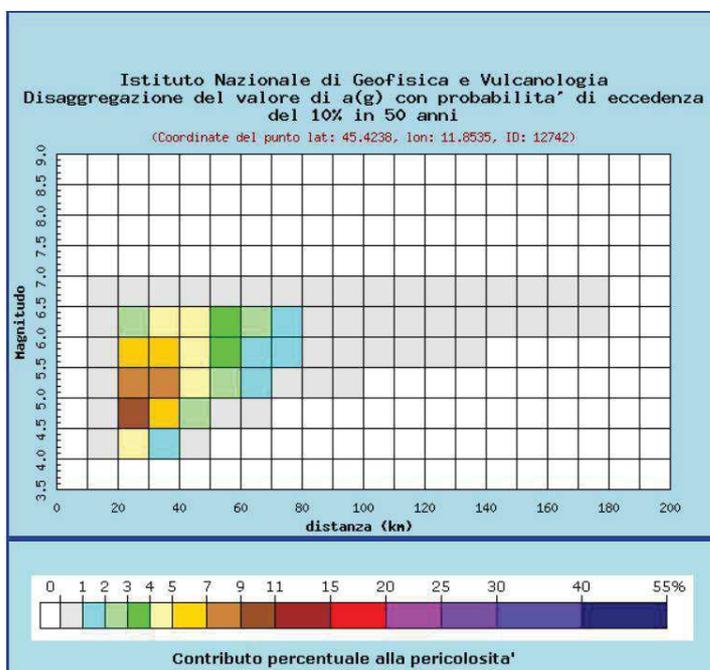
La verifica   stata eseguita utilizzando le resistenze misurate durante la prova CPT, inserendo il file dati penetrometrici nel software Liquefy v. 2.6.

Le azione sismiche considerate sono state cautelativamente riferite allo stato limite di salvaguardia vita (SLV).

Questi i dati sismici di input:

- Accelerazione massima al suolo: 0.12 g (SLV)
- Magnitudo atteso nel sito: 6.0*
- Categoria del sottosuolo: C
- Categoria topografica: T1

* (da Grafico di disaggregazione dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)



L'analisi è stata eseguita con il metodo *Robertson et al. (1998)*, assumendo come suscettibili di liquefazione solo quei punti aventi indice I_c (Soil Behaviour Type Index; indice funzione della resistenza alla punta e dell'attrito laterale misurato nella prova CPT) minore di 2.6, secondo quanto prevede il criterio di calcolo del metodo Robertson & Wride.

L'analisi, di cui si riporta il dettaglio in allegato, ha permesso di stabilire che i terreni di fondazione risultano stabili nei confronti della liquefazione per quanto riguarda gli stati limite di salvaguardia vita (SLV).

Per i dettagli si veda il grafico allegato.



ELENCO DEGLI ALLEGATI

- UBICAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE – SCALA 1 : 10.000
- INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA DI INDAGINE
- UBICAZIONE PLANIMETRICA DELLE VERTICALI DI INDAGINE
- STRATIGRAFIA DEI SONDAGGI
- DIAGRAMMI DELLE PROVE PENETROMETRICHE E
MODELLI GEOTECNICI
- GRAFICO FS – LIQUEFAZIONE
- DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

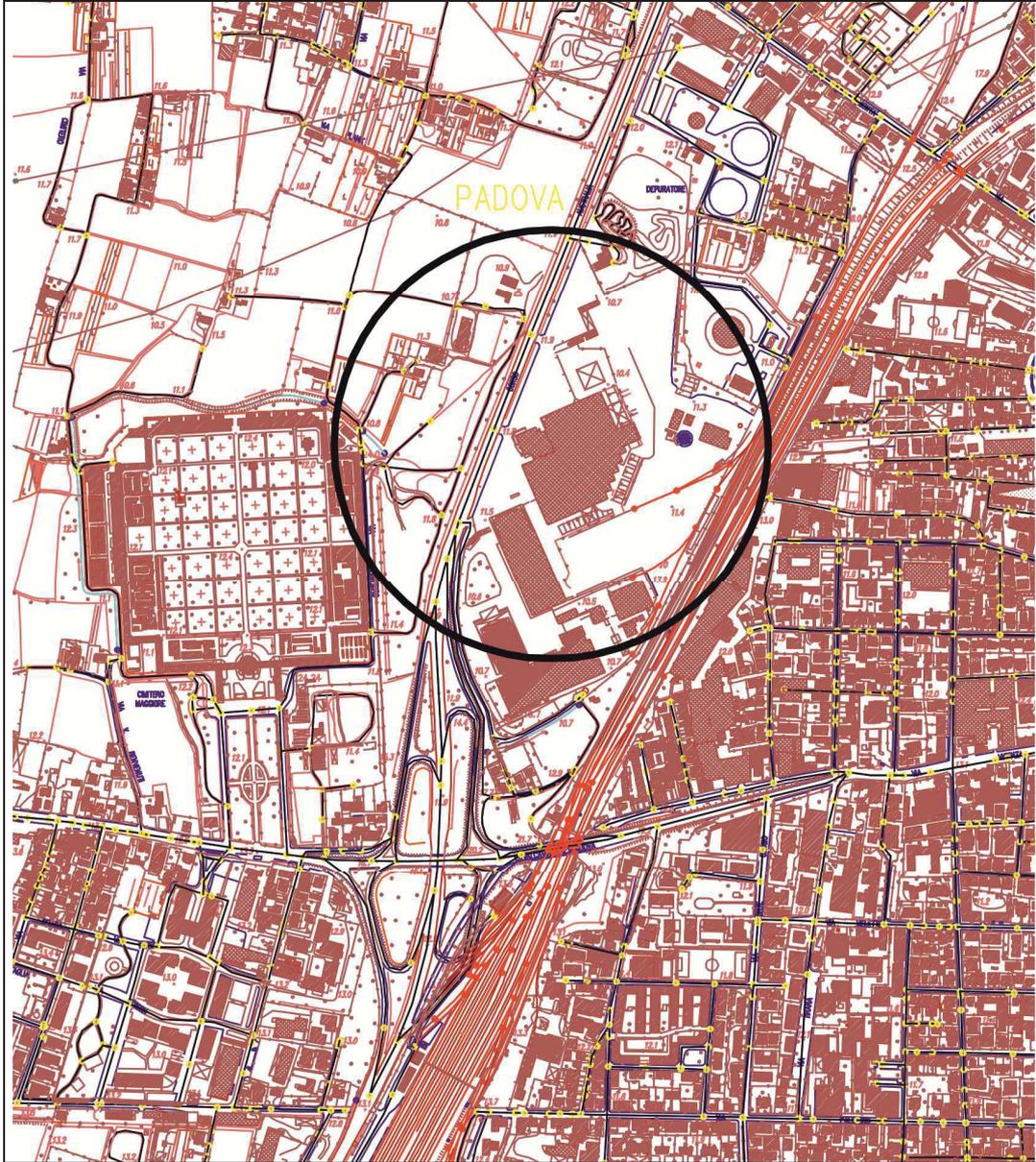
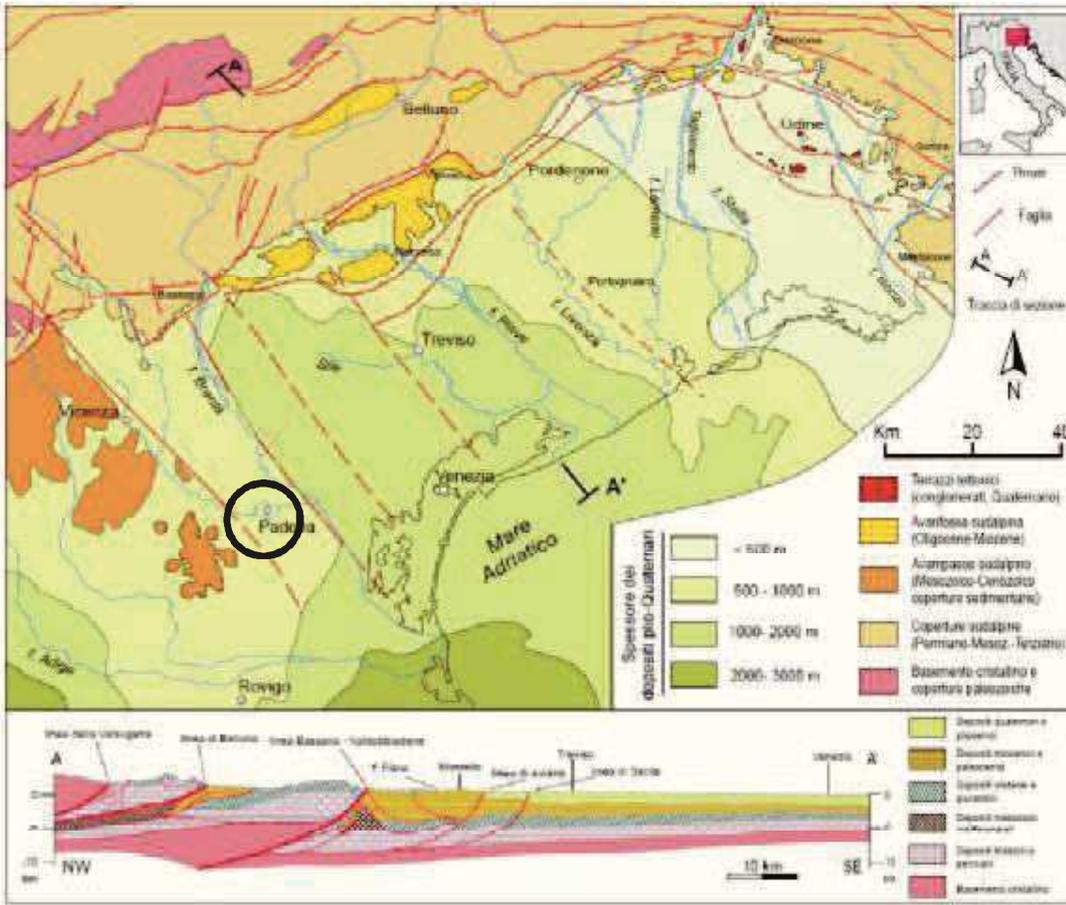


FIGURA 1 - SCALA 1 : 10.000
UBICAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE

**SCHEMA GEOLOGICO-STRUTTURALE
DELLA PIANURA VENETA**



**SCHEMA DEI SISTEMI DEPOSIZIONALI
DELLA PIANURA VENETA**

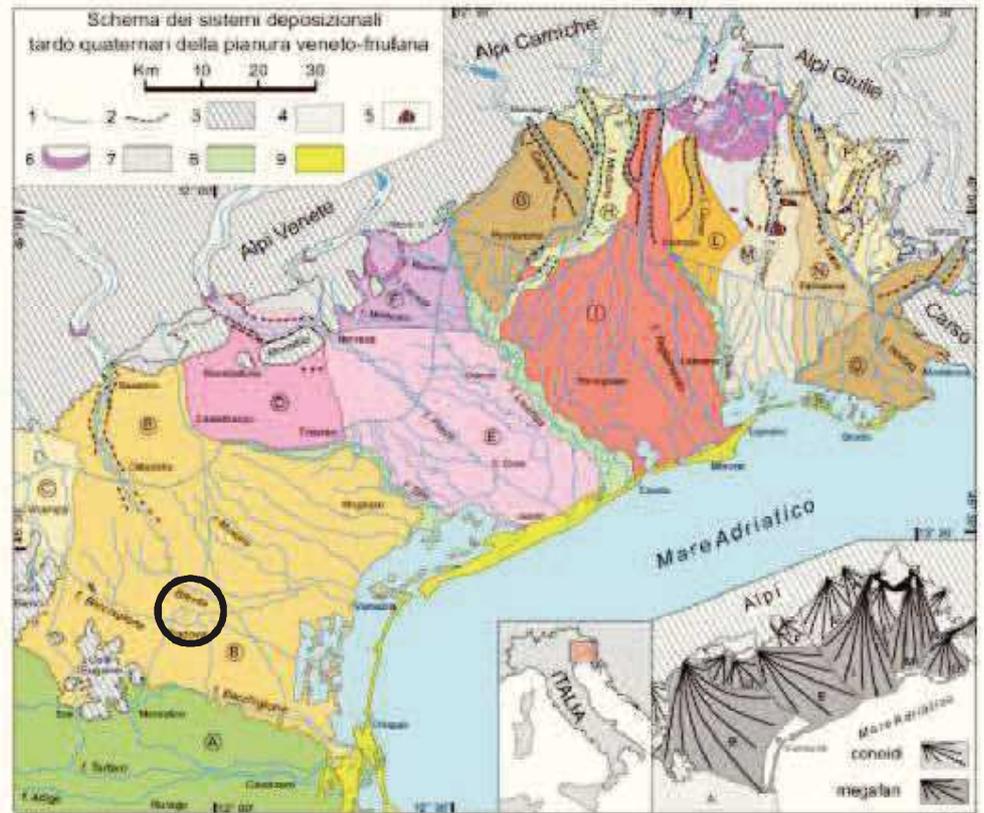
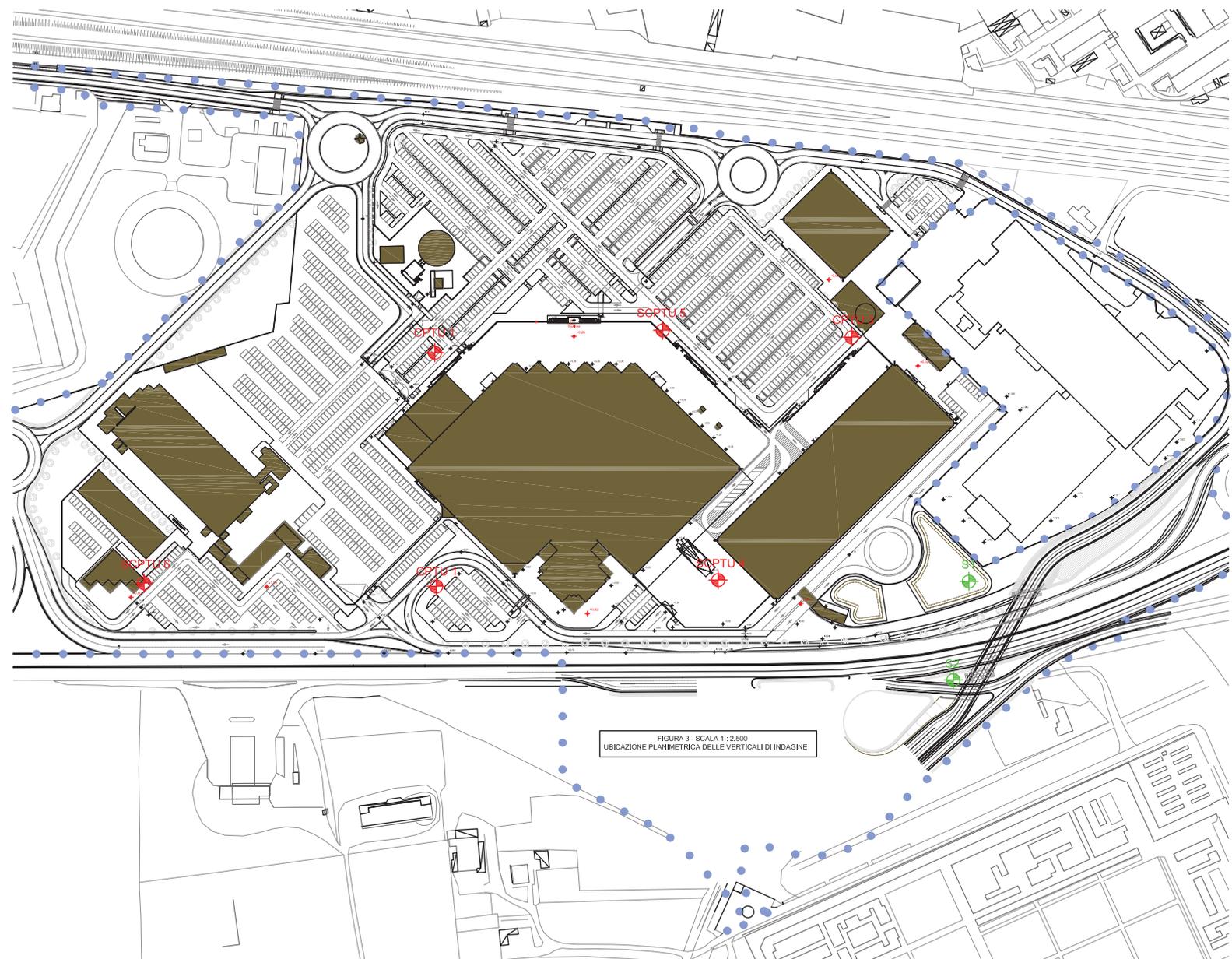


FIGURA 2

INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA DI INDAGINE



ASSISTENTE: DOTT. L. DAL COLLE

OPERATORE: SIG. L. BERTO

PERFORATRICE: A 65 T

CAMPIONI RIMANEGGIATI

da carotiere semplice

da S.P.T.

CAMPIONI INDISTURBATI

con Shelby Tube

con Osterberg

OSSERVAZIONI

PIEZOMETRO IN PVC, LUNGHEZZA 9.0 m, DIAMETRO 2",
FESSURATO DA -3.0 A -9.0 m.
CAROTIERE SEMPLICE: DIAMETRO 101 MM
RIVESTIMENTI METALLICI: DIAMETRO 127 MM
MATERIALE RIPOSTO IN N. 5 CASSETTE CATALOGATRICI IN PVC E FOTOGRAFATO.

QUOTE (m)	STRATI GRAFIA	DESCRIZIONE	STRATIGRAFICA	CAMPIONI			P.P. (kg/cm ²)	TOR.	S.P.T.		STRUMENTAZ.	LIVELLO ACQUA	
				prof.	t.	n.			H	N		data	m
		GHIAIA MEDIA SUBANGOLARE CON FRAMMENTI MILLIMETRICI/CENTIMETRICI DI LATERIZI, CON ELEMENTI DI GHIAIA GROSSA, IN MATRICE SABBIOSO-LIMOSA NOCCIOLA.										24/08	
		-0.80 LIMO ARGILLOSO/SABBIOSO, NOCCIOLA.										17:00	-2.50
2		-2.20 LIMO SABBIOSO, NOCCIOLA CON FIAMME OCRA.											
		-2.90 SABBIA MEDIA, MODERATAMENTE ADDENSATA, GRIGIA.											
4		-4.50 SABBIA GROSSA CON RARI ELEMENTI DI GHIAIA MEDIA, MOD. ADDENSATA, GRIGIA.							4.50 4.65 4.80 4.95	7 9 10			
		-7.75 ALTERNANZE DI ARGILLA LIMOSA E SABBIA GROSSA, GRIGIA.											
8		-8.10 ARGILLA LIMOSA CON INTERCALAZIONI MILLIMETRICHE DI SABBIA GROSSA, GRIGIA.											
		-8.40 ALTERNANZE PLURICENTIMETRICHE DI SABBIA GROSSA, ARGILLA LIMOSA E TORBA BRUNA, GRIGIA.					1.2	0.35					
		-9.00 SABBIA MEDIO-GROSSA, GRIGIO-MARRONE.											
10		-10.00 ARGILLA E LIMO, CONSISTENTI, GRIGI.											
		-10.30 LIMO E LMO SABBIOSO, DA GRIGIO A NOCCIOLA.					2.9	0.50					
		-10.70 SABBIA FINE, NOCCIOLA.											
12		-12.20 ARGILLA DEBOLMENTE LIMOSA, MOD. CONSISTENTE, GRIGIA.											
		-12.75 TORBA BRUNA CON INTERCALAZIONI DI ARGILLA TORBOSA, GRIGIA.					0.7 0.8	0.25 0.30					
		-12.95 ARGILLA E LIMO, CONSISTENTE, GRIGI.					1.2 1.7 2.1	0.45 0.45 0.50					
14		-14.35 LIMO CON SABBIA FINE, MODERATAMENTE ADDENSATA, GRIGIA NOCCIOLA.					1.7 4	0.40					
		-16.15 SABBIA FINE LIMOSA, MOD. ADDENSATA, GRIGIA.											
16		-16.90 SABBIA MEDIO-FINE, MOD. ADDENSATA, NOCCIOLA.											
		-19.40 SABBIA MEDIO-GROSSA, ADDENSATA, GRIGIA.											
18													
20													
									15.00 15.15 15.30 15.45	6 5 11			
									16.50 16.65 16.80 16.95	7 4 13			
									19.50 19.65	11			
									19.80 19.95	14 23			



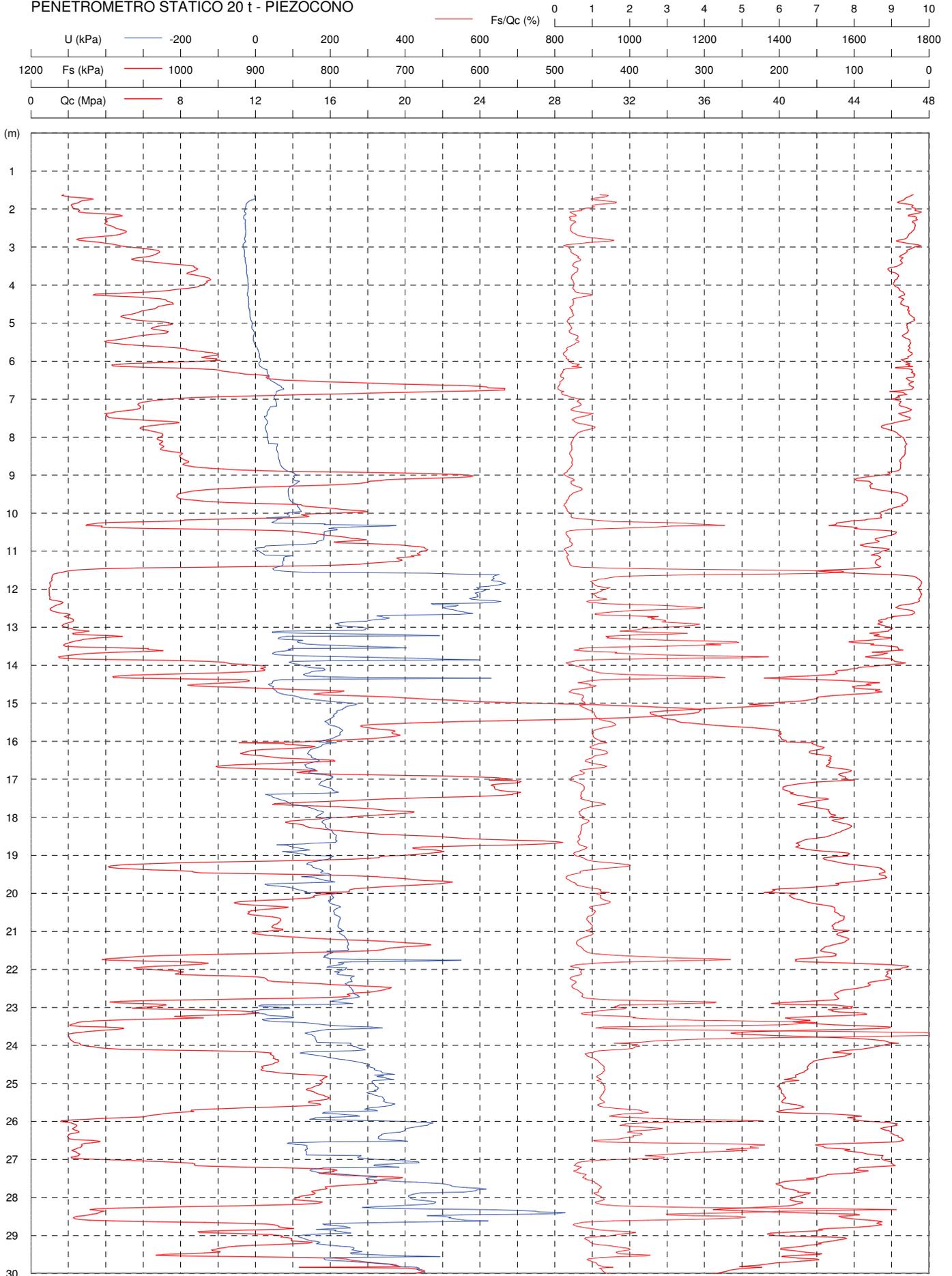
COMMITTENTE: LEROY MERLIN ITALIA S.R.L.

CANTIERE: PADOVA, EX FORO BOARIO

PENETROMETRIA: CPTU 1

DATA: 27/07/2016 QUOTA: P. PIAZZALE

PENETROMETRO STATICO 20 t - PIEZOCONO



PENETROMETRO	OPERATORE	ELABORAZIONE	REVISIONE
	DOTT. G. MONTANARI	DOTT. L. DAL COLLE	06/09/2016

MODELLO GEOTECNICO DEL TERRENO

Committente : LEROY MERLIN ITALIA S.R.L.
 Cantiere : PADOVA, EX FORO BOARIO

Penetrometria di riferimento: CPTU 1
 Data : 27/07/2016

Quota zero : P. PIAZZALE
 Profondità falda:

QUOTE DELLO STRATO (m)	SPESSORE (cm)	INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA	Qc media MPa	Fs media kPa	E' MPa	Phi (gradi)	Cu kPa
-1,60 -6,00	440	SABBIA MEDIA	5,99	30,52	12,06	36	0,00
-6,00 -11,50	550	SABBIA MEDIA E GROSSA	11,72	50,37	19,38	39	0,00
-11,50 -12,25	75	ARGILLA LIMOSA	1,11	27,60	4,22	0	55,68
-12,25 -14,40	215	ARGILLA E LIMO	4,39	67,73	9,07	0	219,65
-14,40 -23,40	900	SABBIA MEDIA	16,16	143,51	24,79	42	0,00
-23,40 -24,00	60	ARGILLA LIMOSA	2,70	125,06	5,67	0	135,11
-24,00 -26,00	200	SABBIA	11,94	157,80	18,73	39	0,00
-26,00 -27,00	100	ARGILLA LIMOSA	2,51	71,49	5,44	0	125,53
-27,00 -28,20	120	SABBIA	14,52	143,46	22,39	41	0,00
-28,20 -28,60	40	ARGILLA LIMOSA	4,41	165,37	8,90	0	220,63
-28,60 -30,00	140	SABBIA	13,65	169,79	21,52	40	0,00

Simbologia:

Qc: Resistenza alla punta (MPa)
 Fs : Attrito laterale locale (kPa)
 E' : Modulo Edometrico (MPa)
 Phi : Angolo d'attrito interno
 Cu : Coesione non drenata (kPa)



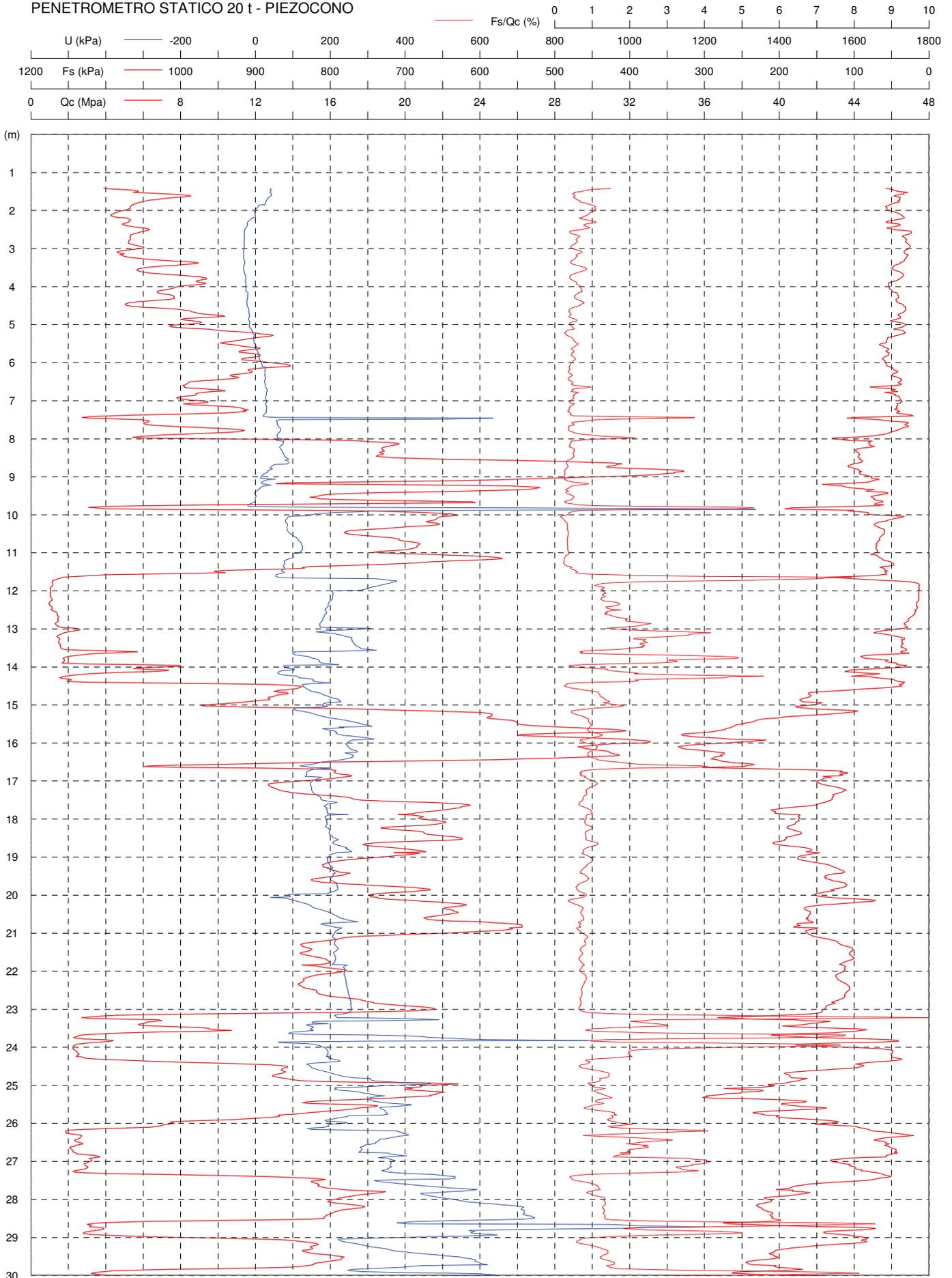
COMMITTENTE: LEROY MERLIN ITALIA S.R.L.

CANTIERE: PADOVA, EX FORO BOARIO

PENETROMETRIA: CPTU 2

DATA: 27/07/2016 QUOTA: P.C.

PENETROMETRO STATICO 20 t - PIEZOCONO



PENETROMETRO	OPERATORE	ELABORAZIONE	REVISIONE
	DOTT. G. MONTANARI	DOTT. L. DAL COLLE	19/08/2016

MODELLO GEOTECNICO DEL TERRENO

Committente : LEROY MERLIN ITALIA S.R.L.
 Cantiere : PADOVA, EX FORO BOARIO

Penetrometria di riferimento: CPTU 2
 Data : 27/07/2016

Quota zero : P.PIAZZALE
 Profondità falda:

QUOTE DELLO STRATO (m)	SPESSORE (cm)	INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA	Qc media MPa	Fs media kPa	E' MPa	Phi (gradi)	Cu kPa
-1,40 -8,00	660	SABBIA MEDIA	8,05	44,73	14,65	37	0,00
-8,00 -11,70	370	SABBIA MEDIA E GROSSA	19,73	79,29	29,88	44	0,00
-11,70 -13,50	180	ARGILLA LIMOSA	1,36	27,40	5,36	0	67,87
-13,50 -14,40	90	LIMO E SABBIA	3,54	60,56	8,52	33	0,00
-14,40 -16,00	160	SABBIA LIMOSA	20,73	187,86	31,26	44	0,00
-16,00 -23,00	700	SABBIA	18,84	155,30	28,31	43	0,00
-23,00 -24,00	100	LIMO ARGILLOSO	6,61	149,84	12,31	0	330,34
-24,00 -24,40	40	LIMO	3,66	56,77	7,53	33	0,00
-24,40 -26,20	180	SABBIA	14,39	176,10	22,32	41	0,00
-26,20 -27,40	120	ARGILLA E LIMO	3,31	70,26	7,17	0	165,60
-27,40 -28,60	120	SABBIA	15,54	186,72	23,51	41	0,00
-28,60 -29,00	40	ARGILLA LIMOSA	4,14	142,02	8,39	0	207,04
-29,00 -30,00	100	SABBIA	12,72	184,96	19,63	40	0,00

Simbologia:

- Qc: Resistenza alla punta (MPa)
- Fs : Attrito laterale locale (kPa)
- E' : Modulo Edometrico (MPa)
- Phi : Angolo d'attrito interno
- Cu : Coesione non drenata (kPa)



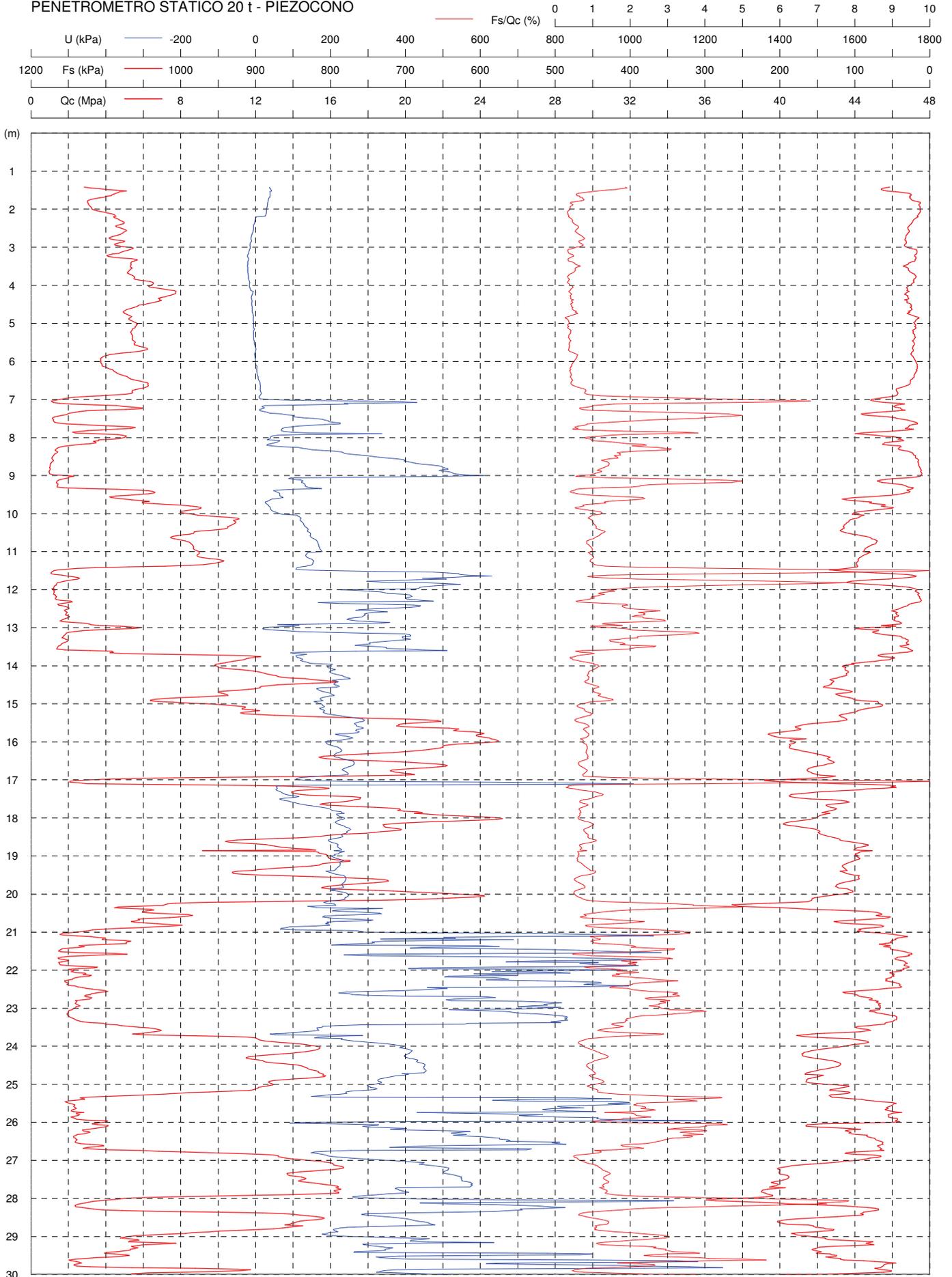
COMMITTENTE: LEROY MERLIN ITALIA S.R.L.

CANTIERE: PADOVA, EX FORO BOARIO

PENETROMETRIA: CPTU 3

DATA: 27/07/2016 QUOTA: P. PIAZZALE

PENETROMETRO STATICO 20 t - PIEZOCONO



PENETROMETRO	OPERATORE	ELABORAZIONE	REVISIONE
	DOTT. G. MONTANARI	DOTT. L. DAL COLLE	06/09/2016

MODELLO GEOTECNICO DEL TERRENO

Committente : LEROY MERLIN ITALIA S.R.L.
 Cantiere : PADOVA, EX FORO BOARIO

Penetrometria di riferimento: CPTU 3
 Data : 27/07/2016

Quota zero : P. PIAZZALE
 Profondità falda:

QUOTE DELLO STRATO (m)	SPESSORE (cm)	INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA	Qc media MPa	Fs media kPa	E' MPa	Phi (gradi)	Cu kPa
-1,40 -7,00	560	SABBIA MEDIA	5,02	25,99	10,08	35	0,00
-7,00 -8,25	125	ALTERNANZE DI ARGILLA E SABBIA	3,00	49,22	6,90	32	0,00
-8,25 -9,00	75	ARGILLA LIMOSA	1,20	18,41	4,72	0	59,87
-9,00 -9,40	40	LIMO	2,44	37,87	6,45	31	0,00
-9,40 -11,50	210	SABBIA	8,18	88,92	15,29	37	0,00
-11,50 -13,60	210	ARGILLA LIMOSA	1,96	42,64	6,58	0	97,91
-13,60 -20,20	660	SABBIA	15,80	128,05	24,00	42	0,00
-20,20 -21,00	80	LIMO SABBIOSO	6,24	117,91	12,32	36	0,00
-21,00 -23,40	240	ARGILLA E LIMO	2,64	54,61	6,25	0	132,05
-23,40 -25,30	190	SABBIA	11,81	130,05	18,51	39	0,00
-25,30 -26,70	140	ARGILLA E LIMO	2,78	77,91	6,58	0	139,19
-26,70 -28,00	130	SABBIA	13,73	173,54	20,95	40	0,00
-28,00 -28,30	30	LIMO ARGILLOSO	3,25	175,38	6,48	0	162,26
-28,30 -29,00	70	SABBIA E LIMO	11,80	148,41	18,65	39	0,00
-29,00 -30,00	100	LIMO E ARGILLA	5,21	108,46	10,40	0	260,57

Simbologia:

- Qc: Resistenza alla punta (MPa)
- Fs : Attrito laterale locale (kPa)
- E' : Modulo Edometrico (MPa)
- Phi : Angolo d'attrito interno
- Cu : Coesione non drenata (kPa)



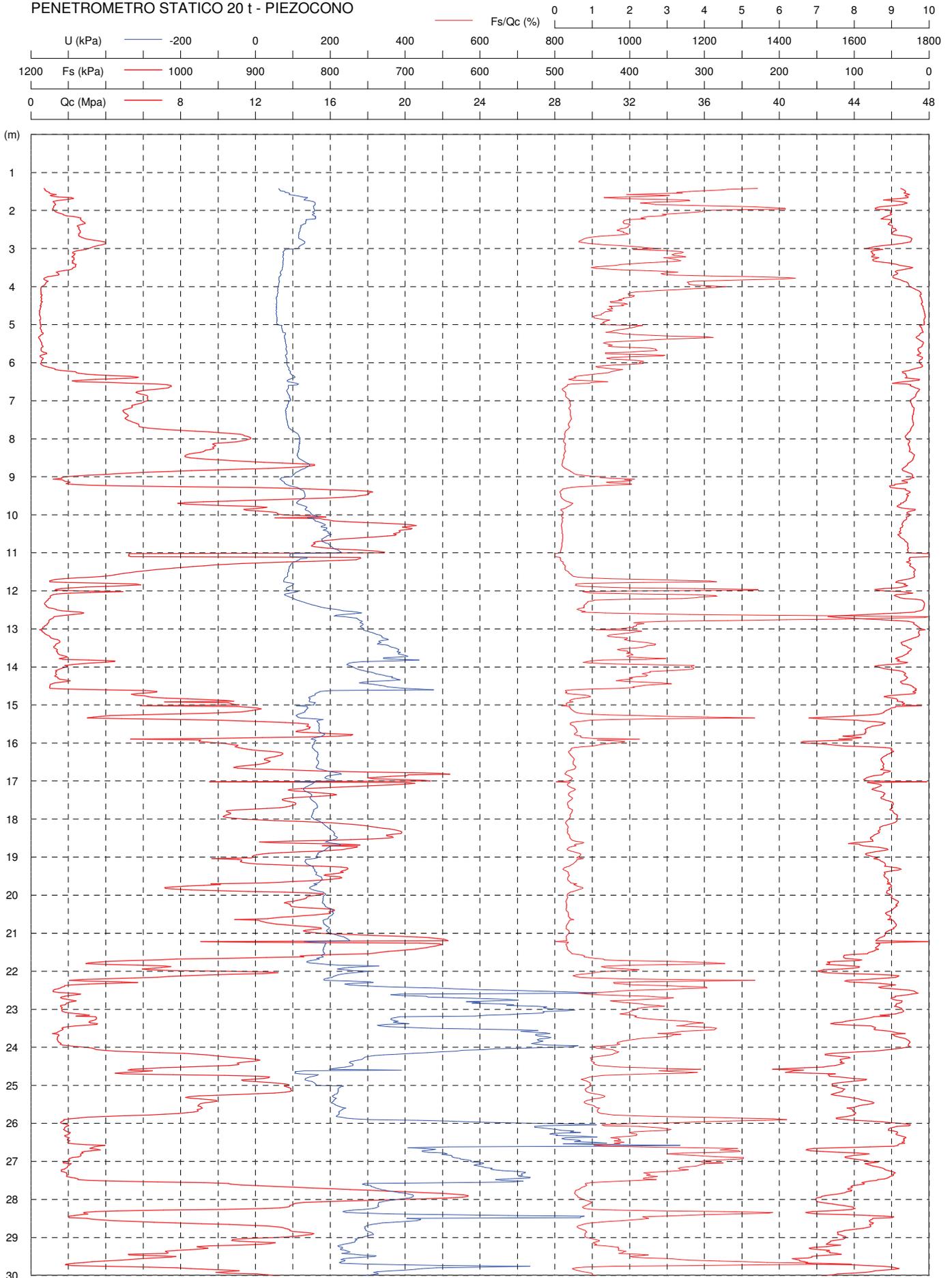
COMMITTENTE: LEROY MERLIN ITALIA S.R.L.

CANTIERE: PADOVA, EX FORO BOARIO

PENETROMETRIA: CPTU 4

DATA: 28/07/2016 QUOTA: P. PIAZZALE

PENETROMETRO STATICO 20 t - PIEZOCONO



PENETROMETRO	OPERATORE	ELABORAZIONE	REVISIONE
	DOTT. G. MONTANARI	DOTT. L. DAL COLLE	06/09/2016

MODELLO GEOTECNICO DEL TERRENO

Committente : LEROY MERLIN ITALIA S.R.L.
 Cantiere : PADOVA, EX FORO BOARIO

Penetrometria di riferimento: CPTU 4
 Data : 28/07/2016

Quota zero : P. PIAZZALE
 Profondità falda:

QUOTE DELLO STRATO (m)	SPESSORE (cm)	INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA	Qc media MPa	Fs media kPa	E' MPa	Phi (gradi)	Cu kPa
-1,40 -3,00	160	LIMO SABBIOSO	2,17	45,92	5,4	30	0,00
-3,00 -3,80	80	SABBIA FINE	1,99	55,31	4,9	30	0,00
-3,80 -6,20	240	LIMI E SABBIE SCIOLTE	0,61	12,88	2,2	22	0,00
-6,20 -11,60	540	SABBIA	10,00	26,83	16,7	38	0,00
-11,60 -12,10	50	ARGILLA LIMOSA-TORBOSA	2,75	37,19	6,8	0	137,37
-12,10 -14,60	250	ARGILLA E LIMO	1,45	32,41	4,8	0	72,50
-14,60 -21,70	710	SABBIA	13,96	63,81	21,4	40	0,00
-21,70 -22,40	70	LIMO	5,85	95,69	11,7	36	0,00
-22,40 -24,00	160	LIMO ARGILLOSO	2,03	50,85	6,7	0	101,46
-24,00 -25,90	190	SABBIA	9,20	113,48	16,1	38	0,00
-25,90 -27,50	160	ARGILLA E LIMO	2,20	66,18	7,0	0	109,85
-27,50 -30,00	250	SABBIA CON INTERCALAZIONI DI LIMO ARGILLOSO	10,72	115,28	17,3	39	0,00

Simbologia:

- Qc: Resistenza alla punta (MPa)
- Fs : Attrito laterale locale (kPa)
- E' : Modulo Edometrico (MPa)
- Phi : Angolo d'attrito interno
- Cu : Coesione non drenata (kPa)



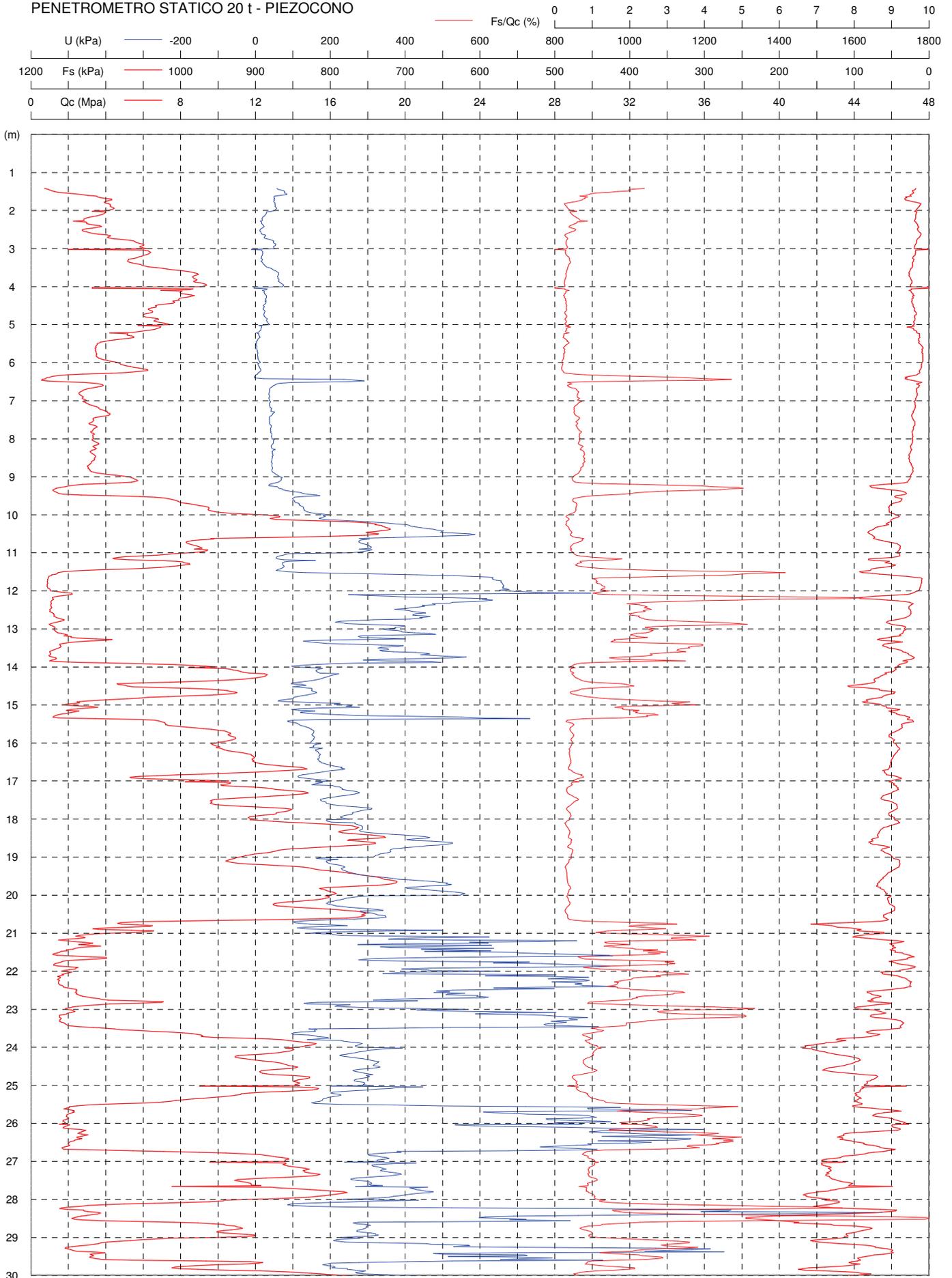
COMMITTENTE: LEROY MERLIN ITALIA S.R.L.

CANTIERE: PADOVA, EX FORO BOARIO

PENETROMETRIA: CPTU 5

DATA: 29/07/2016 QUOTA: P. PIAZZALE

PENETROMETRO STATICO 20 t - PIEZOCONO



PENETROMETRO	OPERATORE	ELABORAZIONE	REVISIONE
	DOTT. G. MONTANARI	DOTT. L. DAL COLLE	06/09/2016

MODELLO GEOTECNICO DEL TERRENO

Committente : LEROY MERLIN ITALIA S.R.L.
 Cantiere : PADOVA, EX FORO BOARIO

Penetrometria di riferimento: CPTU 5
 Data : 29/07/2016

Quota zero : P. PIAZZALE
 Profondità falda:

QUOTE DELLO STRATO (m)	SPESSORE (cm)	INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA	Qc media MPa	Fs media kPa	E' MPa	Phi (gradi)	Cu kPa
-1,40 -2,60	120	SABBIA E LIMO	3,22	18,28	6,72	33	0,00
-2,60 -6,50	390	SABBIA MEDIA	5,77	17,69	11,66	36	0,00
-6,50 -9,50	300	SABBIA FINE	3,31	24,86	6,85	33	0,00
-9,50 -11,50	200	SABBIA MEDIO-GROSSA	10,54	55,49	18,31	38	0,00
-11,50 -13,90	240	ARGILLA E LIMO	1,40	35,70	5,01	0	70,02
-13,90 -14,80	90	SABBIA	9,34	62,61	15,96	38	0,00
-14,80 -15,30	50	LIMO	2,77	59,01	6,23	32	0,00
-15,30 -20,70	540	SABBIA	13,11	51,71	20,37	40	0,00
-20,70 -23,50	280	LIMO ARGILLOSO	2,63	57,76	6,86	0	131,60
-23,50 -25,50	200	SABBIA	11,85	102,31	18,63	39	0,00
-25,50 -26,70	120	ARGILLA LIMOSA	2,18	71,50	6,72	0	109,03
-26,70 -28,20	150	SABBIA	12,19	126,81	19,04	39	0,00
-28,20 -30,00	180	ALTERNANZE DI SABBIA E LIMO ARGILLOSO	6,88	113,41	12,20	36	0,00

Simbologia:

- Qc: Resistenza alla punta (MPa)
- Fs : Attrito laterale locale (kPa)
- E' : Modulo Edometrico (MPa)
- Phi : Angolo d'attrito interno
- Cu : Coesione non drenata (kPa)



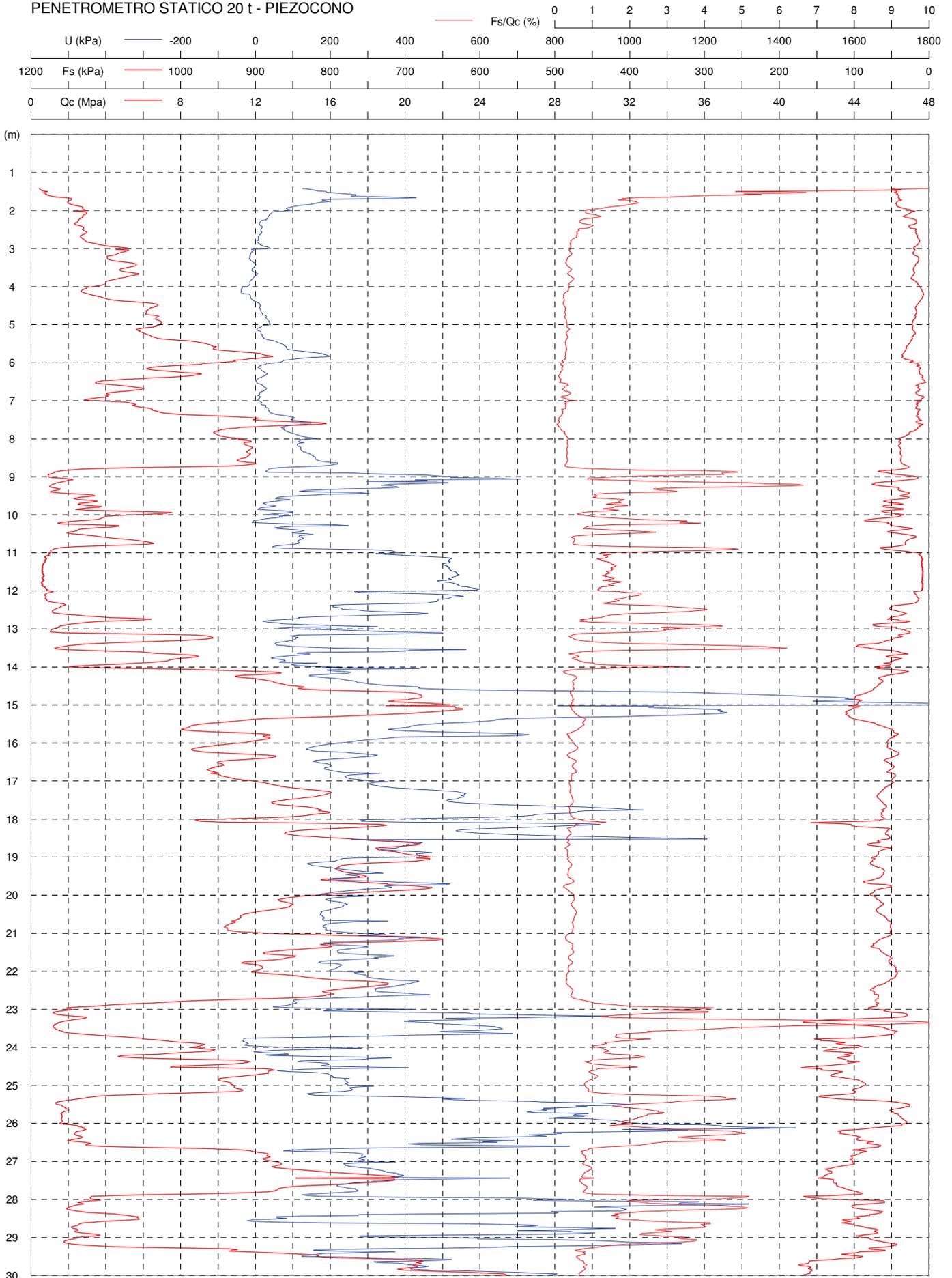
COMMITTENTE: LEROY MERLIN ITALIA S.R.L.

CANTIERE: PADOVA, EX FORO BOARIO

PENETROMETRIA: CPTU 6

DATA: 29/07/2016 QUOTA: P. PIAZZALE

PENETROMETRO STATICO 20 t - PIEZOCONO



PENETROMETRO	OPERATORE	ELABORAZIONE	REVISIONE
	DOTT. G. MONTANARI	DOTT. L. DAL COLLE	06/09/2016

MODELLO GEOTECNICO DEL TERRENO

Committente : LEROY MERLIN ITALIA S.R.L.
 Cantiere : PADOVA, EX FORO BOARIO

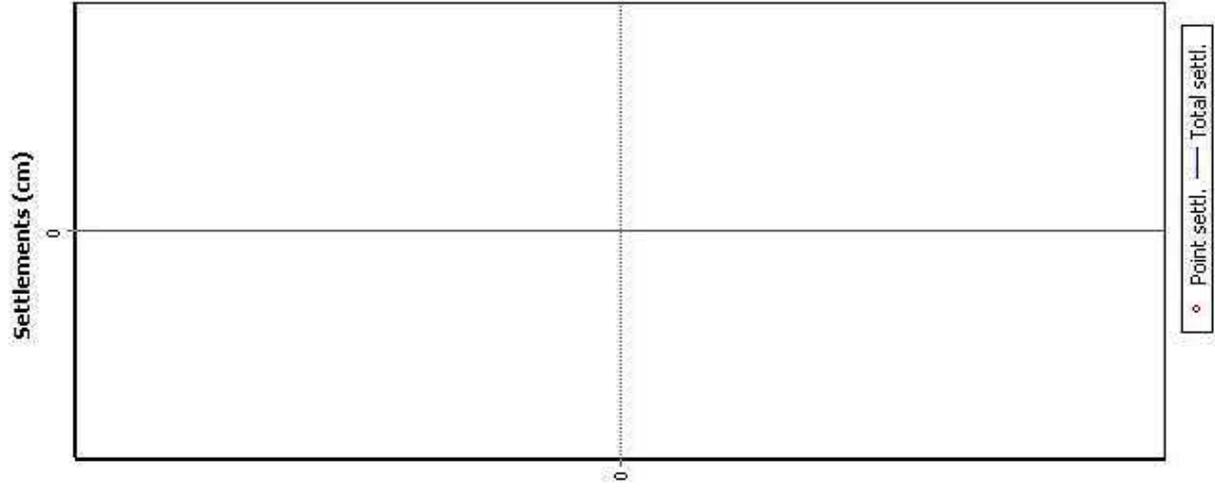
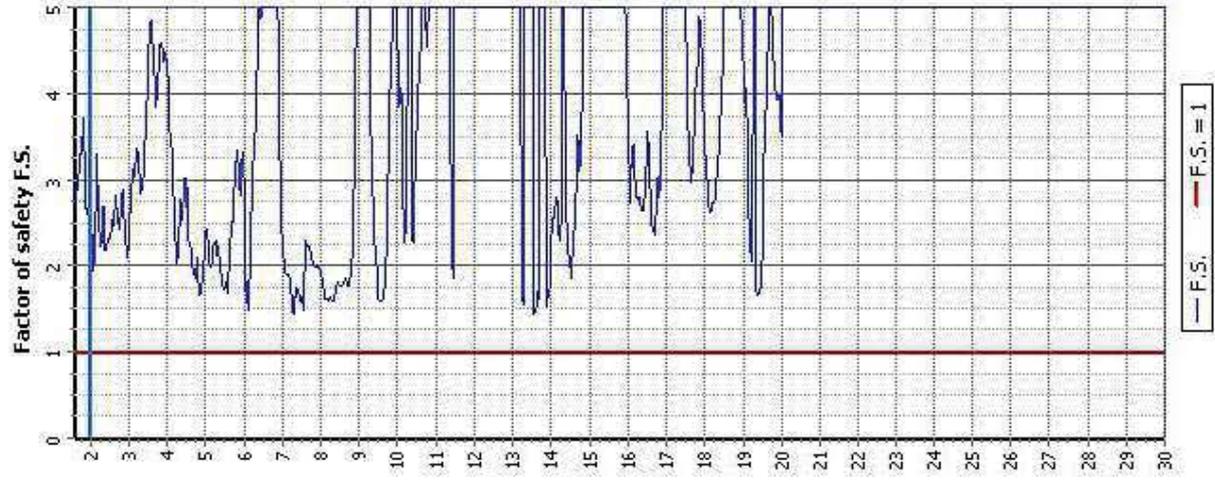
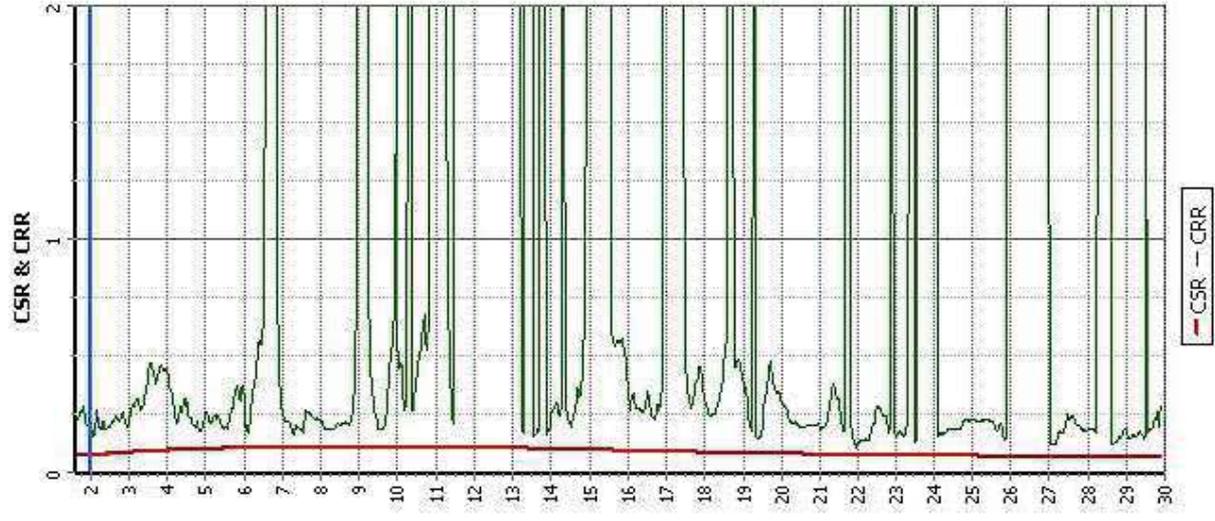
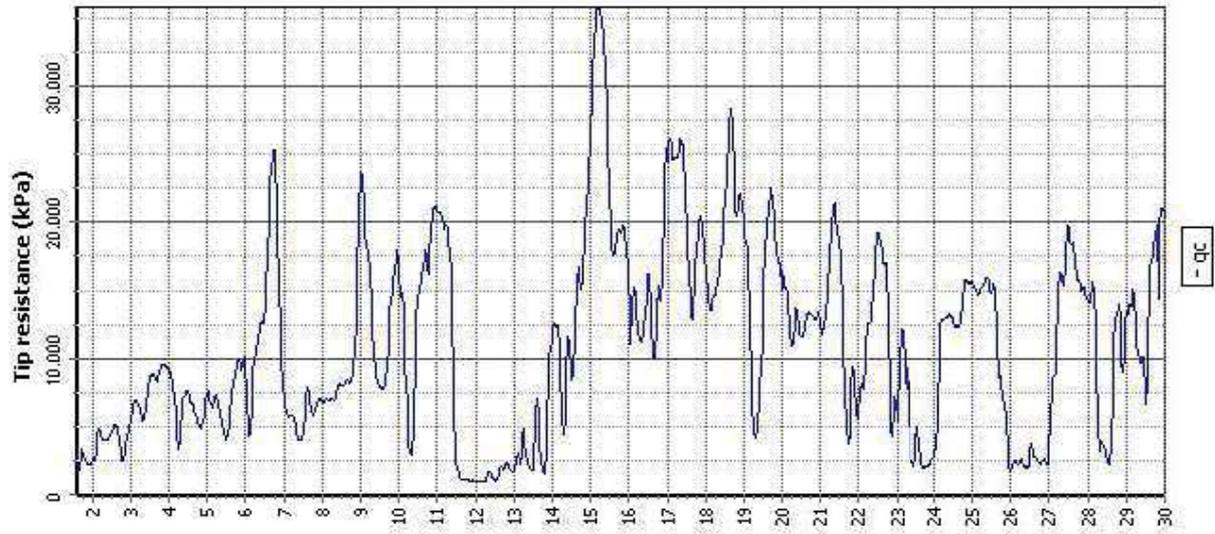
Penetrometria di riferimento: CPTU 6
 Data : 29/07/2016

Quota zero : P. PIAZZALE
 Profondità falda:

QUOTE DELLO STRATO (m)	SPESSORE (cm)	INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA	Qc media MPa	Fs media kPa	E' MPa	Phi (gradi)	Cu kPa
-1,40 -2,90	150	LIMO E SABBIA	2,34	28,39	5,10	31	0,00
-2,90 -7,00	410	SABBIA MEDIA	6,12	17,90	11,79	36	0,00
-7,00 -9,00	200	SABBIA GROSSA	9,13	28,13	15,01	38	0,00
-9,00 -9,50	50	ARGILLA LIMOSA	1,62	41,33	5,30	0	80,91
-9,50 -10,90	140	LIMO SABBIOSO/ARGILLOSO	3,61	44,69	7,54	33	0,00
-10,90 -12,60	170	ARGILLA LIMOSA	0,81	14,70	2,70	0	40,33
-12,60 -14,00	140	ALTERNANZE ARGILLA LIMOSA E LIMO SABBIOSO	4,70	51,27	9,97	0	235,17
-14,00 -23,00	900	SABBIA	14,31	64,75	21,97	41	0,00
-23,00 -23,60	60	ARGILLA LIMOSA	1,69	75,37	5,57	0	84,73
-23,60 -25,20	160	SABBIA	9,11	109,68	15,55	38	0,00
-25,20 -26,60	140	ARGILLA LIMOSA	2,36	70,14	7,09	0	117,93
-26,60 -27,90	130	SABBIA	13,56	113,83	20,86	40	0,00
-27,90 -29,20	130	ARGILLA LIMOSA	3,05	87,97	7,25	0	152,50
-29,20 -30,00	80	SABBIA	17,18	126,52	26,04	42	0,00

Simbologia:

- Qc: Resistenza alla punta (MPa)
- Fs : Attrito laterale locale (kPa)
- E' : Modulo Edometrico (MPa)
- Phi : Angolo d'attrito interno
- Cu : Coesione non drenata (kPa)





Sondaggio S1 – Cassetta N. 1 : da 0.0 m a 5.0 m



Sondaggio S1 – Cassetta N. 2 : da 5.0 m a 10.0 m



Sondaggio S1 – Cassetta N. 3 : da 10.0 m a 15.0 m



Sondaggio S1 – Cassetta N. 4 : da 15.0 m a 20.0 m



Sondaggio S1 – Cassetta N. 5 : da 20.0 m a 25.0 m



Sondaggio S2 – Cassetta N. 1 : da 0.0 m a 5.0 m



Sondaggio S2 – Cassetta N. 2 : da 5.0 m a 10.0 m



Sondaggio S2 – Cassetta N. 3 : da 10.0 m a 15.0 m



Sondaggio S2 – Cassetta N. 4 : da 15.0 m a 20.0 m



Sondaggio S2 – Cassetta N. 5 : da 20.0 m a 25.0 m