



COMUNE DI PADOVA

AREA LL.PP.

Settore Edilizia Pubblica e Impianti Sportivi
Servizio Edilizia Pubblica

PROGETTO ESECUTIVO

II AMPLIAMENTO SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO G.GALILEI

IMPORTO COMPLESSIVO: € 1.300.000,00

N° Progetto	CUP	Elaborato	
Nome file		R2	
Data		RELAZIONE TECNICO-GEOLOGICA	
Maggio 2018	LLPP EDP 2018/135		
Progettisti	Rup	Capo Settore	Capo Area
Arch. Thomas Selmin (capogruppo)	Arch. Stefano Benvegnù	Arch. Luigino Gennaro	Arch. Luigino Gennaro
Arch. Chiara Malfitano			
Arch. Riccardo Ruggiero			

Padova, 08 aprile 2008

COMMITTENTE: Spett.le

COMUNE DI PADOVA

SETTORE EDILIZIA SCOLASTICA

Viale Codalunga, 1/Bis

35121 PADOVA

=====

OGGETTO: RELAZIONE GEOLOGICO – TECNICA E INDAGINE
GEOGNOSTICA CON MEZZI MECCANICI PER LA
DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE
STRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE DEL SOTTOSUOLO
PER L'AMPLIAMENTO DELLA SCUOLA SECONDARIA DI
PRIMO GRADO "G.GALILEI" IN VIA DELLA BISCIA –ZONA
MONTA' (PD)



RELAZIONE GEOLOGICO - TECNICA

GENERALITA'

Su incarico del Comune di Padova – Settore Edilizia Scolastica, è stata eseguita da questa società una campagna di indagini geognostiche per determinare le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del sottosuolo per l'ampliamento della scuola secondaria di primo grado "G.Galilei" in località Montà a Padova – Via Della Biscia.

La presente indagine, oltre che rispondere all'esigenza di una corretta e razionale progettazione delle opere di fondazione, ottempera ai dispositivi della seguente normativa:

- *D.M.11/3/88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";*
- *Legge dell'11.02.1994 n° 109 che riguarda i Lavori Pubblici; il relativo regolamento di attuazione con DPR del 21.12.99 n° 554;*
- *Cir. Min.LL.PP. del 09/01/1996 n° 218/24/3 contenente le relative istruzioni per l'applicazione;*
- *Circ. Regionale n° 9 del 5 Aprile 2000;*
- *D.P.R. del 06.06.2001 n° 380 art. 52;*
- *D.L. 02/02/1974 n° 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";*
- *D.M. 16/01/1996 che disciplina le costruzioni in zona sismica;*
- *Ordinanza 20/03/2003 n° 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per la costruzione in zona sismica" e successive modifiche ed integrazioni.*
- *D.M. 14/09/2005 "Norme Tecniche per le costruzioni".*

Su richiesta del Committente l'indagine è consistita nell'esecuzione di **n. 2 prove penetrometriche statiche** ubicate come visibile in Tav.1.

L'indagine effettuata ha consentito di analizzare le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti nel sottosuolo fino alla profondità massima di **18m** dal piano campagna. Il punto d'indagine è riferito al piano campagna. Resta a carico della committente la quotatura del punto della prova rispetto a un capo saldo (c.s.). Le prove si sono interrotte per rifiuto strumentale.

Il livello della **falda**, alla data attuale, è stato individuato a **-1.80 ÷ 2.10 m da p.c.**. Tale valore è puramente indicativo data la metodologia di misura e potrebbe subire delle variazioni a seconda delle condizioni meteorologiche.

IN ALLEGATO SONO RIPORTATI:

- N° 1 planimetria con l'ubicazione delle prove penetrometriche;
- N° 2 diagrammi penetrometrici.

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

Nei diagrammi penetrometrici allegati sono riportate, in funzione della profondità, le misure effettuate per ogni 0.20 m di avanzamento, della:

- *Resistenza alla punta R_p espressa in Kg/cm^2 ;*
- *Resistenza di attrito laterale locale (ral) in Kg/cm^2 ;*
- *L'interpretazione stratigrafica desunta dal rapporto R_p/ral (Begemann).*

L'analisi dei dati rilevati evidenzia una stratigrafia abbastanza omogenea in senso orizzontale. In senso verticale, si riscontra la presenza di uno strato vegetale e/o di riporto antropico dello spessore di circa 1m da piano campagna passante a terreni limo sabbiosi e/o sabbioso limosi a tratti argillosi riscontrati fino a -4.0-4.5m. A partire da tale quota si riscontra un banco poco omogeneo di sabbia medio grossa con decimetriche intercalazioni di argilla media e molle.

La stratigrafia procede con un livello argilloso fino alla profondità di -8.5 m da p.c.. Segue un livello di sabbia media fino alla profondità di -11m da p.c., passante a tale quota ad argilla medio molle con livello torboso a -11-11.5 m.

Da tale quota e fino alla profondità investigata di 18m, si evidenzia la presenza di sabbia che da medio fina passa a grossa ghiaiosa a circa -16m da p.c..

Prendendo come quota di riferimento il piano campagna e procedendo verticalmente, risultano individuati i seguenti livelli:

PROFONDITA' Da metri	a metri	R_p Kg/cm^2	C_u Kg/cm^2	ϕ °	INTERPRETAZIONE LITOLOGICA SECONDO BEGEMANN
0.00	0.80 – 1.00	-	-	-	Terreno superficiale vegetale e/o riporto antropico.
0.80 – 1.00	4.00 – 4.60	20-30	0.8	32	Limo sabbioso e/o sabbia limosa a tratti argillosa.
4.00 – 4.60	10.80-11.00	80 8	- 0.5	37 -	Sabbia media con decimetriche intercalazioni di argilla medio molle.
10.80-11.00	13.00	5-10	0.4	-	Argilla molle e media.
13.00	16.00	40	-	32	Sabbia fina limosa.
16.00	18.00	150	-	38	Sabbia medio grossa ghiaiosa.

N.B.: I valori di R_p (Resistenza di punta), C_u (coesione non drenata) e ϕ (angolo di attrito interno) sono da considerarsi valori medi dello strato ottenuti indirettamente da valori medi degli strati ricavati da prove puntuali.

La descrizione stratigrafica, anch'essa ottenuta indirettamente dall'elaborazione dei dati medi dei valori meccanici sopra descritti, per poter rappresentare correttamente la situazione reale, deve essere sempre verificata mediante un sondaggio stratigrafico con il recupero dei materiali carotati

PARAMETRI DI AZIONE SISMICA

La normativa sismica anteriore al marzo 2003 suddivide il territorio nazionale in tre categorie di pericolosità (elevata, media e bassa). Per ciascuna categoria sono assegnati un grado di sismicità (S) ed un coefficiente di intensità sismica ($C = (S-2)/100$). Lo spettro di progetto $S(T)$ si ottiene moltiplicando il coefficiente C (a seconda della pericolosità sismica) per una forma spettrale $R(T)$ indipendente dalle condizioni del suolo. Queste normative sismiche non tengono conto del ruolo del terreno sulla modifica di forme ed ordinate spettrali, se non con la moltiplicazione dello spettro per il coefficiente di fondazione ε che di regola è unitario, salvo che per “terreni particolarmente sensibili” per i quali si consiglia di incrementare ε fino a 1.3.

La nuova legislazione, Ordinanza n° 3274 del 20/03/2003 e Norme Tecniche allegate, che inserisce il Comune di PADOVA in quarta categoria, fa riferimento a metodologie più recenti in cui il moto sismico è caratterizzato anche in relazione alle condizioni locali. In tale direzione è stato definito L'Eurocodice 8 (EC8) relativo alla progettazione e la costruzione di strutture in zona sismica in funzione della pericolosità locale, descritta in termini di accelerazione orizzontale massima fissati nella nuova ordinanza per le zone 1, 2, 3 e 4 (rispettivamente 0.35 g- 0.25g - 0.15g - 0.05g) e risultano maggiori di quelli della precedente normativa.

Con la pubblicazione del nuovo Testo Unico, che definisce con D.M. del 14/09/2005 le “Norme Tecniche per le costruzioni” è divenuto vigente l'obbligo di eseguire la progettazione in prospettiva sismica in tutte le aree classificate in zona sismica 1, 2 e 3, secondo l'OPCM 3274 e la successiva deliberazione di giunta. Nelle aree inserite in zona sismica 4, la progettazione in prospettiva sismica è obbligatoria per gli edifici e le opere di interesse strategico e/o rilevante.

Pertanto a seguito dell'ordinanza n° 3274 del 20/03/2003 il sito di costruzione ed i terreni in esso presenti dovranno essere esenti da rischi di instabilità di pendii e di cedimenti permanenti causati da fenomeni di liquefazione o eccessivo addensamento in caso di terremoto.

Il valore di riferimento per l'accelerazione orizzontale massima è pari ad $a_g = 0.05g$.

Il terreno è stato classificato secondo le tabelle allegate all'Ord. 3274 ed al D.M. 14/09/2005 e riportate di seguito:

CATEGORIA	TERRENO TIPO
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi, compresi strati di laterazione con spessore massimo di 5 m con $V_s > 800$ m/s
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti con spessori di diverse decine di metri con miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità con $360 < V_s < 800$ m/s ($N_{spt} > 50$ o $Cu > 250$ kPa)
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza con spessori di diverse decine di metri o centinaia di metri con $180 < V_s < 360$ m/s ($15 < N_{spt} < 50$ o $70 < Cu < 250$ kPa)
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti con $V_s < 180$ m/s ($N_{spt} < 15$ o $Cu < 75$ kPa)
E	Strati superficiali alluvionali con V_s simili a terreni di tipo C e D con spessore compreso tra 5 e 20 m, giacente su di un substrato di materiale più rigido con $V_s > 800$ 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 ($IP > 40$) e contenuto d'acqua, con valori
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti

Accelerazione orizzontale

ZONA	Valori di a_g
1	0,35 g
2	0,25 g
3	0,15 g
4	0,05 g

Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico

CATEGORIA	S	TB	TC	TD	comp
A	1,0	0,15	0,40	2,0	orizz
B, C, E	1,25	0,15	0,50	2,0	orizz
D	1,35	0,20	0,80	2,0	orizz
A,B,C,D,E	1,0	0,05	0,15	1,0	vert

Il suolo individuato mediante l'analisi dei dati geotecnici e geomeccanici eseguiti in data 31.03.2008 rientra nella categoria "D" (Eurocodice 8): "Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti con $V_s < 180$ m/s ($N_{spt} < 15$ o $Cu < 75$)". Il modello di riferimento per la descrizione del moto sismico in un punto della superficie del suolo è costituito dallo spettro di progetto per lo stato limite ultimo (SLU), funzione del periodo di vibrazione della struttura:

$$T_i = 0.050 * H^{3/4} \text{ dove } H = \text{altezza massima dell'edificio.}$$

Assumendo $H = 7\text{m}$ si ottiene un periodo di vibrazione pari a $T_i = 0.215$ s

Per tale periodo di vibrazione si ha uno spettro di risposta di progetto per lo stato limite ultimo per le componenti orizzontali e verticali:

$$S_d(T) = a_g * S * 2.5/q$$

$$S_{vd}(T) = 0.9 * a_g * S * 3.0/q$$

Dove: a_g = accelerazione orizzontale massima = 0.05 g (m/s^2)

S = parametro dello spettro di risposta elastico = 1.35

q = fattore di struttura = 1.5

Sostituendo:

$$S_d(T) = 0.113 \text{m/s}^2$$

$$S_{vd}(T) = 0.063 \text{m/s}^2$$

Il valore dello spostamento orizzontale massimo del suolo (d_g) è dato dalla seguente espressione:

$$d_g = 0.025 * S * T_C * T_D * a_g$$

Per un suolo di categoria "D", come nel ns. caso si ha:

$$d_g = 0.0027 \text{m (0.27cm)}$$

TERRENI SUSCETTIBILI DI LIQUEFAZIONE

Il termine “liquefazione” denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o di rigidità causata dall’aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l’annullamento degli sforzi efficaci nel terreno. Deve essere verificata la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa. Nel caso di edifici con fondazioni superficiali, la verifica della suscettibilità a liquefazione può essere omessa se il terreno sabbioso saturo si trova a profondità superiore a 15 m dal piano campagna. Si può inoltre trascurare il pericolo di liquefazione quando $S_{ag} < 0,15$ g e, al contempo, la sabbia in esame soddisfi almeno una delle seguenti condizioni:

- contenuto in argilla superiore al 20% ($CF > 20\%$) con $IP > 10$
- contenuto in limo superiore al 35% ($CF > 35\%$) con $N_{spt} > 20$
- frazione fine trascurabile e resistenza $N_{spt} > 25$

Per la verifica si fa riferimento alle curve limite di resistenza ciclica dell'Eurocodice 8 nel caso di sabbie pulite con valore corretto dell'indice NSPT per l'effetto della tensione di confinamento (profondità) e per l'efficienza della prova in termini di percentuale di energia trasmessa dal dispositivo di infissione. Per terremoti di magnitudo pari a 7,5 e terreni con profondità massima di 20 m.

Nel ns. caso le condizioni litologiche esistenti portano in ogni caso ad **escludere fenomeni di liquefazione dei terreni** in quanto $S_{ag} < 0,15$ g e, al contempo, la sabbia in esame presenta un contenuto in limo superiore al 35%.

DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

Sull’area di indagine è in progetto la realizzazione dell’ampliamento della scuola secondaria di primo grado “G. Galilei” in Via Della Biscia – zona Montà (PD). Il nuovo edificio ha dimensioni massime indicative in pianta di circa 16x21m con due piani fuori terra. Si prevede un’altezza massima di circa 7m.

Si prevede la realizzazione di fondazioni a **trave continua** con piano di posa a circa -0.8m da p.c.. I carichi ipotizzati da sviluppi planivolumetrici risultano dell’ordine di 8-12T/m.

Dal punto di vista geotecnico occorre analizzare:

1. la **capacità portante** e quindi i **cedimenti** del terreno al di sotto della fondazione.
2. il **comportamento delle fondazioni** nelle diverse ipotesi di soluzione tipologica.

I problemi evidenziati dalla committente sono relativi al chiarimento della capacità portante e alla determinazione dei cedimenti di queste strutture.

Ai fini delle valutazioni ci si baserà sui risultati evidenziati localmente dalle prove eseguite. Eventuali difformità (riscontrate in sede di esecuzione dell’opera) da quanto riportato in relazione dovranno essere considerate.

In fase esecutiva potranno essere verificate altre condizioni di carico, qualora le ipotesi fatte non corrispondessero agli esecutivi statici.

CALCOLO ANALITICO DEL CARICO LIMITE

Per il calcolo del carico limite verticale di progetto, si adotta la formula approssimata secondo Eurocodice 7 in condizioni non drenate vista la presenza di terreni argillosi limosi e/o sabbioso limosi nei primi 3 m di spessore di terreno:

$$\frac{R}{A^I} = (2 + \pi) \cdot C_u \cdot s_c \cdot i_c + q^I$$

in cui:

R = Carico limite;

$A^I = B^I L^I$: area della fondazione efficace di progetto;

c_u = coesione non drenata;

q^I = pressione litostatica totale di progetto agente sul piano di posa di fondazione

Fattori adimensionali per la forma della fondazione (per la forma rettangolare):

$s_c = 1 + 0.2 (B^I/L^I)$;

Fattori adimensionali per l'inclinazione della risultante dovuta a un carico orizzontale:

$i_q = i_\gamma = i_c = 1$

Ne risulta che per una **fondazione continua superficiale alla profondità di -0.8m** da piano campagna si ha un carico limite di progetto pari a:

Sostituendo i seguenti parametri :

B' (m)	L' (m)	Cu (t/mq)	q (t/mq)	Sc
1	10	8	1,5	1,02

Si ottiene un valore del carico limite per unità di superficie di progetto pari a:

$$R/A' = 43,5 \text{ T/mq} = 4,35 \text{ kg/cmq}$$

La determinazione del carico limite è sempre un elemento necessario per un primo dimensionamento in eccesso della fondazione, ma va sempre accompagnato dalla verifica dell'entità del cedimento.

CALCOLO TEORICO DEI CEDIMENTI

FONDAZIONE CONTINUA

I carichi ipotizzati sono di circa 8-12T/m. Per il calcolo dei cedimenti della **fondazione continua** impostata a -0.8m da p.c., si fa riferimento ad una trave di lato rispettivamente B= 0.5m e B= 0.8m, per i carichi massimi ipotizzati.

Nella determinazione della pressione effettiva si è considerata la falda a -1.00 m.

Il calcolo **teorico** dei cedimenti viene svolto con la seguente espressione:

$$dH = dP \times H \times Mv$$

dove:

- H = spessore degli strati compressibili;
- dP = incremento della pressione verticale efficace a metà dello strato compressibile;
- Mv = coefficiente di compressibilità volumetrica desunto dalle prove penetrometriche.

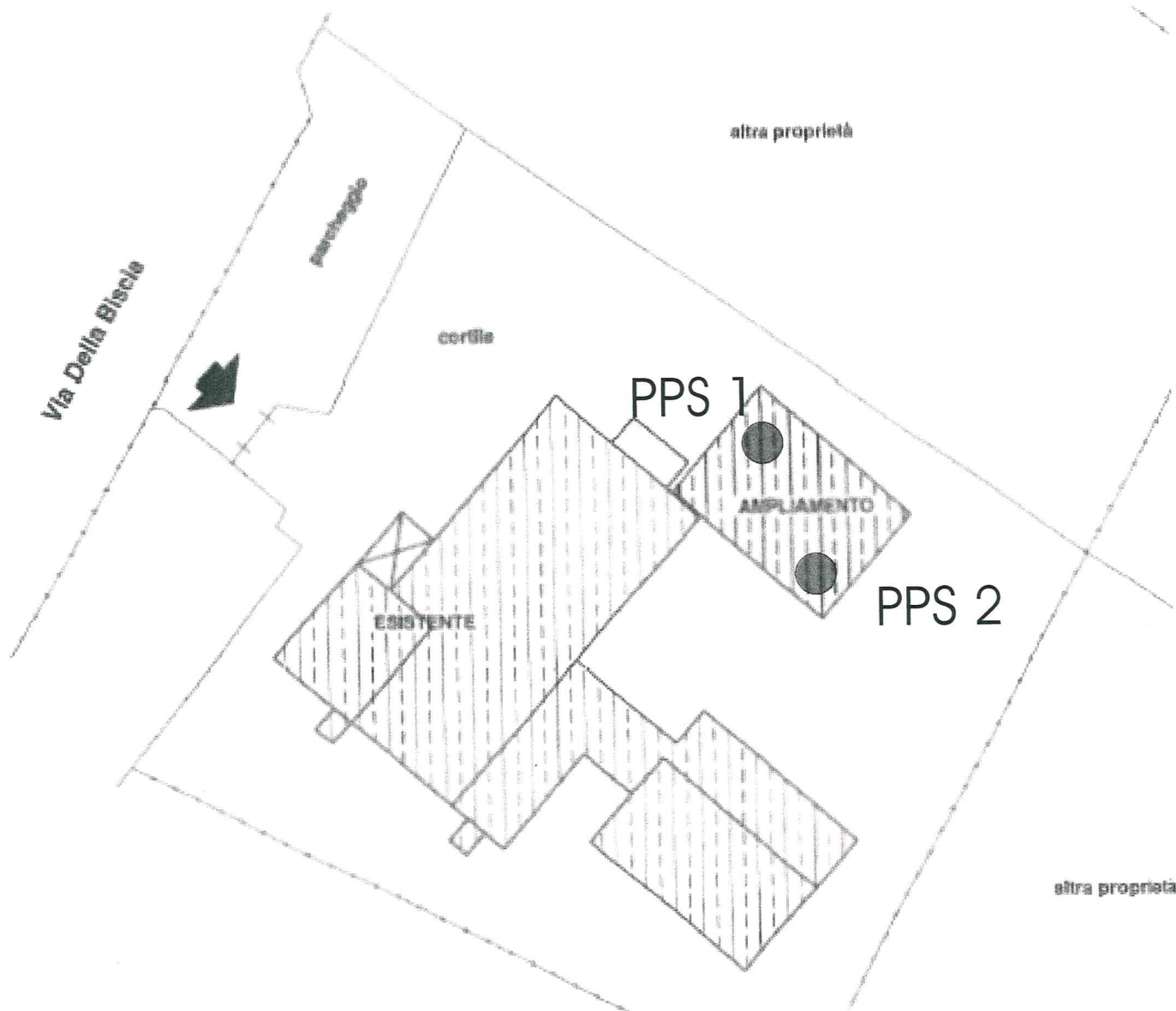
(VEDI TABELLE ALLEGATE)

CONCLUSIONI:

Alla luce dei calcoli eseguiti, si traggono le seguenti conclusioni:

- A) Il terreno interessante ai fini geotecnici, dopo un primo strato di terreno vegetale e/o antropico di circa 1.0 m, risulta costituito prevalentemente da limo sabbioso e/o sabbia fina limosa a tratti argillosa fino a -4m circa da p.c.. Segue un banco poco omogeneo di sabbia (vedi descrizione stratigrafica).
- B) Il livello della falda, alla data attuale, è stato individuato a -1.8-2.1 m da p.c.. Tale valore è puramente indicativo data la metodologia di misura e potrebbe subire delle variazioni a seconda delle condizioni meteorologiche.
- C) Il **carico limite** del terreno per fondazioni **continue** con piano di posa a -0.8 m da p.c. risulta $R/A' = 4.3 \text{ Kg/cm}^2$, corrispondente ad una pressione ammissibile indicativa di 1.5 Kg/cm^2 .
- D) La struttura, per **fondazioni continue** con piano di posa a **-0.8m** dovrà essere compatibile con cedimenti assoluti come quelli teorici calcolati: il cedimento teorico massimo stimato per fondazioni superficiali a trave continua, per i carichi e le dimensioni massimi assunti, risulta dell'ordine di **1.5 – 3.0cm**, che si esauriranno in parte in fase costruttiva.
- E) **I valori assoluti calcolati costituiscono il differenziale (teorico) tra la parte vecchia e la nuova da erigere.**
- F) I valori calcolati dei cedimenti assoluti risultano approssimati e indicativi in quanto ottenuto indirettamente da prove penetrometriche e non da esami di laboratorio su campioni indisturbati e non tengono conto dei cedimenti secondari delle argille, connessi con l'oscillazione della falda.
- G) All'atto dello scavo per l'imposta delle fondazioni occorre verificare l'omogeneità del terreno alla quota di imposta, per rilevare eventuali difformità dalle prove eseguite (es. per la presenza di cavità o fossi nascosti).
- H) Il Comune di PADOVA risulta classificato sismico di quarta categoria ($a_g = 0.05g$).
- I) Per il calcolo delle fondazioni si veda il paragrafo relativo ai parametri di azione sismica (previsti dall'ordinanza n° 3274 del 20/03/2003). Dalle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche rilevate il sito di costruzione e i terreni di fondazione in esso presenti sono esenti da pericoli di liquefazione in caso di terremoto.
- J) Non è stato considerato, alcun sovraccarico sul terreno nelle valutazioni esposte (dovuto a riporti o altro).
- K) **I parametri meccanici e la situazione stratigrafica devono soddisfare quanto riportato nella nota a pagina 3 della presente relazione.**
- L) **In sede esecutiva dovranno essere verificate le condizioni assunte nella presente relazione.**

TAVOLE



INDAGINE GEOGNOSTICA
MONTA' (PD) - VIA DELLA BISCIA

● PPS PROVA PENETROMETRICA STATICA

DIAGRAMMA PROVA PENETROMETRICA STATICA

C.P.T. N° 1

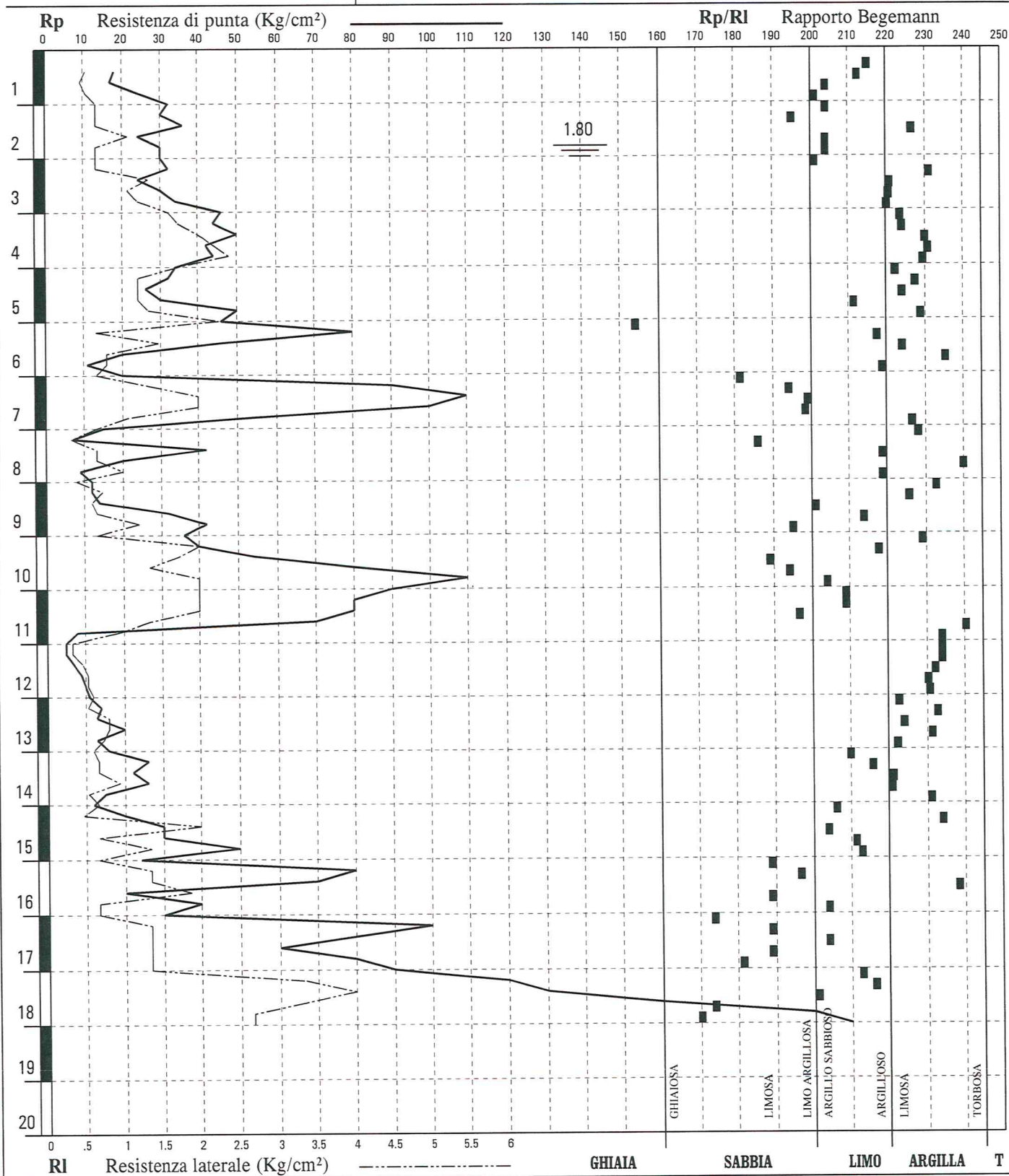
Quota iniz. : 0.40 Quota fin. : 18.00

Quota falda : 1.80

Data : 31/03/2008

Committente : COMUNE DI PADOVA-SETT.ED.SCOL.

Loc. Cantiere : VIA DELLA BISCIA-MONTA'-PD



S.I.R. GEO

1/1

DIAGRAMMA PROVA PENETROMETRICA STATICA

C.P.T. N° 2

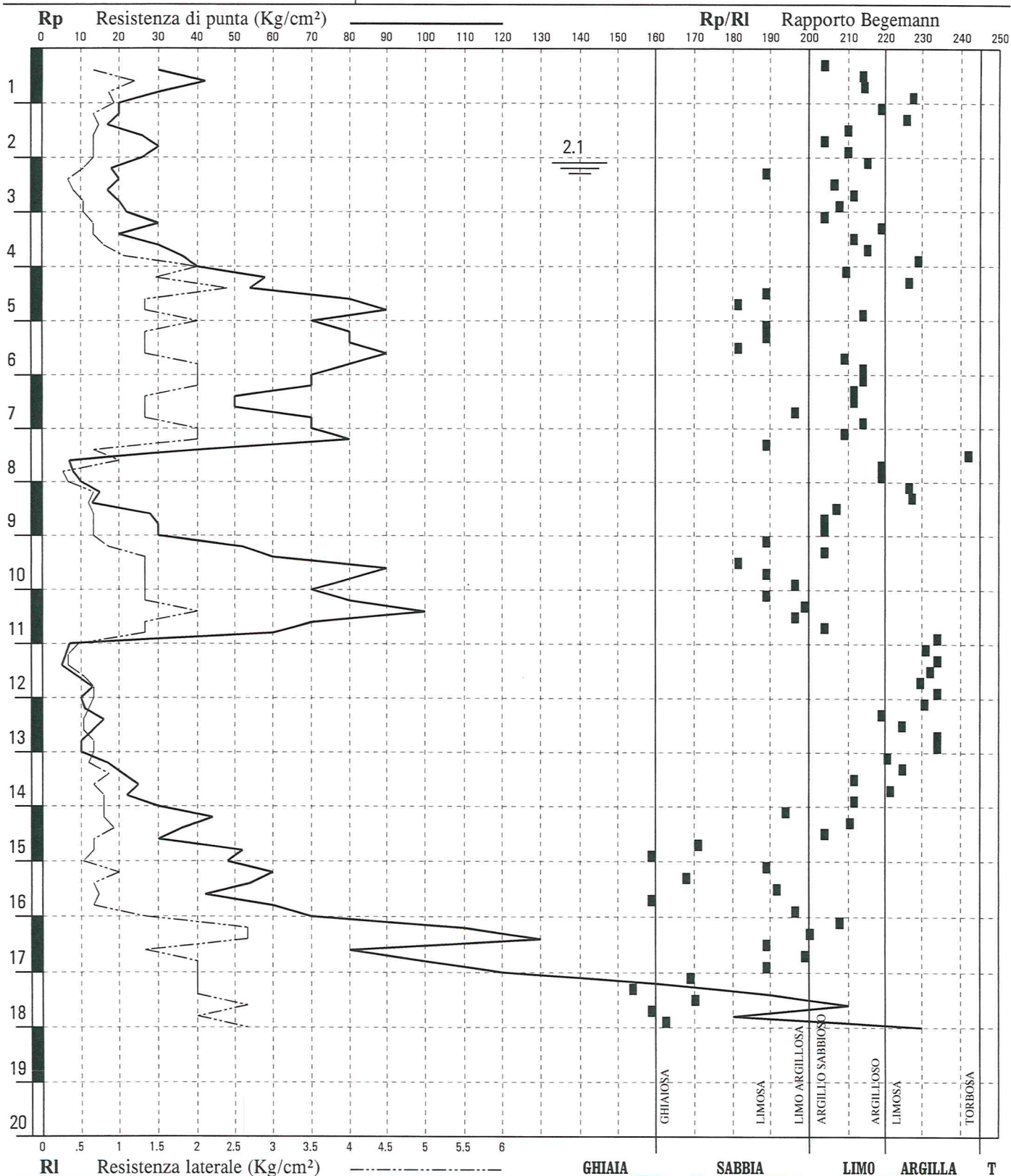
Quota iniz. : 0.40 Quota fin. : 18.00

Quota falda : 2.10

Data : 31/03/2008

Committente : COMUNE DI PADOVA-SETT.ED.SCOL.

Loc. Cantiere : VIA DELLA BISCIA-MONTA'-PD



S.I.R. GEO S.R.L.