

REGIONE VENETO

PROVINCIA DI VICENZA

COMUNE DI  
**VICENZA**

PROGETTO PER LA COSTRUZIONE DI UN EDIFICIO AD USO  
COMMERCIALE IN VIA SOLDÀ (EDIFICIO 3B)  
FOGLIO 45 - MAPP. 1549 PARTE , 1551 , 1555 , 1556 , 1639  
PARTE , 1644 PARTE , 1650

**RELAZIONE GEOLOGICA**  
**RELAZIONE GEOTECNICA**

D.M. 11/03/88  
D.M. 14/01/2008

COMMITTENTE:  
**GRC ROMA.**



TORRI DI QUARTESOLO  
20 MAGGIO 2013



## **Indice**

<b>1 – PREMESSA .....</b>	<b>5</b>
<b>2.- RIFERIMENTI NORMATIVI .....</b>	<b>11</b>
<b>3.- NATURA E CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEI TERRENI.....</b>	<b>13</b>
<b>4.- RISPOSTA SISMICA LOCALE.....</b>	<b>17</b>
<b>5.- STABILITA' NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE .....</b>	<b>21</b>
<b>6.- ANALISI STATISTICA PARAMETRI GEOTECNICI .....</b>	<b>23</b>



## 1 – PREMESSA

**1.1.** Su incarico della ditta GRC ROMA, abbiamo eseguito un'indagine geognostica sui terreni di fondazione del progetto per la costruzione di un edificio ad uso commerciale (edificio 3B) in Via Soldà a Vicenza. Foglio 45 - mapp. 1549 parte , 1551 , 1555 , 1556 , 1639 parte , 1644 parte , 1650

FIG.1 – ORTOFOTO

**1.2.** L'edificio ha planimetricamente forma sub rettangolare con ingombro massimo di 73.55m×165.20m al piano interrato e di 53.90m×151.10m al piano terra.

SI sviluppa su due piani, interrati e terra con il pavimento finito del piano terra a  $q = +36.00\text{m s.l.m.m.}$  e quello del piano interrato a  $q = + 32.25\text{m s.l.m.m.}$

**Con riferimento alla figura 2 le prove sono state quotate rispetto al c.s.=0.00m posto a livello della quota assoluta  $q = +35.00\text{m s.l.m.m.}$**

CPT	quota assoluta (m s.l.m.m.)	quota relativa (m)
1	34.630	- 0.37
2	34.750	- 0.25
3	33.950	- 1.05
4	33.990	- 1.01

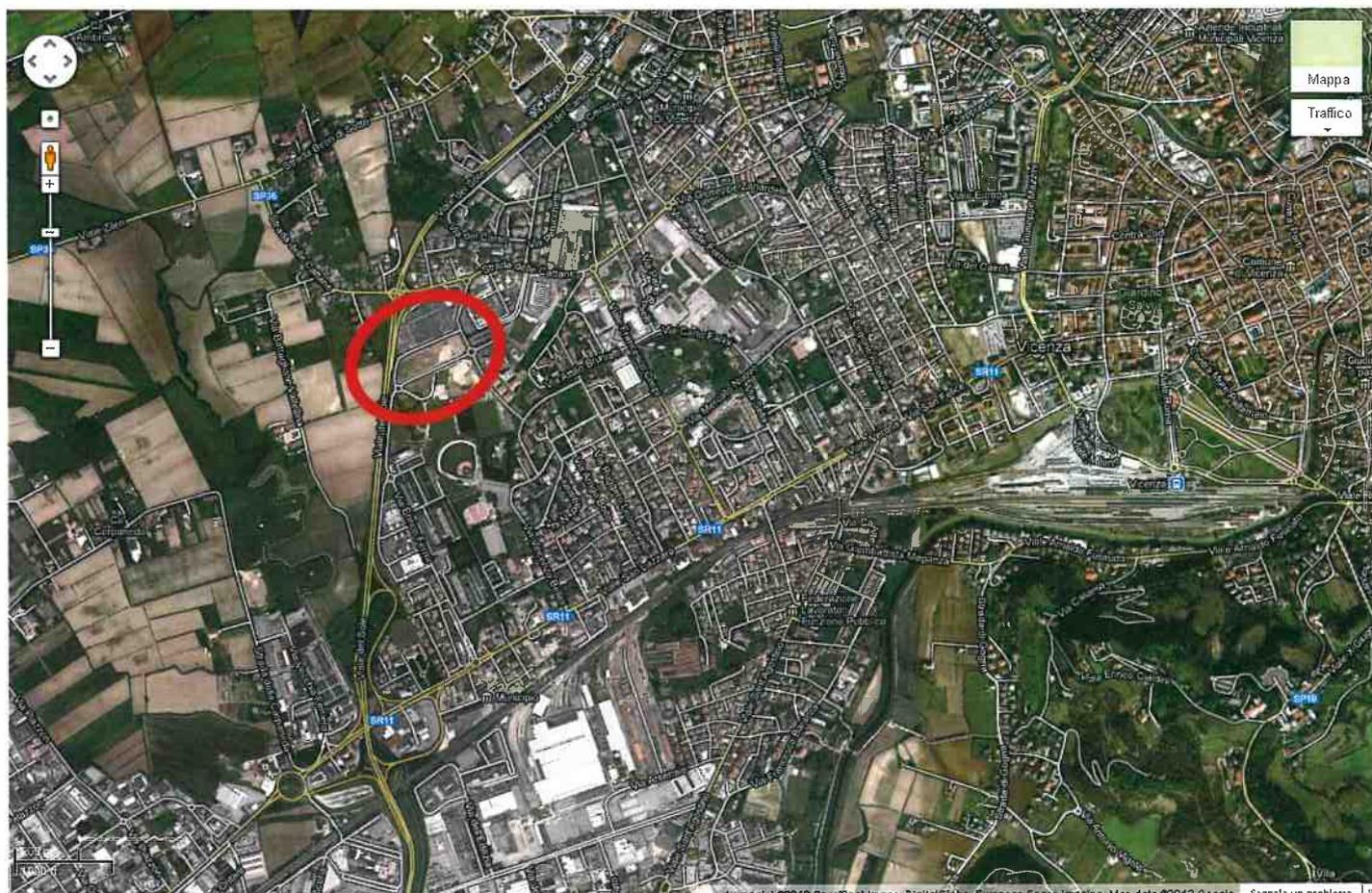


Fig.1 – Ortofoto –

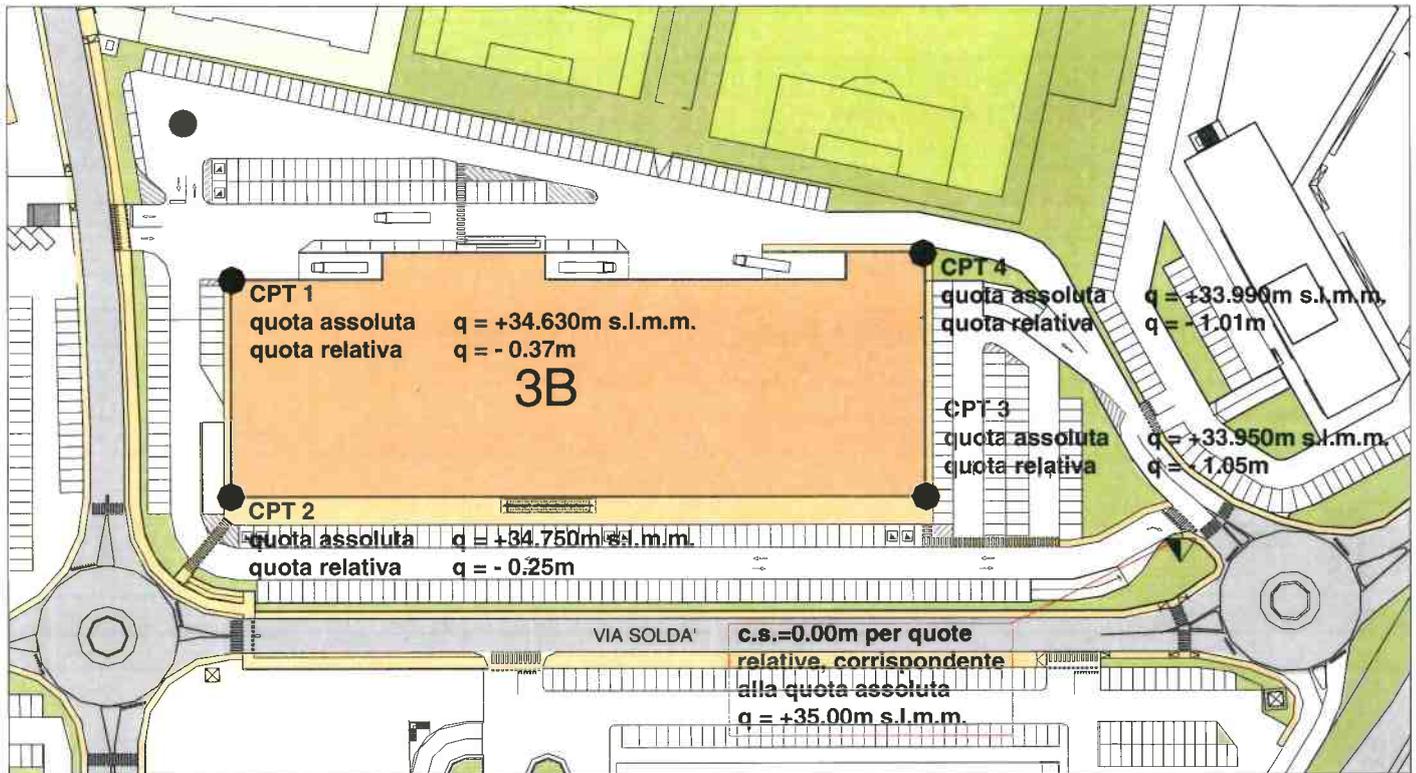


FIG.2 – UBICAZIONE PROVE IN SITO

### 1.3 Nelle verifiche i simboli hanno il seguente significato:

Z <sub>f</sub>	Quota d'imposta della fondazione in m dallo 0.00 m di riferimento
D	Incastro delle fondazioni in m
Z	Profondità della mezzeria dello strato compressibile in m
Z <sub>f</sub>	quota di imposta della fondazione in m
B	larghezza della fondazione in m
D	incastro della fondazione in m
q <sub>f</sub>	Peso della fondazione in kN o kN/m
p <sub>v</sub>	Pressione di contatto terreno fondazione in kPa – componente verticale
p <sub>H</sub>	Pressione di contatto terreno fondazione in kPa – componente orizzontale
q <sub>v</sub>	Carico per unità di lunghezza in kN/m – componente verticale (per fond continue)
q <sub>H</sub>	Carico per unità di lunghezza in kN/m – componente orizzontale (per fond continue)
q <sub>M</sub>	Momento per unità di lunghezza in kNm/m (per fond continue)
N	Sforzo normale in kN
M	Momento in kNm
T	Sforzo di taglio in kN
G	Pedice che indica che l'azione di riferimento è permanente
Q	Pedice che indica che l'azione di riferimento è variabile
K	Pedice che indica che il valore della grandezza di riferimento è caratteristico
d	Pedice che indica che il valore della grandezza di riferimento è di progetto
Ed <sub>q<sub>v</sub></sub>	Azione di progetto espressa in termini di carico per unità di lunghezza – componente verticale in kNm
Ed <sub>q<sub>H</sub></sub>	Azione di progetto espressa in termini di carico per unità di lunghezza – componente orizzontale in kNm
Ed <sub>p<sub>v</sub></sub>	Azione di progetto espressa in termini di pressione di contatto fondazione terreno – componente verticale in kPa
Ed <sub>p<sub>H</sub></sub>	Azione di progetto espressa in termini di pressione di contatto fondazione terreno – componente orizzontale in kPa
Ed <sub>N</sub>	Azione di progetto espressa in termini di sforzo normale in kN
Ed <sub>T</sub>	Azione di progetto espressa in termini di sforzo di taglio in kN
Ed <sub>M</sub>	Azione di progetto espressa in termini di momento flettente kNm
Rd <sub>q<sub>v</sub></sub>	Resistenza di progetto espressa in termini di carico per unità di lunghezza – componente verticale in kNm
Rd <sub>q<sub>H</sub></sub>	Resistenza di progetto espressa in termini di carico per unità di lunghezza – componente orizzontale in kNm
Rd <sub>p<sub>v</sub></sub>	Resistenza di progetto espressa in termini di pressione di contatto fondazione terreno – componente verticale in kPa
Rd <sub>p<sub>H</sub></sub>	Resistenza di progetto espressa in termini di pressione di contatto fondazione terreno – componente orizzontale in kPa
Rd <sub>N</sub>	Resistenza di progetto espressa in termini di sforzo normale in kN
Rd <sub>T</sub>	Resistenza di progetto espressa in termini di sforzo di taglio in kN
ψ <sub>0,1,2</sub>	Coefficienti di combinazione (NTC 2008)

$\gamma_M$	Coefficienti parziali per i parametri geotecnici (NTC 2008)
$\gamma_R$	Coefficienti parziali per le verifiche/resistenze (NTC 2008)
$\gamma_G - \gamma_Q$	Coefficienti parziali per le azioni (NTC 2008)
$\Delta H$	Cedimenti in cm
$\Delta \Delta H$	Cedimento differenziale in cm
H	Spessore dello strato compressibile in cm
$C_v$	Coefficiente di consolidazione (assunto indicativamente in assenza di prove di compressione edometrica) in $\text{cm}^2/\text{sec}$ .
$\sigma'_{v0}$	Pressione verticale efficace in kPa
CR	Rapporto di compressione (si assumono valori indicativi in assenza di prove di compressione edometrica)
E	Modulo di elasticità in kPa
Eoed	Modulo edometrico in kPa
$\Delta H_E$	Cedimenti in cm
$N_c, N_q, N_\gamma$	Fattori di capacità portante
$\Delta p$	Incremento di pressione indotta dal fabbricato in kPa
$\gamma, \gamma'$	Peso di volume e peso di terreno immerso in kN/mc
$\phi'$	Angolo di resistenza al taglio
$c'$	coesione efficace in kPa
$C_u$	Coesione non drenata in kPa



## 2.- RIFERIMENTI NORMATIVI

### **Decreto Ministeriale LL.PP. 11/3/1988**

*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.*

### **Eurocodice 2**

*Design of concrete structures – ENV 1992, CEN .*

### **Eurocodice 3**

*Design of steel structures – ENV 1993, CEN .*

### **Eurocodice 7**

*Geotechnical Design– ENV 1997, CEN .*

### **Eurocodice 8**

*design of structures for earthquake resistance*

### **D.M. 14.01.2008**

*norme tecniche per le costruzioni*

### **Circolare applicativa n° 617 del 2/02/2009**

*Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni"*



### 3.- NATURA E CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEI TERRENI

**3.1** Al fine di conoscere le caratteristiche geomeccaniche dei terreni sono state eseguite: **n°4 prove penetrometriche statiche** (CPT – Cone Penetration Test) spinte fino alla profondità max di 36.00 m dallo 0.00m di riferimento.

E' stato usato un penetrometro statico da 20 t, munito di Jacket Friction Cone, con determinazione, ogni 20 cm di infissione, della Resistenza alla Punta (Kg/cmq) e della Resistenza di Attrito Laterale Locale (Kg/cmq).

I dati misurati in campagna sono stati elaborati, tabulati e diagrammati in funzione della profondità.

In essi è pure riportato il rapporto Begemann (Rp/Rl) che fornisce utili indicazioni sulla natura dei terreni in base alla loro granulometria.

**3.2** Con riferimento alla figura 3, si riporta la parametrizzazione geomeccanica delle successioni stratigrafiche riscontrate con le prove in sito.

Per ogni strato individuato vengono attribuiti dei valori di resistenza al taglio medi e generici.

Nelle verifiche geotecniche il sig. Progettista dovrà scegliere di volta in volta il parametro caratteristico più opportuno in considerazione dello stato limite considerato.

I parametri geotecnici sono stati stimati utilizzando le seguenti espressioni:

- **ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO**

metodo di Robertson e Campanella 
$$\phi = \tan^{-1} \left[ 0.1 + 0.38 \cdot \log \left( \frac{qc}{\sigma'_{vo}} \right) \right]$$

metodo di Caquot 
$$\phi = 9.8 + 4.96 \cdot \ln \left( \frac{q_c}{\sigma'_v} \right)$$

metodo di Koppejan 
$$\phi = 5.8 + 5.21 \cdot \ln \left( \frac{q_c}{\sigma'_v} \right)$$

metodo di De Beer 
$$\phi = 5.9 + 4.76 \cdot \ln \left( \frac{q_c}{\sigma'_v} \right)$$

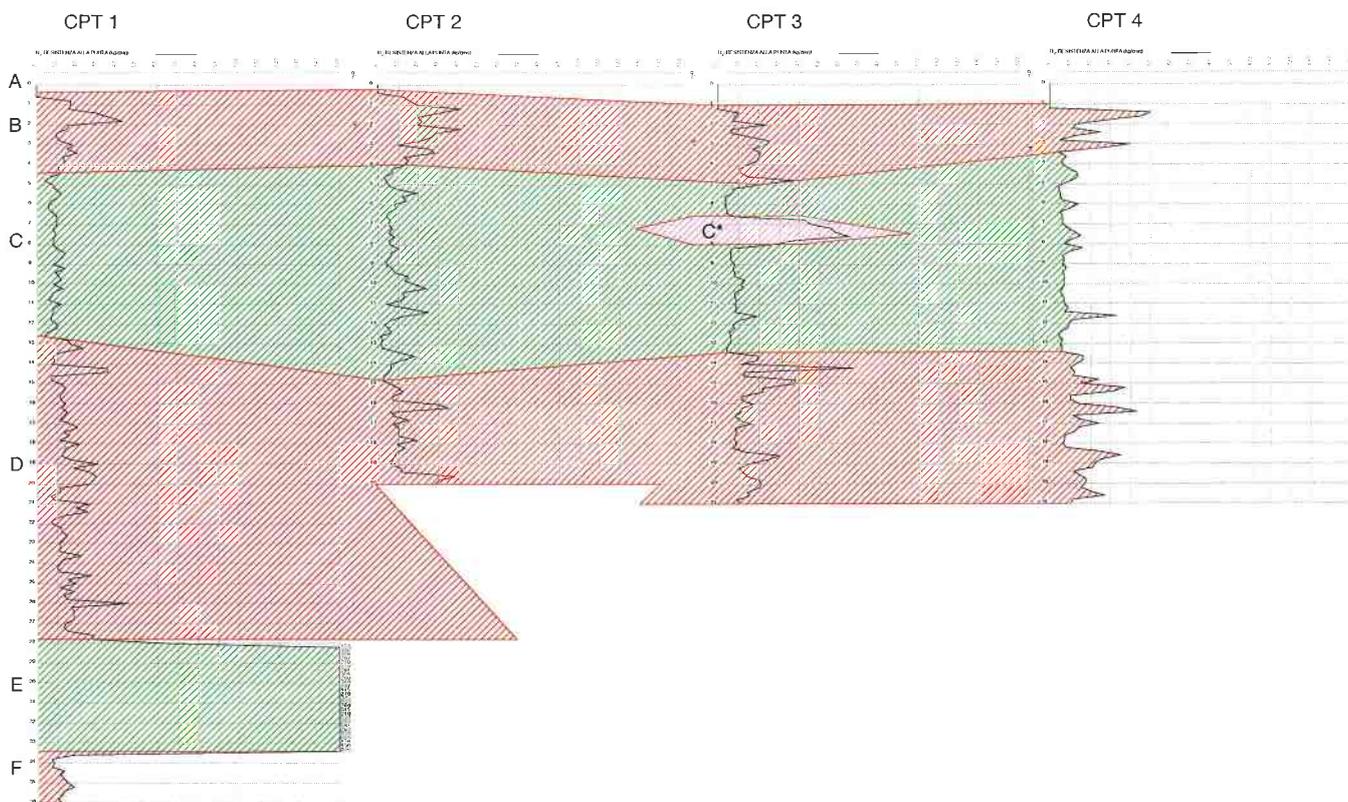
- **DENSITA' RELATIVA**

metodo di Schmertmann 
$$Dr = -97.8 + 36.6 \cdot \ln(q_c) - 26.9 \cdot \ln(\sigma'_v)$$

metodo di Jamiolkowski 
$$Dr = -98 + 66 \cdot \log \left( \frac{q_c}{(\sigma'_{vo})^{0.5}} \right)$$

- **COESIONE NON DRENATA**

metodo di Lunne e Eide 
$$Cu = \frac{Rp - \sigma_{vo}}{k}$$



**FIG.3 – INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA**

**LIVELLO A:** *I terreni sono depressi.*

LIV/CPT	TOP (-m)	BOT (-m)	Rpmin (daN/cm <sup>2</sup> )	Rpmax (daN/cm <sup>2</sup> )	Rpmed (daN/cm <sup>2</sup> )
<b>A1</b>	<b>0,00</b>	<b>0,37</b>	/	/	/
<b>A2</b>	<b>0,00</b>	<b>0,25</b>	/	/	/
<b>A3</b>	<b>0,00</b>	<b>1,05</b>	/	/	/
<b>A4</b>	<b>0,00</b>	<b>1,01</b>	/	/	/

**LIVELLO B:** *Argille e limi prevalenti con intercalazioni locali limo sabbiose e talora sabbiose.*

LIV/CPT (n°)	TOP (-m)	BOT (-m)	Rpmin (daN/cm <sup>2</sup> )	Rpmax (daN/cm <sup>2</sup> )	Rpmed (daN/cm <sup>2</sup> )
<b>B1</b>	<b>0,37</b>	<b>4,40</b>	<b>10</b>	<b>43</b>	<b>18</b>
<b>B2</b>	<b>0,25</b>	<b>4,00</b>	<b>10</b>	<b>41</b>	<b>23</b>
<b>B3</b>	<b>1,05</b>	<b>5,00</b>	<b>6</b>	<b>37</b>	<b>16</b>
<b>B4</b>	<b>1,01</b>	<b>3,20</b>	<b>5</b>	<b>50</b>	<b>26</b>

$Cu = (40 \div 80) \text{ kPa}$

**LIVELLO C:** *Argille prevalenti con rare e sottili intercalazioni limose e limo sabbiose..*

LIV/CPT (n°)	TOP (-m)	BOT (-m)	Rpmin (daN/cm <sup>2</sup> )	Rpmax (daN/cm <sup>2</sup> )	Rpmed (daN/cm <sup>2</sup> )
<b>C1</b>	<b>4,40</b>	<b>12,60</b>	<b>4</b>	<b>14</b>	<b>9</b>
<b>C2</b>	<b>4,00</b>	<b>14,80</b>	<b>1</b>	<b>25</b>	<b>8</b>
<b>C3</b>	<b>5,00</b>	<b>13,40</b>	<b>3</b>	<b>65</b>	<b>7</b>
<b>C4</b>	<b>3,20</b>	<b>13,40</b>	<b>4</b>	<b>33</b>	<b>8</b>

$Cu = (10 \div 30) \text{ kPa}$

All'interno del livello, in corrispondenza della CPT 3, è stato riscontrato uno strato di limi sabbiosi e sabbie:

LIV/CPT (n°)	LIV/CPT (-m)	BOT (-m)	Rpmin (daN/cm <sup>2</sup> )	Rpmax (daN/cm <sup>2</sup> )	Rpmed (daN/cm <sup>2</sup> )
<b>C*3</b>	<b>6,60</b>	<b>8,00</b>	<b>27</b>	<b>65</b>	<b>48</b>

$\varphi = 31^\circ$

$Dr \cong 50\%$

**LIVELLO D:** *Argille e argille limose prevalenti con sottili e continue intercalazioni limo sabbiose e sabbiose.*

CPT (n°)	TOP (-m)	BOT (-m)	Rpmin (daN/cm <sup>2</sup> )	Rpmax (daN/cm <sup>2</sup> )	Rpmed (daN/cm <sup>2</sup> )
<b>D1</b>	<b>12,60</b>	<b>27,80</b>	<b>7</b>	<b>46</b>	<b>16</b>
<b>D2</b>	<b>14,80</b>	<b>20,00</b>	<b>6</b>	<b>38</b>	<b>14</b>
<b>D3</b>	<b>13,40</b>	<b>21,00</b>	<b>7</b>	<b>67</b>	<b>17</b>
<b>D4</b>	<b>13,40</b>	<b>21,00</b>	<b>6</b>	<b>43</b>	<b>18</b>

$Cu = (20\div 60)kPa$

**LIVELLO E:** *Sabbie e sabbie con ghiaia.*

CPT (n°)	TOP (-m)	BOT (-m)	Rpmin (daN/cm <sup>2</sup> )	Rpmax (daN/cm <sup>2</sup> )	Rpmed (daN/cm <sup>2</sup> )
<b>E1</b>	<b>27,80</b>	<b>33,40</b>	<b>66</b>	<b>415</b>	<b>263</b>

$\phi > 35^\circ$

$Dr \cong 80\%$

**LIVELLO F:** *Argille e argille limose prevalenti.*

CPT (n°)	TOP (-m)	BOT (-m)	Rpmin (daN/cm <sup>2</sup> )	Rpmax (daN/cm <sup>2</sup> )	Rpmed (daN/cm <sup>2</sup> )
<b>F1</b>	<b>33,40</b>	<b>36,00</b>	<b>7</b>	<b>18</b>	<b>12</b>

$Cu \cong 30 kPa$

### 3.4 Falda.

La falda è stata misurata alle quote

CPT 1       $q = - 1.92m.$

CPT 2       $q = - 2.75m.$

CPT 3       $q = - 3.15m.$

CPT 4       $q = - 2.41m.$

## 4.- RISPOSTA SISMICA LOCALE

### 4.1. – Amplificazione stratigrafica

La categoria di sottosuolo viene identificata correlando i valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio con la resistenza alla punta del penetrometro statico ( $qc$ ).

La correlazione viene effettuata con l'espressione di Iyisyan (1996):

$$\text{argilla} \quad V_s = 55.3 \cdot qc^{0.377}$$

$$\text{sabbia} \quad V_s = 0.70 \cdot qc + 218$$

Il valore di  $V_{s,30}$  si determina con la formula

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

Dove

$h_i$  = spessore (in metri) dell' $i$ -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;  
 $V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;

Si riportano di seguito i tabulati di calcolo.

quota p.c. 0,70 m  
 quota falda 1,50 (-m)

CPT (n°)	TOP (m)	BOT (m)	Rpmed (daN/cm <sup>2</sup> )	comp	Z (m)	hi (m)	V <sub>s30</sub>		
							argilla/sabbia (m/s)	hi/Vsi (m/s)	
B1	0,37	4,40	18	C	2,4	4,03	163,51	0,0246	
C1	4,40	12,60	9	C	8,5	8,20	126,09	0,0650	
D1	12,60	27,80	16	C	20,2	15,20	158,11	0,0961	
E1	27,80	33,40	263	G	30,6	5,60	401,98	0,0139	
F1	33,40	36,00	12	C	34,7	2,60	141,46	0,0184	
H =						35,63	somma	0,2181	

V<sub>s30</sub> = 163 m/s

Sulla base dei risultati delle verifiche e di esperienze maturate su lotti limiotrofi, si classifica il terreno come appartenente alla **categoria suolo di fondazione tipo D**.

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

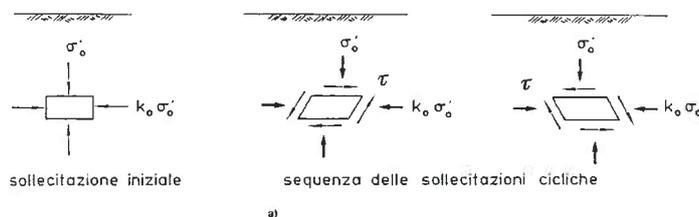




## 5.- STABILITA' NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

**5.1** Il fenomeno della liquefazione interessa quei depositi sabbiosi saturi che, nel corso di un terremoto o più genericamente durante e immediatamente dopo una sollecitazione di tipo ciclico, subiscono una drastica riduzione della resistenza al taglio

La causa principale della liquefazione dei terreni non coesivi saturi, che si verifica nel corso dei terremoti, è il sorgere dell'eccesso delle pressioni interstiziali indotte dalle sollecitazioni di taglio cicliche che sono attribuite alla propagazione nel terreno delle onde di taglio



La verifica viene effettuata alla procedura proposta da Robertson & Wride (1997).  
Con riferimento all'allegato 2, il fattore di sicurezza FSL risulta:

$$FSL = \frac{CRR_{7.5}}{CSR_{7.5}} = 3.31$$

**VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE (ROBERTSON & WRIDE - 1997)**

**DATI DI INPUT**

**dati generali sito**

quota p.c.	0,70 (-m)	
quota falda	1,50 (-m)	
ag	1,91 m/s <sup>2</sup>	LIVELLO E1
SS	1,69	
ST	1,00	
amax	3,22 m/s <sup>2</sup>	
Magnitudo	6,5	

**livello potenzialmente liquefacibile**

top	27,80 (-m)
bot	33,40 (-m)
qc	26282 kPa
fs	335 kPa

**calcolo tensione litostatica**

z	30,60 m
s'vo	276,30
svo	538,20

**FS = 3,31**

**CALCOLO CRR**

(CAPACITA' RESISTENZA LIQUEFAZIONE)

PARAMETRI DA UTILIZZARE NEL CALCOLO

<b>n = 0,5</b>	n=1	Ic =	2,01
	n=0,5	Ic =	1,85
	n=0,7	Ic =	1,91
<b>Q = 154,88</b>			
<b>F = 1,30</b>			
<b>Ic = 1,85</b>			

**CALCOLO POTENZIALE DI LIQUEFACIBILITA'**

**calcolo di qc1N**

CQ = 0,60  
 qc1N = 158,11  
 La resistenza alla penetrazione normalizzata (qc1N) per sabbie limose è corretta per sabbie pulite (qc1N)cs mediane il fattore di correzione Kc per le caratteristiche granulometriche  
 Kc = 1,14  
 (qc1N)cs : 180,930902  
 la resistenza alla liquefazione riferita alla magnitudo 7,5 risulta  
 CRR7,5 = 0,6308

**CALCOLO CRR**

(DOMANDA DI RESISTENZA LIQUEFAZIONE)

Il parametro di carico sismico, ovvero il profilo del rapporto di tensione ciclica equivalente ad un terremoto di magnitudo 7,5, può essere stimato con la seguente equazione semiempirica proposta da Seed e Idriss (1971):

$$CSR = \left( \frac{r}{\sigma'_{vo}} \right) = 0,65 \left( \frac{a_{max}}{g} \right)^{1,5} \left( \frac{\sigma'_{vo}}{\sigma'_{v0}} \right)^{0,5} r_d$$

CSR = 0,22512142

**COEFFICIENTE DI SICUREZZA ALLA LIQUEFAZIONE**

$$MSF = \frac{0,65}{0,1 * (M - 1)} = 1,181818$$

$$FSL = \frac{C}{D} = \frac{CRR}{CSR} = \left( \frac{CRR}{CSR} \right)^{1,5} * MSF = 3,31$$

## 6.- ANALISI STATISTICA PARAMETRI GEOTECNICI

**6.1 Si stima in via del tutto esemplificativa** il valore caratteristico dei parametri di resistenza al taglio del **LIVELLO C**. Tale valore si stima correlando tali parametri (rif. Par 3.2.) al valore caratteristico **della resistenza alla punta del penetrometro statico**.

L'analisi statistica si effettua fissando una probabilità di non superamento del 5% come indicato dall'**Eurocodice 7** e dalle **NTC2008** utilizzando le seguenti formule:

$R_{pk} = R_{pm} - X \times \sigma(x)$	distribuzione normale
$R_{pk} = R_{pm} - X \times \sigma(x) / \sqrt{n}$	distribuzione normale (resistenze compensate)
$R_{pk} = R_{pm} - t \times \sigma(x)$	distribuzione di Student
$R_{pk} = R_{pm} - t \times \sigma(x) / \sqrt{n}$	distribuzione di Student (resistenze compensate)

Dove:

- $R_{pk}$  valore caratteristico della resistenza alla punta del penetrometro statico;
- $R_{pm}$  valore medio della resistenza alla punta del penetrometro statico;
- $\sigma(x)$  scarto quadratico medio del campione;
- $X$  parametro dipendente dalla legge di distribuzione e dalla probabilità di non superamento (per una distribuzione di tipo gaussiano e probabilità di non superamento 5%  $X = -1,645$ ).
- $t$   $t$  di Student.

La distribuzione normale si applica quando i valori del campione della popolazione superano le 30 unità, nel caso contrario si applica la distribuzione di Student.

Le resistenze compensate sono applicabili quando le opere coinvolgono variazioni tensionali grandi volumi di terreno

Con riferimento ai tabulati di calcolo di seguito riportati, si ottiene:

DISTRIBUZIONE	<b>NORMALE</b>
RESISTENZA	<b>NON COMPENSATA</b>
CORRELAZIONE	<b>LUNNE E EIDE</b>

Cum =	39 kPa
Cuk =	34 kPa

quota p.c. 0,70 (-m)  
 quota falda 1,50 (-m)  
 k per Cu 20

								LUNNE E EIDE	ROBERTSON E CAMP.	CAQUOT	KOPPEJAN	DE BEER	JAMIOLKOWSKI	SCHMERTMANN
valore (n°)	TOP (m)	BOT (m)	Rp (daN/cm <sup>2</sup> )	comp	Z (m)	σ <sub>vo</sub> (kPa)	σ' <sub>vo</sub> (kPa)	Cu med (kPa)	φ med (°)	φ med (°)	φ med (°)	φ med (°)	Dr med (%)	Dr med (%)
medio	0,70	4,00	8,12	C	2,4	29,70	22,05	39	/	/	/	/	/	/
caratteristico	0,70	4,00	7,01	C	2,4	29,70	22,05	34	/	/	/	/	/	/

n 4 numero di valori  
 Rpmedio 8,12 daN/cm<sup>2</sup>  
 $\Sigma(x-\mu(x))^2$  1  
 σ(x) 0,67 daN/cm<sup>2</sup> scarto quadratico medio  
 Rpk 7,01 daN/cm<sup>2</sup> distribuzione normale  
 Rpk 7,57 daN/cm<sup>2</sup> distribuzione normale resistenze compensate  
 Rpk / daN/cm<sup>2</sup> distribuzione di student  
 Rpk / daN/cm<sup>2</sup> distribuzione di student resistenze compensate  
 t /  
 COV 0,083

NUM	CPT (n°)	Rp daN/cm <sup>2</sup>	$x-\mu(x)$
1	1	9	0,6
2	2	8	0,0
3	3	7	0,7
4	4	8	0,0

Torri di quartesolo, 20 Maggio 2013



# **ALLEGATO 1**

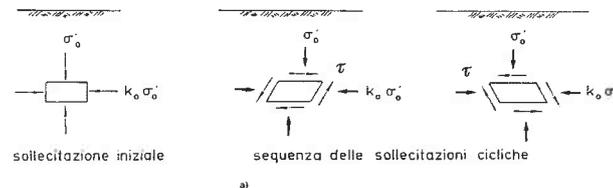
## RIFERIMENTI TEORICI VERIFICA A LIQUEFAZIONE





Il fenomeno della liquefazione interessa quei depositi sabbiosi saturi che, nel corso di un terremoto o più genericamente durante e immediatamente dopo una sollecitazione di tipo ciclico, subiscono una drastica riduzione della resistenza al taglio

La causa principale della liquefazione dei terreni non coesivi saturi, che si verifica nel corso dei terremoti, è il sorgere dell'eccesso delle pressioni interstiziali indotte dalle sollecitazioni di taglio cicliche che sono attribuite alla propagazione nel terreno delle onde di taglio



### VALUTAZIONE DI LIQUEFACIBILITA' DA PROVE IN SITO

I metodi semplificati di valutazione del rischio sismico di liquefazione da prove in sito sono di tipo storico-empirico in quanto utilizzano una base dati, la più ampia possibile, di informazioni sul comportamento osservato di siti sabbiosi in occasione di terremoti storici

Il parametro di resistenza alla liquefazione, denominato CRR (Cyclic Resistance Ratio), è desunto dai risultati della prova in sito

Il parametro di carico sismico è il rapporto di tensione ciclica CSR, stimato sulla base di considerazioni teoriche ed empiriche dalle caratteristiche del terremoto, magnitudo e accelerazione di picco in superficie.

Il fattore di sicurezza, FSL, nella verifica di resistenza alla liquefazione di un livello di terreno è dunque per definizione il rapporto fra la capacità di resistenza alla liquefazione, espressa in termini di rapporto di resistenza ciclica,  $R = CRR$  e la domanda di resistenza alla liquefazione, espressa in termini di rapporto di tensione ciclica,  $L = CSR$ , ovvero:

$$FSL = \frac{R}{L} = \frac{CRR}{CSR}$$

### VALUTAZIONE DELLA DOMANDA DI RESISTENZA ALLA LIQUEFAZIONE, CSR

Il parametro di carico sismico, ovvero il profilo del rapporto di tensione ciclica equivalente ad un terremoto di magnitudo 7.5, può essere stimato con la seguente equazione semiempirica proposta da Seed e Idriss (1971):

$$CSR = \left( \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{v0}} \right) = f \left\{ \left( \frac{a_{max}}{g} \right) \left( \frac{\sigma'_{v0}}{\sigma'_{v0}} \right), r \right\}$$

dove:

$a_{max}$  è il picco di accelerazione orizzontale in superficie prodotto dal terremoto;

$g$  è l'accelerazione di gravità;

$\sigma'_{v0}$  e  $\sigma'_{v0}$  sono rispettivamente le tensioni verticali litostatiche totale ed efficace;

$r_d$  è un coefficiente di riduzione delle tensioni.

Il coefficiente  $r_d$ , introdotto per tenere conto in modo approssimato della flessibilità del profilo di terreno, decresce con la profondità ed è funzione delle condizioni stratigrafiche e geotecniche. Nelle procedure semplificate di calcolo si assume che  $r_d$  vari solo con la profondità.

## VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ DI RESISTENZA ALLA LIQUEFAZIONE DA PROVE IN SITO, CRR.

### Prova penetrometrica statica CPT

La prova CPT può oggi essere considerata la principale prova in sito utilizzabile al fine della valutazione della capacità di resistenza alla liquefazione da prove in sito.

Le prime tecniche di analisi dei risultati, sviluppate negli anni '80 (ad es. Robertson & Campanella, 1985; Seed & De Alba, 1986) utilizzavano le procedure ideate per la prova SPT, previa conversione della resistenza di punta  $q_c$  nell'indice di prova SPT equivalente,  $N_{60}$ .

Esse richiedevano la conoscenza delle caratteristiche granulometriche del terreno penetrato

In anni recenti l'aumento della base statistica di dati CPT ha reso possibile lo sviluppo di tecniche di analisi del potenziale di liquefazione direttamente basate sui risultati di prove CPT e molto affidabili.

Alcune di tali procedure non solo non richiedono la preventiva conoscenza della composizione granulometrica ma tengono conto anche di altri fattori legati alla presenza di una frazione fine (plasticità, storia tensionale, struttura del terreno).

La procedura attualmente più accreditata, alla quale si farà riferimento nel seguito, è quella di Robertson & Wride (1997) nella sua versione più recente.

La curva base per sabbia pulita può essere approssimata dall'equazione di Robertson e Wride, (1998)

$$CRR_{7.5} = f(q_{c1N})$$

dove  $(q_{c1N})_{cs}$  rappresenta la resistenza alla punta penetrometrica normalizzata a 1 atm (100 kPa).

La procedura CPT richiede la normalizzazione della resistenza alla punta utilizzando le seguenti relazioni:

$$q_{c1N} = C_Q \left( \frac{q_c}{p_a} \right) \quad C_Q = \left( \frac{p_a}{\sigma'_{v0}} \right)^n$$

$C_Q$  è il fattore di normalizzazione

$p_a$  è la pressione atmosferica (1 atm) o comunque nella stessa unità di misura di  $\sigma'_{v0}$

$n$  è un esponente che varia col tipo di terreno. Per sabbie pulite, comunque, un valore dell'esponente pari a 0.5 è più appropriato e un valore intermedio fra 0.5 e 1.0 dovrebbe essere appropriato per limi e limi sabbiosi.

$q_c$  è la resistenza alla punta del penetrometro statico.

Comunque non vanno applicati valori di  $C_Q$  maggiori di 1.7. Il valore di  $n$  varia da 0.5 a 1.0 in funzione delle caratteristiche granulometriche del terreno (Olsen 1997).

Il rapporto di attrito (la resistenza laterale  $f_s$  divisa per la resistenza  $q_c$ ) generalmente cresce al crescere del contenuto in fini e della plasticità del terreno, consentendo una stima approssimata del tipo di terreno e del contenuto in fini dai dati CPT.

La resistenza alla penetrazione normalizzata  $(q_{c1N})_{cs}$  per sabbie limose è corretta per sabbie pulite  $(q_{c1N})_{cs}$  con la seguente relazione:

$$(q_{c1N})_{cs} = K_c \cdot q_{c1N}$$

dove  $K_c$  è il fattore di correzione per le caratteristiche granulometriche.

Per calcolare  $CRR_{7.5}$  bisogna differenziare i terreni caratterizzabili come argille dai terreni caratterizzabili come sabbie e limi.

Ciò viene effettuato calcolando preventivamente l'indice del tipo di comportamento del terreno.

$$I_c = \left[ (3.47 - \log Q)^2 + (1.22 + \log F)^2 \right]^{0.5}$$

$$Q = \left[ \frac{(q_c - \sigma_{v0})}{p_a} \right] \cdot \left[ \left( \frac{p_a}{\sigma_{v0}} \right)^n \right]$$

$$F = \left[ \frac{f_s}{(q_c - \sigma_{v0})} \right] \cdot 100\%$$

dove

Indice del tipo di terreno, $I_c$	Classe di terreno
$I_c < 1.31$	Sabbia ghiaiosa
$1.31 < I_c < 2.05$	Sabbie: da pulite a limose
$2.05 < I_c < 2.60$	Miscele di sabbie: da sabbia limosa a limo sabbioso
$2.60 < I_c < 2.95$	Miscele di limi: da limo argilloso a argilla limosa
$2.95 < I_c < 3.60$	Argille
$I_c > 3.60$	Terreni organici: torbe

La procedura per il calcolo di  $I_c$  prevede

- 1°) calcolo di  $I_c$  Ponenedo l'esponente  $n=1$  (argille)  
 Se il valore di  $I_c$  calcolato con  $n = 1.0$  è  $> 2.6$  il terreno è classificato argilloso e considerato troppo ricco di argilla per liquefare e l'analisi potrebbe essere conclusa. Comunque, campioni di terreno devono essere sottoposti a prova per confermare il tipo di terreno e la resistenza alla liquefazione. Criteri come quello Cinese possono essere applicati per confermare che il terreno non è liquefacibile.
- 2°) Se il valore calcolato di  $I_c$  è  $< 2.6$  il terreno è considerato di natura granulare e quindi  $C_0$  e  $Q$  devono essere ricalcolati con un esponente  $n = 0.5$ ; anche  $I_c$  deve essere quindi ricalcolato e se il suo valore è  $< 2.6$  il terreno è classificato non plastico e granulare.
- 3°) Se il valore di  $I_c$  ricalcolato con  $n=0.5$  è  $> 2.6$  è possibile che il terreno sia limoso. In questo caso  $q_{c1N}$  deve essere ricalcolato usando un esponente  $n$  pari a 0.7. Di conseguenza anche  $I_c$  è ricalcolato. Questo valore di  $I_c$  intermedio è quindi usato per calcolare la resistenza alla liquefazione.

#### VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ DI RESISTENZA ALLA LIQUEFAZIONE DA PROVE IN SITO, CRR

Come detto il fattore di sicurezza,  $FSL$ , si determina con l'espressione.

$$FSL = \frac{R}{L} = \frac{CRR}{CSR}$$

Per applicare le procedure semplificate di analisi della liquefazione a terremoti di magnitudo diversa da 7.5 si utilizza un fattore di scala della magnitudo  $MSF$ , moltiplicatore del rapporto di resistenza ciclica  $CRR_{7.5}$  (anche se sarebbe più logico utilizzare un fattore correttivo del rapporto di tensione ciclica  $CSR$ ). Il coefficiente di sicurezza  $FSL$ , nella verifica di resistenza alla liquefazione è dunque:

$$FSL = \frac{C}{D} = \frac{CRR}{CSR} = \left( \frac{CRR_{7.5}}{CSR} \right) \cdot MSF$$

Il valore da attribuire a  $MSF$  è stato a lungo calcolato con l'equazione:

$$MSF = \frac{0.65}{0.1 \cdot (M - 1)}$$

che analiticamente riproduce i valori numerici proposti da Seed e Idriss (1982).





## ALLEGATO 2 INDAGINI IN SITO





Tabella prova CPT n. 1

N.	Prof(m)	Rp(kg/cm <sup>2</sup> )	Rl(kg/cm <sup>2</sup> )	Rt(kg)	Rp/Rl
1	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,80	17,00	0,40	0,00	42,50
5	1,00	17,00	1,00	0,00	17,00
6	1,20	16,00	1,20	0,00	13,33
7	1,40	30,00	1,40	0,00	21,43
8	1,60	36,00	1,27	0,00	28,42
9	1,80	43,00	1,87	0,00	23,04
10	2,00	16,00	1,07	0,00	15,00
11	2,20	15,00	1,00	0,00	15,00
12	2,40	10,00	0,67	0,00	15,00
13	2,60	10,00	0,67	0,00	15,00
14	2,80	12,00	0,60	0,00	20,00
15	3,00	18,00	0,67	0,00	27,00
16	3,20	15,00	1,00	0,00	15,00
17	3,40	20,00	0,33	0,00	60,00
18	3,60	13,00	0,53	0,00	24,38
19	3,80	14,00	0,40	0,00	35,00
20	4,00	12,00	0,60	0,00	20,00
21	4,20	11,00	0,47	0,00	23,57
22	4,40	12,00	0,80	0,00	15,00
23	4,60	7,00	0,40	0,00	17,50
24	4,80	4,00	0,27	0,00	15,00
25	5,00	8,00	0,20	0,00	40,00
26	5,20	9,00	0,47	0,00	19,29
27	5,40	12,00	0,60	0,00	20,00
28	5,60	11,00	0,60	0,00	18,33
29	5,80	7,00	0,40	0,00	17,50
30	6,00	6,00	0,40	0,00	15,00
31	6,20	6,00	0,33	0,00	18,00
32	6,40	8,00	0,20	0,00	40,00
33	6,60	10,00	0,47	0,00	21,43
34	6,80	10,00	0,40	0,00	25,00
35	7,00	10,00	0,53	0,00	18,75
36	7,20	8,00	0,40	0,00	20,00
37	7,40	9,00	0,40	0,00	22,50
38	7,60	9,00	0,40	0,00	22,50
39	7,80	8,00	0,33	0,00	24,00
40	8,00	8,00	0,47	0,00	17,14
41	8,20	10,00	0,47	0,00	21,43
42	8,40	14,00	0,40	0,00	35,00
43	8,60	13,00	0,47	0,00	27,86
44	8,80	11,00	0,47	0,00	23,57
45	9,00	8,00	0,53	0,00	15,00
46	9,20	14,00	0,60	0,00	23,33
47	9,40	9,00	1,07	0,00	8,44
48	9,60	11,00	0,60	0,00	18,33
49	9,80	12,00	0,67	0,00	18,00
50	10,00	8,00	0,33	0,00	24,00
51	10,20	13,00	0,47	0,00	27,86
52	10,40	8,00	0,53	0,00	15,00
53	10,60	7,00	0,40	0,00	17,50



Tabella prova CPT n. 1

N.	Prof(m)	Rp(kg/cmq)	RI(kg/cmq)	Rt(kg)	Rp/RI
54	10,80	6,00	0,40	0,00	15,00
55	11,00	12,00	0,47	0,00	25,71
56	11,20	8,00	0,33	0,00	24,00
57	11,40	8,00	0,33	0,00	24,00
58	11,60	7,00	0,33	0,00	21,00
59	11,80	7,00	0,40	0,00	17,50
60	12,00	10,00	0,53	0,00	18,75
61	12,20	10,00	0,53	0,00	18,75
62	12,40	5,00	0,40	0,00	12,50
63	12,60	4,00	0,40	0,00	10,00
64	12,80	15,00	0,47	0,00	32,14
65	13,00	17,00	0,73	0,00	23,18
66	13,20	23,00	0,93	0,00	24,64
67	13,40	12,00	0,73	0,00	16,36
68	13,60	8,00	0,27	0,00	30,00
69	13,80	9,00	0,47	0,00	19,29
70	14,00	7,00	0,33	0,00	21,00
71	14,20	35,00	1,27	0,00	27,63
72	14,40	35,00	1,20	0,00	29,17
73	14,60	7,00	0,47	0,00	15,00
74	14,80	7,00	0,47	0,00	15,00
75	15,00	12,00	0,53	0,00	22,50
76	15,20	14,00	0,60	0,00	23,33
77	15,40	13,00	0,53	0,00	24,38
78	15,60	11,00	0,53	0,00	20,63
79	15,80	12,00	0,73	0,00	16,36
80	16,00	14,00	0,47	0,00	30,00
81	16,20	12,00	0,67	0,00	18,00
82	16,40	15,00	0,73	0,00	20,45
83	16,60	13,00	0,53	0,00	24,38
84	16,80	11,00	0,53	0,00	20,63
85	17,00	17,00	1,00	0,00	17,00
86	17,20	20,00	0,93	0,00	21,43
87	17,40	13,00	0,47	0,00	27,86
88	17,60	16,00	0,40	0,00	40,00
89	17,80	11,00	0,67	0,00	16,50
90	18,00	21,00	0,53	0,00	39,38
91	18,20	14,00	0,53	0,00	26,25
92	18,40	13,00	0,73	0,00	17,73
93	18,60	12,00	0,47	0,00	25,71
94	18,80	17,00	0,80	0,00	21,25
95	19,00	30,00	0,67	0,00	45,00
96	19,20	18,00	1,00	0,00	18,00
97	19,40	26,00	0,73	0,00	35,45
98	19,60	29,00	0,73	0,00	39,55
99	19,80	28,00	0,67	0,00	42,00
100	20,00	26,00	0,67	0,00	39,00
101	20,20	11,00	0,73	0,00	15,00
102	20,40	11,00	0,53	0,00	20,63
103	20,60	7,00	0,47	0,00	15,00
104	20,80	9,00	0,53	0,00	16,88
105	21,00	26,00	0,93	0,00	27,86
106	21,20	19,00	1,00	0,00	19,00



Tabella prova CPT n. 1

N.	Prof(m)	Rp(kg/cm <sup>q</sup> )	RI(kg/cm <sup>q</sup> )	Rt(kg)	Rp/RI
107	21,40	25,00	0,73	0,00	34,09
108	21,60	13,00	0,73	0,00	17,73
109	21,80	8,00	0,53	0,00	15,00
110	22,00	7,00	0,47	0,00	15,00
111	22,20	12,00	0,60	0,00	20,00
112	22,40	12,00	0,53	0,00	22,50
113	22,60	15,00	0,60	0,00	25,00
114	22,80	13,00	0,73	0,00	17,73
115	23,00	11,00	0,60	0,00	18,33
116	23,20	11,00	0,53	0,00	20,63
117	23,40	11,00	0,53	0,00	20,63
118	23,60	22,00	0,73	0,00	30,00
119	23,80	13,00	0,60	0,00	21,67
120	24,00	11,00	0,47	0,00	23,57
121	24,20	10,00	0,40	0,00	25,00
122	24,40	11,00	0,53	0,00	20,63
123	24,60	27,00	1,53	0,00	17,61
124	24,80	15,00	0,93	0,00	16,07
125	25,00	19,00	0,73	0,00	25,91
126	25,20	11,00	0,60	0,00	18,33
127	25,40	18,00	0,53	0,00	33,75
128	25,60	13,00	0,67	0,00	19,50
129	25,80	15,00	0,67	0,00	22,50
130	26,00	46,00	1,20	0,00	38,33
131	26,20	17,00	1,13	0,00	15,00
132	26,40	18,00	1,20	0,00	15,00
133	26,60	18,00	0,33	0,00	54,00
134	26,80	18,00	0,60	0,00	30,00
135	27,00	14,00	0,87	0,00	16,15
136	27,20	13,00	0,73	0,00	17,73
137	27,40	15,00	0,53	0,00	28,13
138	27,60	28,00	0,87	0,00	32,31
139	27,80	27,00	0,40	0,00	67,50
140	28,00	66,00	1,93	0,00	34,14
141	28,20	156,00	3,20	0,00	48,75
142	28,40	239,00	2,73	0,00	87,44
143	28,60	258,00	3,07	0,00	84,13
144	28,80	267,00	3,00	0,00	89,00
145	29,00	259,00	2,73	0,00	94,76
146	29,20	279,00	2,80	0,00	99,64
147	29,40	284,00	3,73	0,00	76,07
148	29,60	304,00	3,73	0,00	81,43
149	29,80	299,00	3,07	0,00	97,50
150	30,00	340,00	4,00	0,00	85,00
151	30,20	327,00	3,53	0,00	92,55
152	30,40	415,00	3,67	0,00	113,18
153	30,60	270,00	3,40	0,00	79,41
154	30,80	325,00	3,67	0,00	88,64
155	31,00	233,00	3,53	0,00	65,94
156	31,20	286,00	4,07	0,00	70,33
157	31,40	315,00	3,53	0,00	89,15
158	31,60	216,00	3,13	0,00	68,94
159	31,80	222,00	3,87	0,00	57,41



Tabella prova CPT n. 1

<b>N.</b>	<b>Prof(m)</b>	<b>Rp(kg/cmq)</b>	<b>RI(kg/cmq)</b>	<b>Rt(kg)</b>	<b>Rp/RI</b>
160	32,00	252,00	4,07	0,00	61,97
161	32,20	284,00	3,80	0,00	74,74
162	32,40	283,00	3,80	0,00	74,47
163	32,60	275,00	3,80	0,00	72,37
164	32,80	326,00	3,13	0,00	104,04
165	33,00	178,00	3,33	0,00	53,40
166	33,20	196,00	2,93	0,00	66,82
167	33,40	205,00	2,53	0,00	80,92
168	33,60	18,00	1,20	0,00	15,00
169	33,80	7,00	0,47	0,00	15,00
170	34,00	8,00	0,53	0,00	15,00
171	34,20	7,00	0,53	0,00	13,13
172	34,40	13,00	0,67	0,00	19,50
173	34,60	11,00	0,60	0,00	18,33
174	34,80	13,00	0,60	0,00	21,67
175	35,00	15,00	0,67	0,00	22,50
176	35,20	18,00	0,67	0,00	27,00
177	35,40	13,00	0,87	0,00	15,00
178	35,60	12,00	0,80	0,00	15,00
179	35,80	10,00	0,67	0,00	15,00
180	36,00	12,00	0,80	0,00	15,00



Tabella prova CPT n. 2

N.	Prof(m)	Rp(kg/cm <sup>q</sup> )	Rl(kg/cm <sup>q</sup> )	Rt(kg)	Rp/RI
1	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,60	13,00	0,53	0,00	24,38
4	0,80	16,00	0,67	0,00	24,00
5	1,00	20,00	0,93	0,00	21,43
6	1,20	41,00	1,60	0,00	25,63
7	1,40	30,00	0,93	0,00	32,14
8	1,60	20,00	1,07	0,00	18,75
9	1,80	22,00	1,13	0,00	19,41
10	2,00	20,00	0,93	0,00	21,43
11	2,20	41,00	0,93	0,00	43,93
12	2,40	29,00	1,40	0,00	20,71
13	2,60	27,00	1,27	0,00	21,32
14	2,80	21,00	1,13	0,00	18,53
15	3,00	10,00	0,60	0,00	16,67
16	3,20	26,00	0,87	0,00	30,00
17	3,40	28,00	0,80	0,00	35,00
18	3,60	13,00	0,80	0,00	16,25
19	3,80	15,00	0,60	0,00	25,00
20	4,00	13,00	0,53	0,00	24,38
21	4,20	7,00	0,53	0,00	13,13
22	4,40	7,00	0,33	0,00	21,00
23	4,60	3,00	0,27	0,00	11,25
24	4,80	4,00	0,27	0,00	15,00
25	5,00	5,00	0,27	0,00	18,75
26	5,20	8,00	0,47	0,00	17,14
27	5,40	19,00	0,47	0,00	40,71
28	5,60	12,00	0,47	0,00	25,71
29	5,80	14,00	0,53	0,00	26,25
30	6,00	8,00	0,47	0,00	17,14
31	6,20	9,00	0,33	0,00	27,00
32	6,40	5,00	0,27	0,00	18,75
33	6,60	4,00	0,20	0,00	20,00
34	6,80	6,00	0,20	0,00	30,00
35	7,00	5,00	0,27	0,00	18,75
36	7,20	7,00	0,33	0,00	21,00
37	7,40	5,00	0,33	0,00	15,00
38	7,60	8,00	0,27	0,00	30,00
39	7,80	5,00	0,27	0,00	18,75
40	8,00	6,00	0,20	0,00	30,00
41	8,20	10,00	0,60	0,00	16,67
42	8,40	6,00	0,40	0,00	15,00
43	8,60	6,00	0,40	0,00	15,00
44	8,80	4,00	0,20	0,00	20,00
45	9,00	4,00	0,27	0,00	15,00
46	9,20	7,00	0,40	0,00	17,50
47	9,40	8,00	0,47	0,00	17,14
48	9,60	15,00	0,67	0,00	22,50
49	9,80	13,00	0,73	0,00	17,73
50	10,00	18,00	0,93	0,00	19,29
51	10,20	24,00	0,80	0,00	30,00
52	10,40	12,00	0,47	0,00	25,71
53	10,60	13,00	0,60	0,00	21,67



Tabella prova CPT n. 2

N.	Prof(m)	Rp(kg/cmq)	RI(kg/cmq)	Rt(kg)	Rp/RI
54	10,80	11,00	0,47	0,00	23,57
55	11,00	4,00	0,47	0,00	8,57
56	11,20	15,00	0,93	0,00	16,07
57	11,40	25,00	0,60	0,00	41,67
58	11,60	12,00	0,53	0,00	22,50
59	11,80	6,00	0,40	0,00	15,00
60	12,00	3,00	0,20	0,00	15,00
61	12,20	5,00	0,33	0,00	15,00
62	12,40	6,00	0,40	0,00	15,00
63	12,60	1,00	0,20	0,00	5,00
64	12,80	2,00	0,20	0,00	10,00
65	13,00	1,00	0,20	0,00	5,00
66	13,20	2,00	0,20	0,00	10,00
67	13,40	10,00	0,20	0,00	50,00
68	13,60	18,00	0,33	0,00	54,00
69	13,80	11,00	0,53	0,00	20,63
70	14,00	6,00	0,40	0,00	15,00
71	14,20	6,00	0,53	0,00	11,25
72	14,40	5,00	0,47	0,00	10,71
73	14,60	3,00	0,13	0,00	22,50
74	14,80	2,00	0,27	0,00	7,50
75	15,00	6,00	0,27	0,00	22,50
76	15,20	10,00	0,53	0,00	18,75
77	15,40	12,00	0,53	0,00	22,50
78	15,60	7,00	0,27	0,00	26,25
79	15,80	7,00	0,40	0,00	17,50
80	16,00	29,00	0,73	0,00	39,55
81	16,20	35,00	0,67	0,00	52,50
82	16,40	6,00	0,40	0,00	15,00
83	16,60	8,00	0,47	0,00	17,14
84	16,80	15,00	0,47	0,00	32,14
85	17,00	7,00	0,47	0,00	15,00
86	17,20	10,00	0,53	0,00	18,75
87	17,40	10,00	0,33	0,00	30,00
88	17,60	10,00	0,27	0,00	37,50
89	17,80	19,00	0,47	0,00	40,71
90	18,00	9,00	0,40	0,00	22,50
91	18,20	13,00	0,47	0,00	27,86
92	18,40	9,00	0,60	0,00	15,00
93	18,60	8,00	0,60	0,00	13,33
94	18,80	7,00	0,33	0,00	21,00
95	19,00	6,00	0,40	0,00	15,00
96	19,20	11,00	0,60	0,00	18,33
97	19,40	11,00	0,53	0,00	20,63
98	19,60	38,00	0,93	0,00	40,71
99	19,80	30,00	1,00	0,00	30,00
100	20,00	28,00	1,13	0,00	24,71



Tabella prova CPT n. 3

N.	Prof(m)	Rp(kg/cmq)	Rl(kg/cmq)	Rt(kg)	Rp/RI
1	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00
5	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00
7	1,40	10,00	0,53	0,00	18,75
8	1,60	8,00	0,27	0,00	30,00
9	1,80	7,00	0,33	0,00	21,00
10	2,00	24,00	0,93	0,00	25,71
11	2,20	7,00	0,67	0,00	10,50
12	2,40	6,00	0,60	0,00	10,00
13	2,60	15,00	0,67	0,00	22,50
14	2,80	25,00	0,93	0,00	26,79
15	3,00	24,00	0,87	0,00	27,69
16	3,20	17,00	0,93	0,00	18,21
17	3,40	21,00	0,73	0,00	28,64
18	3,60	20,00	0,67	0,00	30,00
19	3,80	19,00	0,73	0,00	25,91
20	4,00	14,00	0,80	0,00	17,50
21	4,20	10,00	0,53	0,00	18,75
22	4,40	11,00	0,53	0,00	20,63
23	4,60	15,00	0,93	0,00	16,07
24	4,80	37,00	0,80	0,00	46,25
25	5,00	21,00	0,73	0,00	28,64
26	5,20	7,00	0,60	0,00	11,67
27	5,40	7,00	0,27	0,00	26,25
28	5,60	3,00	0,20	0,00	15,00
29	5,80	4,00	0,20	0,00	20,00
30	6,00	3,00	0,20	0,00	15,00
31	6,20	4,00	0,20	0,00	20,00
32	6,40	4,00	0,20	0,00	20,00
33	6,60	7,00	0,13	0,00	52,50
34	6,80	42,00	0,33	0,00	126,00
35	7,00	46,00	1,00	0,00	46,00
36	7,20	56,00	0,40	0,00	140,00
37	7,40	58,00	0,80	0,00	72,50
38	7,60	65,00	1,00	0,00	65,00
39	7,80	39,00	1,40	0,00	27,86
40	8,00	27,00	1,13	0,00	23,82
41	8,20	6,00	0,33	0,00	18,00
42	8,40	6,00	0,33	0,00	18,00
43	8,60	6,00	0,20	0,00	30,00
44	8,80	6,00	0,20	0,00	30,00
45	9,00	8,00	0,20	0,00	40,00
46	9,20	7,00	0,20	0,00	35,00
47	9,40	8,00	0,33	0,00	24,00
48	9,60	8,00	0,40	0,00	20,00
49	9,80	13,00	0,33	0,00	39,00
50	10,00	11,00	0,60	0,00	18,33
51	10,20	12,00	0,67	0,00	18,00
52	10,40	8,00	0,47	0,00	17,14
53	10,60	8,00	0,40	0,00	20,00



Tabella prova CPT n. 3

N.	Prof(m)	Rp(kg/cm <sup>q</sup> )	Rl(kg/cm <sup>q</sup> )	Rt(kg)	Rp/RI
54	10,80	9,00	0,27	0,00	33,75
55	11,00	8,00	0,27	0,00	30,00
56	11,20	9,00	0,33	0,00	27,00
57	11,40	8,00	0,27	0,00	30,00
58	11,60	19,00	1,00	0,00	19,00
59	11,80	10,00	0,47	0,00	21,43
60	12,00	7,00	0,47	0,00	15,00
61	12,20	8,00	0,33	0,00	24,00
62	12,40	5,00	0,27	0,00	18,75
63	12,60	6,00	0,20	0,00	30,00
64	12,80	6,00	0,27	0,00	22,50
65	13,00	5,00	0,27	0,00	18,75
66	13,20	4,00	0,20	0,00	20,00
67	13,40	4,00	0,20	0,00	20,00
68	13,60	20,00	0,73	0,00	27,27
69	13,80	19,00	0,73	0,00	25,91
70	14,00	11,00	0,67	0,00	16,50
71	14,20	67,00	0,87	0,00	77,31
72	14,40	13,00	0,87	0,00	15,00
73	14,60	12,00	0,73	0,00	16,36
74	14,80	38,00	0,60	0,00	63,33
75	15,00	37,00	0,47	0,00	79,29
76	15,20	22,00	0,73	0,00	30,00
77	15,40	22,00	0,73	0,00	30,00
78	15,60	12,00	0,53	0,00	22,50
79	15,80	11,00	0,67	0,00	16,50
80	16,00	17,00	0,53	0,00	31,88
81	16,20	11,00	0,53	0,00	20,63
82	16,40	11,00	0,67	0,00	16,50
83	16,60	8,00	0,27	0,00	30,00
84	16,80	10,00	0,53	0,00	18,75
85	17,00	16,00	0,33	0,00	48,00
86	17,20	8,00	0,47	0,00	17,14
87	17,40	9,00	0,27	0,00	33,75
88	17,60	8,00	0,33	0,00	24,00
89	17,80	8,00	0,27	0,00	30,00
90	18,00	9,00	0,27	0,00	33,75
91	18,20	7,00	0,33	0,00	21,00
92	18,40	13,00	0,33	0,00	39,00
93	18,60	30,00	1,20	0,00	25,00
94	18,80	24,00	1,07	0,00	22,50
95	19,00	15,00	0,53	0,00	28,13
96	19,20	10,00	0,60	0,00	16,67
97	19,40	12,00	0,47	0,00	25,71
98	19,60	14,00	0,60	0,00	23,33
99	19,80	20,00	0,80	0,00	25,00
100	20,00	21,00	1,00	0,00	21,00
101	20,20	20,00	1,07	0,00	18,75
102	20,40	14,00	0,47	0,00	30,00
103	20,60	15,00	0,60	0,00	25,00
104	20,80	9,00	0,60	0,00	15,00
105	21,00	10,00	0,53	0,00	18,75



Tabella prova CPT n. 4

N.	Prof(m)	Rp(kg/cm <sup>q</sup> )	Rl(kg/cm <sup>q</sup> )	Rt(kg)	Rp/Rl
1	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00
5	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00
7	1,40	50,00	1,73	0,00	28,85
8	1,60	46,00	1,20	0,00	38,33
9	1,80	28,00	1,60	0,00	17,50
10	2,00	13,00	0,47	0,00	27,86
11	2,20	11,00	0,33	0,00	33,00
12	2,40	25,00	1,53	0,00	16,30
13	2,60	12,00	0,47	0,00	25,71
14	2,80	5,00	0,33	0,00	15,00
15	3,00	40,00	1,80	0,00	22,22
16	3,20	25,00	1,67	0,00	15,00
17	3,40	4,00	0,20	0,00	20,00
18	3,60	8,00	0,27	0,00	30,00
19	3,80	6,00	0,33	0,00	18,00
20	4,00	6,00	0,27	0,00	22,50
21	4,20	9,00	0,40	0,00	22,50
22	4,40	13,00	0,60	0,00	21,67
23	4,60	14,00	0,60	0,00	23,33
24	4,80	11,00	0,40	0,00	27,50
25	5,00	6,00	0,40	0,00	15,00
26	5,20	4,00	0,20	0,00	20,00
27	5,40	5,00	0,20	0,00	25,00
28	5,60	5,00	0,27	0,00	18,75
29	5,80	6,00	0,33	0,00	18,00
30	6,00	14,00	0,47	0,00	30,00
31	6,20	10,00	0,53	0,00	18,75
32	6,40	5,00	0,27	0,00	18,75
33	6,60	6,00	0,27	0,00	22,50
34	6,80	6,00	0,27	0,00	22,50
35	7,00	6,00	0,27	0,00	22,50
36	7,20	9,00	0,40	0,00	22,50
37	7,40	12,00	0,33	0,00	36,00
38	7,60	15,00	0,47	0,00	32,14
39	7,80	10,00	0,33	0,00	30,00
40	8,00	7,00	0,33	0,00	21,00
41	8,20	16,00	1,07	0,00	15,00
42	8,40	9,00	0,40	0,00	22,50
43	8,60	6,00	0,40	0,00	15,00
44	8,80	7,00	0,20	0,00	35,00
45	9,00	6,00	0,27	0,00	22,50
46	9,20	8,00	0,27	0,00	30,00
47	9,40	6,00	0,33	0,00	18,00
48	9,60	7,00	0,33	0,00	21,00
49	9,80	7,00	0,40	0,00	17,50
50	10,00	7,00	0,40	0,00	17,50
51	10,20	6,00	0,40	0,00	15,00
52	10,40	5,00	0,33	0,00	15,00
53	10,60	6,00	0,27	0,00	22,50



Tabella prova CPT n. 4

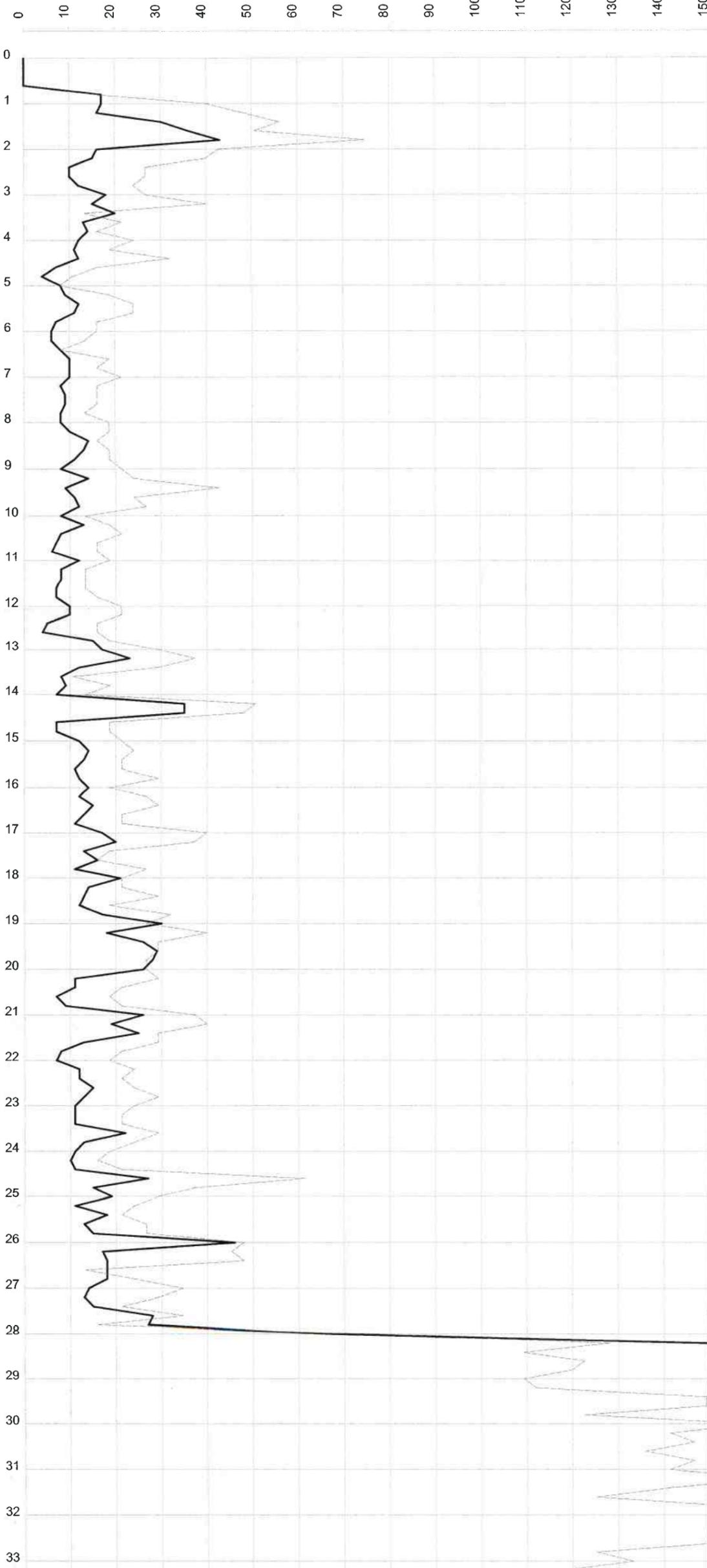
N.	Prof(m)	Rp(kg/cm <sup>q</sup> )	Rl(kg/cm <sup>q</sup> )	Rt(kg)	Rp/Rl
54	10,80	7,00	0,33	0,00	21,00
55	11,00	7,00	0,33	0,00	21,00
56	11,20	9,00	0,47	0,00	19,29
57	11,40	7,00	0,47	0,00	15,00
58	11,60	33,00	1,27	0,00	26,05
59	11,80	11,00	0,60	0,00	18,33
60	12,00	9,00	0,53	0,00	16,88
61	12,20	9,00	0,33	0,00	27,00
62	12,40	5,00	0,27	0,00	18,75
63	12,60	4,00	0,20	0,00	20,00
64	12,80	6,00	0,20	0,00	30,00
65	13,00	5,00	0,20	0,00	25,00
66	13,20	6,00	0,20	0,00	30,00
67	13,40	5,00	0,27	0,00	18,75
68	13,60	16,00	0,27	0,00	60,00
69	13,80	16,00	0,27	0,00	60,00
70	14,00	13,00	0,40	0,00	32,50
71	14,20	10,00	0,40	0,00	25,00
72	14,40	12,00	0,47	0,00	25,71
73	14,60	11,00	0,47	0,00	23,57
74	14,80	24,00	0,60	0,00	40,00
75	15,00	15,00	0,80	0,00	18,75
76	15,20	37,00	0,80	0,00	46,25
77	15,40	31,00	0,87	0,00	35,77
78	15,60	10,00	0,60	0,00	16,67
79	15,80	10,00	0,40	0,00	25,00
80	16,00	14,00	0,67	0,00	21,00
81	16,20	33,00	0,73	0,00	45,00
82	16,40	43,00	0,67	0,00	64,50
83	16,60	11,00	0,67	0,00	16,50
84	16,80	15,00	1,00	0,00	15,00
85	17,00	24,00	0,80	0,00	30,00
86	17,20	14,00	0,80	0,00	17,50
87	17,40	12,00	0,67	0,00	18,00
88	17,60	7,00	0,33	0,00	21,00
89	17,80	7,00	0,33	0,00	21,00
90	18,00	6,00	0,27	0,00	22,50
91	18,20	8,00	0,47	0,00	17,14
92	18,40	25,00	0,67	0,00	37,50
93	18,60	35,00	0,53	0,00	65,63
94	18,80	25,00	0,53	0,00	46,88
95	19,00	22,00	0,67	0,00	33,00
96	19,20	21,00	0,07	0,00	315,00
97	19,40	11,00	0,53	0,00	20,63
98	19,60	15,00	0,67	0,00	22,50
99	19,80	18,00	0,67	0,00	27,00
100	20,00	17,00	0,80	0,00	21,25
101	20,20	15,00	0,33	0,00	45,00
102	20,40	20,00	0,67	0,00	30,00
103	20,60	27,00	0,87	0,00	31,15
104	20,80	11,00	0,53	0,00	20,63
105	21,00	10,00	0,67	0,00	15,00



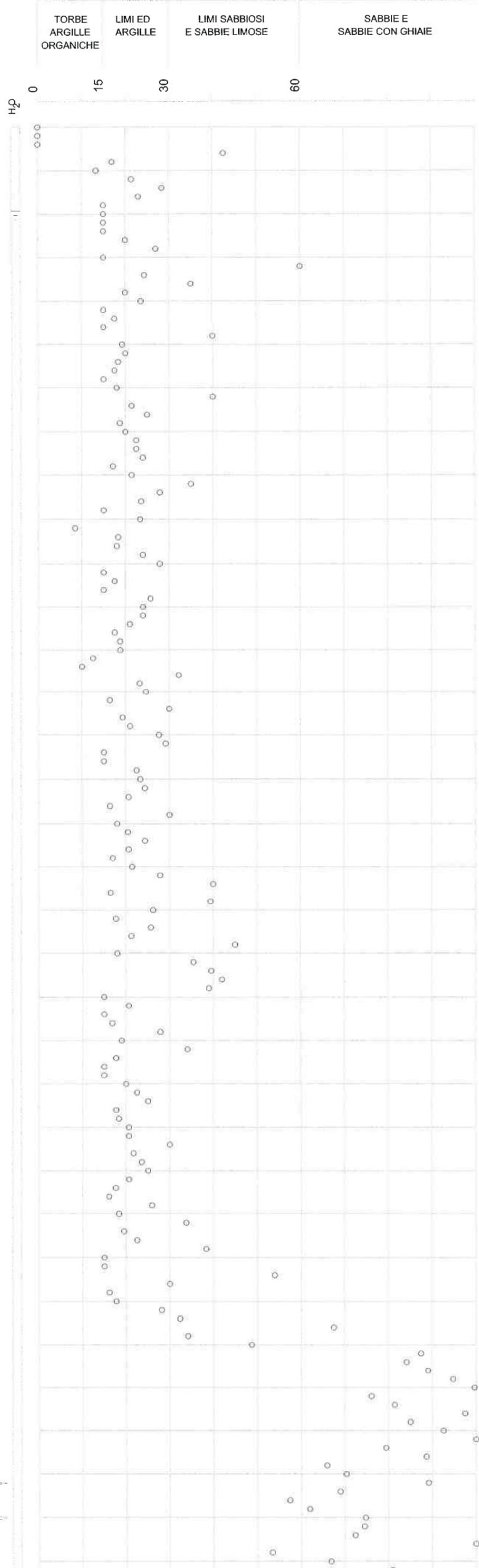
## PROVA PENETROMETRICA STATICA (P.P.S.)

$R_l$  = RESISTENZA DI ATTRITO LATERALE LOCALE (kg/cm<sup>2</sup>)

$R_p$  = RESISTENZA ALLA PUNTA (kg/cm<sup>2</sup>)



CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI MEDIANTE IL RAPPORTO  $R_l/R_p$  (A.G.I. 1977)





# INGEO SINTESI s.r.l.

36040 TORRI DI QUARTESOLO (VI) VIA POLA 24 TEL. 0444/267406  
e-mail ingeo@ingeosintesi.it

COMMITTENTE: GRC ROMA

CANTIERE: Vicenza Pomari

DATA: 14/05/2013

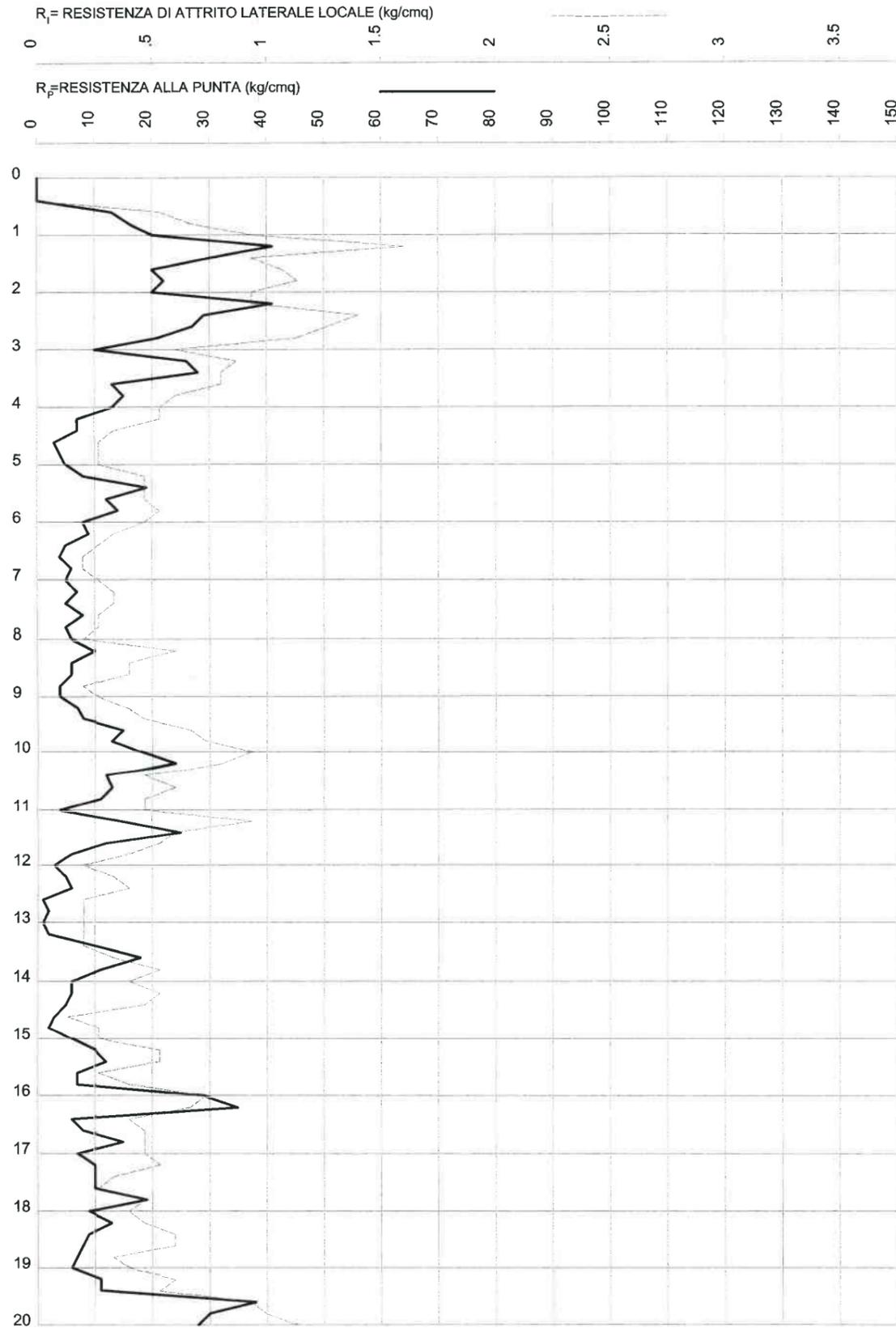
P.P.S.n.

2

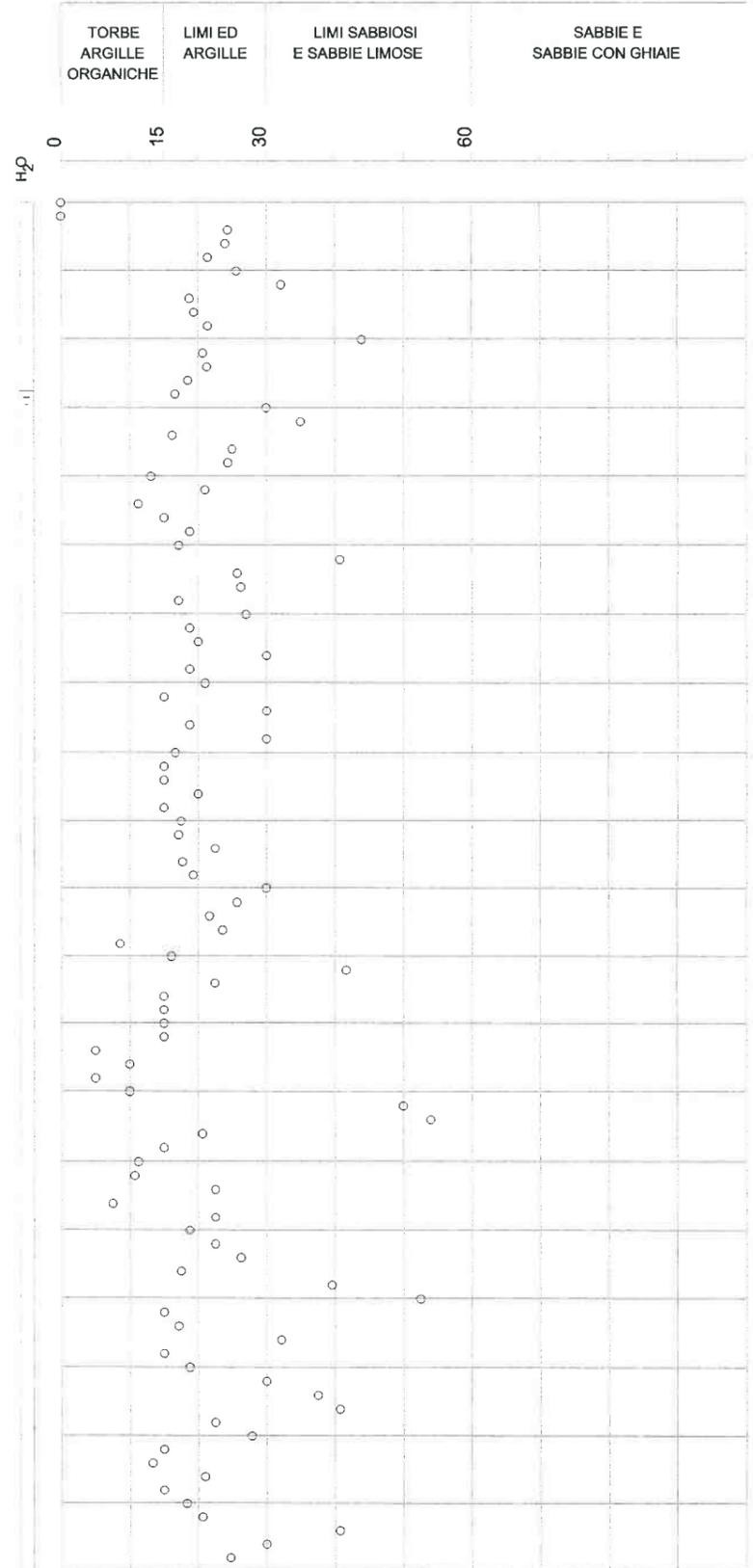
Quota

0

## PROVA PENETROMETRICA STATICA (P.P.S.)



## CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI MEDIANTE IL RAPPORTO R/R (A.G.I. 1977)





# INGEO SINTESI s.r.l.

36040 TORRI DI QUARTESOLO (VI) VIA POLA 24 TEL. 0444/267406  
e-mail ingeo@ingeosintesi.it

COMMITTENTE: GRC ROMA

CANTIERE: Vicenza Pomari

DATA: 14/05/2013

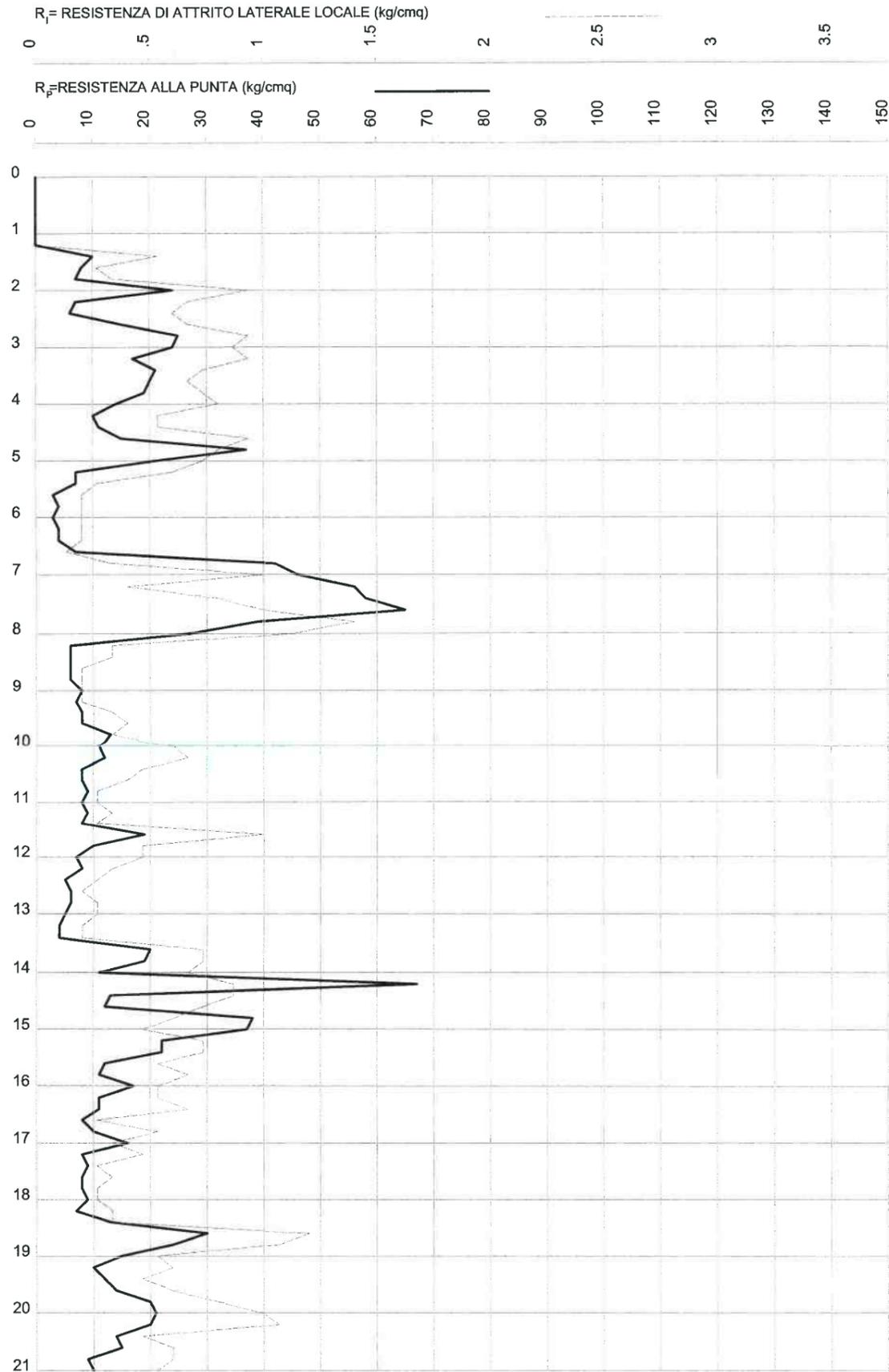
P.P.S.n.

3

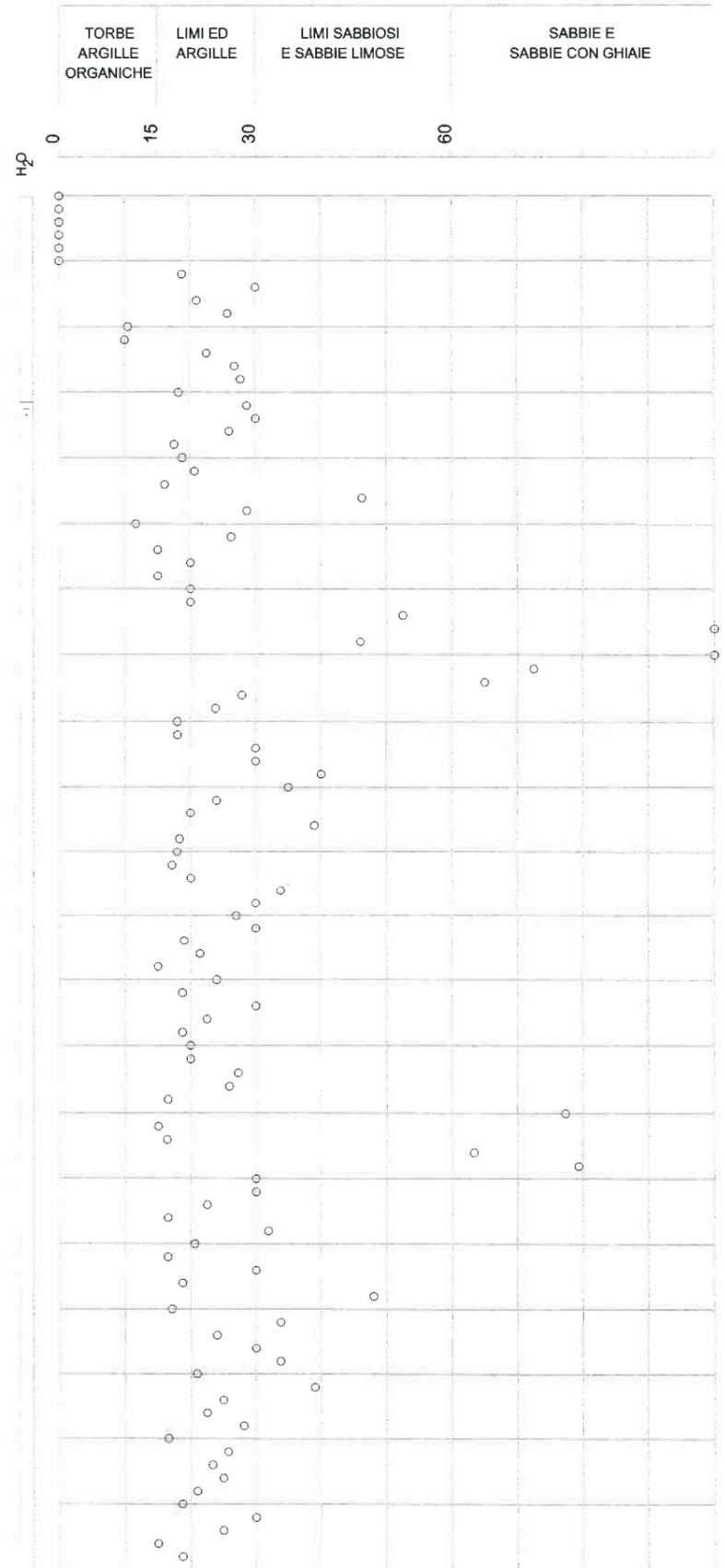
Quota

0

## PROVA PENETROMETRICA STATICA (P.P.S.)



CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI MEDIANTE IL RAPPORTO R/R (A.G.I. 1977)





# INGEO SINTESI s.r.l.

36040 TORRI DI QUARTESOLO (VI) VIA POLA 24 TEL. 0444/267406  
e-mail ingeo@ingeosintesi.it

COMMITTENTE: GRC ROMA

CANTIERE: Vicenza Pomari

DATA: 14/05/2013

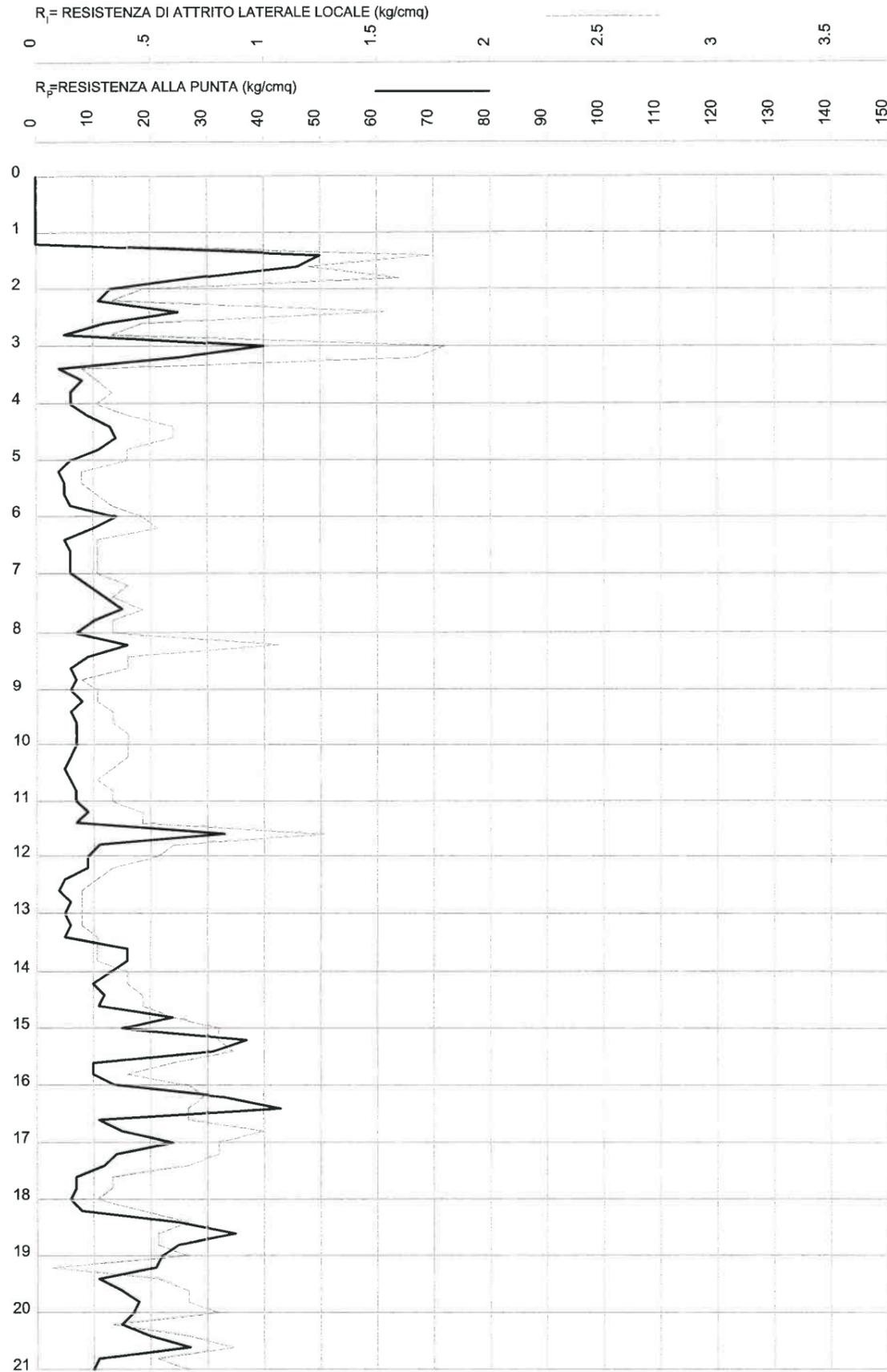
P.P.S.n.

4

Quota

0

## PROVA PENETROMETRICA STATICA (P.P.S.)



## CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI MEDIANTE IL RAPPORTO $R_l/R_p$ (A.G.I. 1977)

