

## IMMOBILIARE LA FRANCESCA

**COMPLESSO RESIDENZIALE "SAN FRANCESCO"**

**ROBBIATE (LC)**

## RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

*febbraio 1998*



## INDICE

1. Premessa .....	pag. 3
2. Indagini in sito .....	pag. 4
3. Caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione .....	pag. 5
4. Determinazione della capacità portante dei terreni di fondazione .....	pag. 8
5. Valutazione dei cedimenti delle fondazioni.....	pag. 10
6. Conclusioni .....	pag. 12

## ALLEGATI

Allegato 1: Planimetria ed ubicazione delle indagini

Allegato 2: Prove penetrometriche dinamiche continue - Risultati

Allegato 3: Prove penetrometriche dinamiche continue - Inviluppo delle resistenze

Allegato 4: Prove penetrometriche dinamiche continue - Interpretazione geotecnica

Allegato 5: Determinazione della capacità portante dei terreni di fondazione

Allegato 6: Valutazione dei cedimenti delle fondazioni

Allegato 7: Carichi di esercizio ammissibili e relativi cedimenti

## 1. PREMESSA

Di seguito vengono analizzate le caratteristiche geologico-tecniche dei terreni di fondazione di un nuovo complesso residenziale che verrà realizzato nel territorio comunale di Robbiate (LC) in Via San Francesco.

Il progetto all'esame prevede la realizzazione di tre edifici disposti ad L aventi forma grossomodo rettangolare, con dimensioni dei lati maggiore e minore rispettivamente pari a 25 e 10 m. Tutti i corpi di fabbrica, a due piani fuori terra, avranno un piano interrato esteso su tutta l'impronta degli edifici in elevazione. È inoltre prevista la realizzazione di un complesso di box interrati, avente forma in pianta a T che occuperà lo spazio tra i tre edifici per una superficie complessiva di circa 1800 m<sup>2</sup>. Conseguentemente il progetto prevede una quota di appoggio fondazioni a -3.00 m da p.c. .

Dal punto di vista geologico l'area in esame risulta caratterizzata da depositi di origine fluvioglaciale, riferibili cronologicamente al Pleistocene medio.

Per quanto attiene l'assetto geomorfologico nella zona di intervento, ad assetto subpianeggiante, non si hanno evidenze di fenomeni geomorfici in atto o potenziale.

## 2. INDAGINI IN SITO

Al fine di desumere i parametri necessari per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione degli edifici in progetto, sono state eseguite le seguenti indagini in sito:

- n° 6 prove penetrometriche dinamiche continue (P1, P2, P3, P4, P5 e P6), eseguite mediante penetrometro pesante 'tipo Meardi', con punta conica di diametro pari a 51 mm e conicità di 60°, massa battente del peso di 73 kg e altezza di caduta pari a 75 cm. Le prove sono state eseguite registrando il numero di colpi necessari all'infissione di 30 cm della punta e della tubazione di rivestimento del diametro esterno di 48 mm. Le prove hanno incontrato rifiuto alla penetrazione alle profondità rispettivamente di 4.5, 5.7, 13.2, 7.8, 9.0 e 6.9 m da p.c.

Durante l'esecuzione delle prove non è stata incontrata la superficie piezometrica, almeno fino alle profondità investigate.

Nell'**Allegato 1** è riportata l'ubicazione delle indagini in planimetria (scala 1:250), nell'**Allegato 2** vengono riportati i diagrammi relativi alle prove eseguite, nell'**Allegato 3** si riporta l'inviluppo delle resistenze penetrometriche e infine nell'**Allegato 4** viene riportata l'interpretazione geotecnica delle prove eseguite.

### 3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Sulla base dei risultati delle prove penetrometriche condotte, è possibile rappresentare i terreni di fondazione degli edifici in progetto, da un punto di vista geotecnico, secondo il modello riportato di seguito. Si sottolinea che le quote riportate sono riferite alla quota di piano campagna.

I parametri geotecnici indicati nella tabella che segue sono stati ottenuti indirettamente, mediante correlazioni empiriche, a partire dai risultati delle prove penetrometriche dinamiche.

In particolare, per ciò che riguarda l'elaborazione dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche, è stato utilizzato un programma di calcolo che, in base alle correlazioni più comunemente accettate, permette di definire alcuni parametri geotecnici, una volta noti i valori di resistenza alla penetrazione dinamica direttamente ricavata dalla resistenza alla penetrazione della punta del penetrometro dinamico (Cestari, 1982).

Inoltre, data la maggiore diffusione di correlazioni tra parametri geotecnici ed S.P.T. per i terreni non coesivi, i valori di resistenza alla punta registrati durante la prova penetrometrica dinamica continua sono stati trasformati nei corrispondenti valori di resistenza all'infissione del campionatore Raymond (Standard Penetration Test) secondo la correlazione:

$$N_{30} \cong 0.40 N_{SPT}$$

Le prove hanno evidenziato la presenza, al di sotto di un livello di terreno di coltura (non caratterizzato dal punto di vista geotecnico), di un livello di terreni sabbioso-ghiaiosi mediamente addensati, con locali livelli molto addensati o debolmente cementati e lenti di sabbie fini sciolte, passante in profondità a terreni prevalentemente sabbioso-ghiaiosi, aventi un grado di addensamento medio. Ciascuno dei due corpi ghiaiosi individuato è ricoperto da una coltre di prodotti di alterazione dello spessore di alcuni metri, costituita da terreni sabbiosi fini con ghiaie immersi in abbondante matrice limosa.

Di seguito si riporta il modello geotecnico adottato per le successive calcolazioni.

**UNITÀ A:** *Terreni di coltura*

Profondità da p.c. = da  $\pm 0.0$  a  $-0.5$  m

**UNITÀ B:** *Sabbie fini, sabbie e ghiaie a modesto grado di addensamento con abbondante matrice limoso-sabbiosa*

Resistenza alla penetrazione dinamica	$N_{30} = 1 \div 3$	colpi/30 cm
Resistenza alla penetrazione dinamica unitaria	$q_d = 1 \div 2$	MPa
Resistenza alla penetrazione standard	$N_{SPT} = 3 \div 8$	colpi/30 cm
Peso di volume naturale	$\gamma_n = 18$	$\text{kN/m}^3$
Stato di addensamento	= sciolto	
Densità relativa	$D_r = 0.30 \div 0.40$	
Angolo d'attrito efficace	$\varphi' = 32^\circ$	
Coesione efficace	$c' = 0$	kPa
Modulo di deformazione	$E = 5$	MPa
Profondità da p.c.	= da $-0.5$ a $-3.0 \div -5.5$ m	

**UNITÀ C:** *ghiaie e sabbie mediamente addensate con livelli molto addensati o debolmente cementati e lenti di sabbie fini limose sciolte*

Resistenza alla penetrazione dinamica	$N_{30} = 8 \div 15$	colpi/30 cm
Resistenza alla penetrazione dinamica unitaria	$q_d = 6 \div 10$	MPa
Resistenza alla penetrazione standard	$N_{SPT} = 20 \div 40$	colpi/30 cm
Peso di volume naturale	$\gamma_n = 19$	$\text{kN/m}^3$
Stato di addensamento	= medio	
Densità relativa	$D_r = 0.40 \div 0.65$	
Angolo d'attrito efficace	$\varphi' = 35^\circ$	
Coesione efficace	$c' = 0$	kPa
Modulo di deformazione	$E = 30$	MPa
Profondità da p.c.	= da $-3.0 \div -5.5$ m a $-7.0$ m	

**UNITÀ D:** *Sabbie fini, sabbie e ghiaie a modesto grado di addensamento con abbondante matrice limoso-sabbiosa*

Resistenza alla penetrazione dinamica	$N_{30} = 8 \div 10$	colpi/30 cm
Resistenza alla penetrazione dinamica unitaria	$q_d = 4 \div 6$	MPa
Resistenza alla penetrazione standard	$N_{SPT} = 20 \div 25$	colpi/30 cm
Peso di volume naturale	$\gamma_n = 19$	$\text{kN/m}^3$
Stato di addensamento	= da sciolto a medio	
Densità relativa	$D_r = 0.30 \div 0.35$	
Angolo d'attrito efficace	$\varphi' = 30^\circ$	
Coesione efficace	$c' = 0$	kPa
Modulo di deformazione	$E = 20$	MPa
Profondità da p.c.	= da $-7.0$ a $-11.0$ m	

**UNITÀ E:** *ghiaie e sabbie mediamente addensate con lenti di sabbie fini sciolte*

Resistenza alla penetrazione dinamica	$N_{30} = 12 \div 20$	colpi/30 cm
Resistenza alla penetrazione dinamica unitaria	$q_d = 6 \div 12$	MPa
Resistenza alla penetrazione standard	$N_{SPT} = 30 \div 50$	colpi/30 cm
Peso di volume naturale	$\gamma_n = 20$	kN/m <sup>3</sup>
Stato di addensamento	= medio	
Densità relativa	$D_r = 0.40 \div 0.60$	
Angolo d'attrito efficace	$\varphi' = 35^\circ$	
Coesione efficace	$c' = 0$	kPa
Modulo di deformazione	$E = 40$	MPa
Profondità da p.c.	= da - 11.0 m	

#### 4. VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

La valutazione della capacità portante dei terreni di fondazione degli edifici in progetto, è stata eseguita sulla base dell'equazione di Brinch-Hansen (1970), basandosi sui parametri geotecnici ricavati dalle indagini eseguite:

$$q_{lim} = 1/2 \gamma B N_{\gamma} s_{\gamma} d_{\gamma} + c N_c s_c d_c + q N_q s_q d_q$$

dove: $q_{lim}$ [kPa]	= capacità portante limite
$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	= peso di volume
$B$ [m]	= larghezza della fondazione
$c$ [kPa]	= coesione
$q$ [kPa]	= $\gamma D$ = sovraccarico dovuto al rinterro
$D$ [m]	= profondità di incasso della fondazione
$N_{\gamma}, N_c, N_q$ [-]	= fattori di capacità portante
$s_{\gamma}, s_c, s_q$ [-]	= fattori forma
$d_{\gamma}, d_c, d_q$ [-]	= fattori profondità

Per le calcolazioni si sono impiegati i parametri geotecnici medi riportati al capitolo precedente.

Tenuto conto della profondità di posa delle fondazioni prevista in progetto a - 3.0 m da p.c. e della variabilità delle caratteristiche geotecniche dei terreni individuata dalle indagini eseguite, per lo sviluppo delle verifiche di capacità portante si sono ritenuti significativi i seguenti parametri geotecnici medi dei terreni di fondazione:

$$\gamma_n = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 32^\circ$$

$$D_r = 0.40$$

Tenuto conto del modesto grado di addensamento dei terreni di fondazione, pari mediamente a 0.40, il valore dell'angolo d'attrito di picco sopra riportato è stato opportunamente ridotto al fine di tenere conto di possibili fenomeni di rottura locale, sulla base della seguente espressione (*Vesic, 1970*):

$$\tan \varphi'_r = [0.67 + D_r - 0.75 * D_r^2] * \tan \varphi'$$

Sulla base delle caratteristiche geotecniche medie dei terreni presenti alle previste profondità di posa delle fondazioni si ritiene adeguato il ricorso a fondazioni dirette a plinto isolato o a trave rovescia.

La capacità portante ammissibile, calcolata ipotizzando a favore di sicurezza un rinterro minimo delle fondazioni  $D$  pari a 0.5 m ed imponendo un coefficiente di sicurezza pari a 3 sulla capacità portante limite, come prescritto dal D.M. "11.03.88", risulta compresa tra 157 e 188 kPa per plinti quadrati di lato compreso tra 0.8 e 1.8 m con piano di posa a - 3.0 m da p.c. e tra 126 e 177 kPa per travi rovesce di lato compreso tra 0.6 e 1.6 m con piano di posa alla medesima profondità (cfr. **Allegato 5**).

Tali valori di capacità portante, verificati nei confronti della rottura del terreno di fondazione, devono tuttavia essere verificati anche in funzione di cedimenti degli stessi conseguenti l'applicazione dei carichi, che, se elevati, potrebbero non essere tollerati dalle strutture in elevazione.

Si sottolinea infine che tali valori di capacità portante sono stati determinati per carichi verticali e baricentrici rispetto alla larghezza della fondazione; conseguentemente nel caso di carichi inclinati si dovrà tenere conto della inclinazione e della eccentricità della risultante dei carichi e dei sovraccarichi facendo riferimento alle dimensioni equivalenti degli elementi fondazionali in luogo delle loro dimensioni reali.

## 5. VERIFICA AI CEDIMENTI

La valutazione dei cedimenti massimi prevedibili è stata eseguita impiegando il metodo di J.B. Burland e M.C. Burbidge (1984), valido per il calcolo dei cedimenti in terreni non coesivi sottoposti a condizioni di carico note.

Questo metodo, che tiene conto della storia tensionale del terreno, ricava il valore del cedimento secondo la seguente equazione:

$$S = f_s \cdot f_h \cdot f_t \cdot [ \sigma'_{vo} \cdot B^{0.7} \cdot I_c / 3 + (q' - \sigma'_{vo}) \cdot B^{0.7} \cdot I_c ]$$

dove: S [mm] = cedimento

$q'$  [kPa] = pressione efficace lorda

$\sigma'_{vo}$  [kPa] = tensione verticale efficace agente alla quota di imposta della fondazione

B [m] = larghezza della fondazione

$I_c$  [-] = indice di compressibilità =  $1.706/N_{SPT}^{1.4}$

$f_s, f_h, f_t$  [-] = fattori correttivi che tengono conto rispettivamente della forma, dello spessore dello strato compressibile e della componente viscosa dei cedimenti

Tenuto conto della variabilità delle caratteristiche di addensamento dei terreni evidenziata dalle indagini eseguite e della presenza di lenti di sabbie fini sciolte per la determinazione dei cedimenti sotto carico degli elementi fondazionali si è ritenuto significativo un valore di  $N_{SPT}$  medio pari a 20 colpi/piede, media cautelativa dei valori registrati nelle prove per uno spessore significativo al di sotto del piano di posa delle fondazioni.

I valori di cedimento massimo, calcolati per carichi di esercizio pari alla capacità portante ammissibile precedentemente determinata, risultano compresi tra 4 e 10 mm per plinti quadrati di lato compreso tra 0.8 e 1.8 m, e tra 4 e 12 mm per travi rovesce di lato compreso tra 0.6 e 1.6 m (cfr. **Allegato 6**); conseguentemente, essendo i massimi valori di cedimento calcolati inferiori al limite di 20 mm oltre il quale possono manifestarsi lesioni nelle strutture in elevazione, i valori di carico di esercizio massimo da adottare nella progettazione esecutiva degli elementi fondazionali potranno assumere valori pari alla capacità portante ammissibile precedentemente determinata; una sintesi completa dei carichi di esercizio massimi da adottare per le diverse tipologie fondazionali esaminate e dei relativi cedimenti è riportato nell'**Allegato 7**.

Si sottolinea infine che i valori di cedimento calcolati non tengono conto di eventuali fenomeni di rammollimento dei terreni connessi alle operazioni di scavo e che conseguentemente si potrebbero avere, in caso di non accurata conduzione delle operazioni di cantiere, valori di cedimento totale e differenziale sensibilmente più elevati.

A tale proposito, in considerazione della presenza di una abbondante matrice fine limoso-sabbiosa, sensibile alle variazioni di contenuto d'acqua, si rammenta l'importanza di mantenere tutti gli scavi di fondazione sempre perfettamente asciutti e si raccomanda l'impiego di uno strato di geocomposito con funzione di separazione e drenaggio interposto tra il terreno naturale ed uno strato di cls magro di sottofondazione di adeguato spessore, atto ad evitare eccessivi rammollimenti del terreno di fondazione causati dall'acqua dei getti di calcestruzzo delle fondazioni.

## 6. CONCLUSIONI

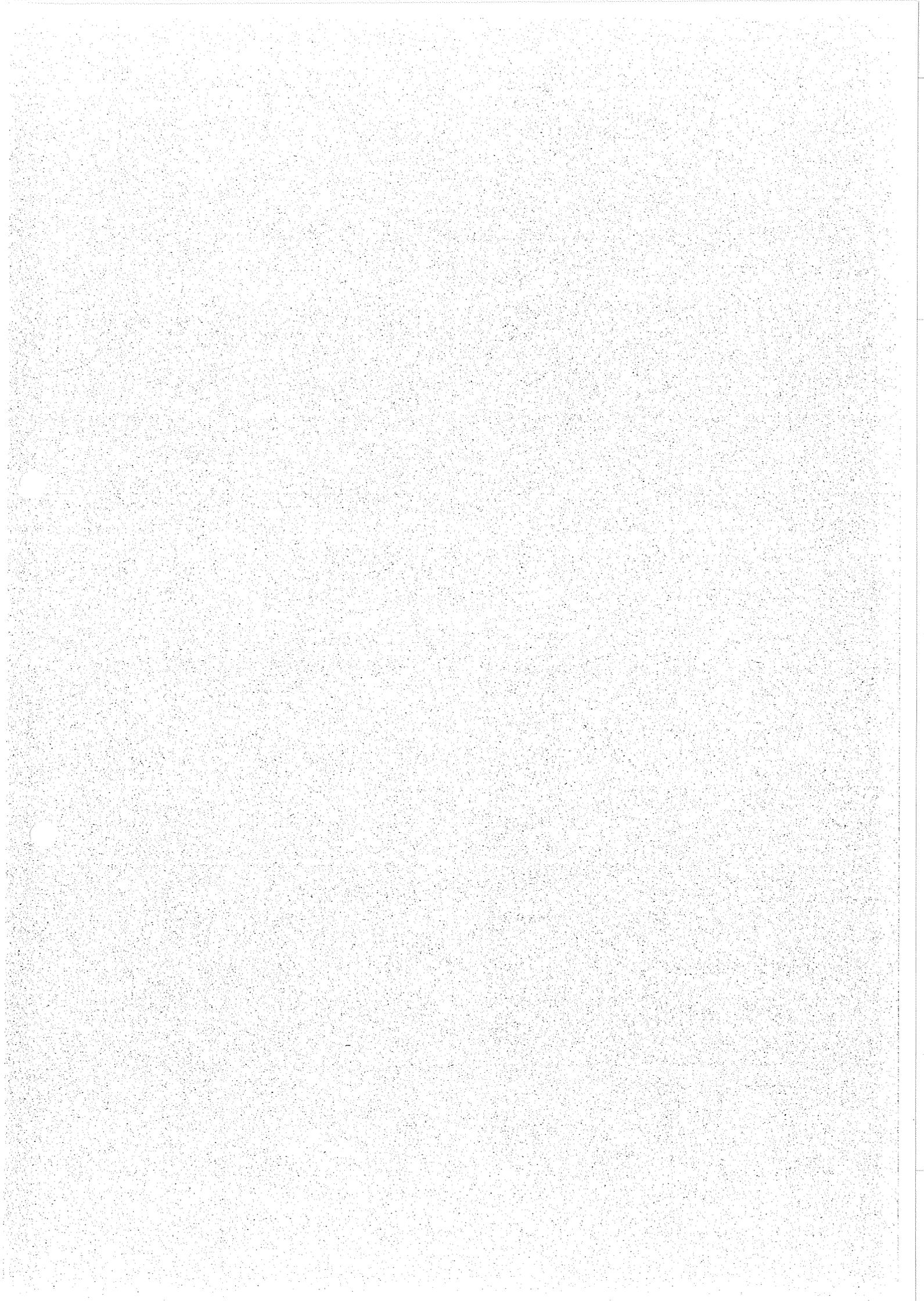
Sulla base di tutto quanto esposto ai capitoli precedenti della presente relazione si possono trarre le seguenti considerazioni di carattere conclusivo:

- Il progetto all'esame prevede la realizzazione di tre edifici disposti ad L aventi forma grossomodo rettangolare, con dimensioni dei lati maggiore e minore rispettivamente pari a 25 e 10 m. Tutti i corpi di fabbrica, a due piani fuor terra, avranno un piano interrato esteso su tutta l'impronta degli edifici in elevazione. È inoltre prevista la realizzazione di un complesso di box interrati, avente forma in pianta a T che occuperà lo spazio tra i tre edifici per una superficie complessiva di circa 1800 m<sup>2</sup>. Conseguentemente il progetto prevede una quota di appoggio fondazioni a -3.00 m da p.c. .
- L'area su cui insiste l'intervento in progetto risulta caratterizzata da depositi di origine fluvioglaciale, riferibili cronologicamente al Pleistocene medio.
- Sull'area allo studio è stata condotta una campagna di indagini geognostiche con esecuzione di n° 6 prove penetrometriche dinamiche continue (cfr. **Allegato 1**), i cui risultati, riportati negli **Allegati 2, 3 e 4**, hanno evidenziato la presenza, al di sotto di un livello di terreno di coltura (non caratterizzato dal punto di vista geotecnico), di un livello di terreni sabbioso-ghiaiosi mediamente addensati, con locali livelli molto addensati o debolmente cementati e lenti di sabbie fini sciolte, passante in profondità a terreni prevalentemente sabbioso-ghiaiosi, aventi un grado di addensamento medio. Ciascuno dei due corpi ghiaiosi individuato è ricoperto da una coltre di prodotti di alterazione dello spessore di alcuni metri, costituita da terreni sabbiosi fini con ghiaie immersi in abbondante matrice limosa.
- Durante l'esecuzione delle prove non si è incontrata la superficie piezometrica, almeno sino alle profondità investigate.
- Sulla base delle resistenze penetrometriche registrate, impiegando correlazioni largamente diffuse e ben verificate sperimentalmente, si è definito il modello geotecnico dei terreni di fondazione riportato al capitolo 3 della presente relazione.
- Tenuto conto della profondità di posa delle fondazioni prevista in progetto a - 3.0 m da p.c. e della variabilità delle caratteristiche geotecniche dei terreni individuata dalle

indagini eseguite, per lo sviluppo delle verifiche di capacità portante si sono adottati i parametri mediati cautelativamente riportati al capitolo 4 della presente relazione.

- Considerando fondazioni dirette con piano di posa a - 3.0 m da p.c. e ipotizzando a favore di sicurezza un rinterro minimo delle fondazioni  $D$  pari a 0.5 m la capacità portante ammissibile per carichi verticali e baricentrici risulta compresa tra 157 e 188 kPa per plinti quadrati di lato compreso tra 0.8 e 1.8 m con piano di posa a - 3.0 m da p.c. e tra 126 e 177 kPa per travi rovesce di lato compreso tra 0.6 e 1.6 m con piano di posa alla medesima profondità (cfr. **Allegato 5**).
- I cedimenti degli elementi fondazionali, verificati per un massimo carico di esercizio agente corrispondente alla capacità portante ammissibile, risultano in ogni caso inferiori a 12 mm (cfr. **Allegato 6**). Conseguentemente si potranno adottare valori di carico di esercizio pari ai valori di capacità portante ammissibile sopra riportati, riassunti graficamente insieme ai relativi valori di cedimento nell'**Allegato 7**. Si sottolinea che i valori di cedimento calcolati, non tengono conto di eventuali fenomeni di rammollimento dei terreni connessi alle operazioni di scavo e che conseguentemente si potrebbero avere, in caso di non accurata conduzione delle operazioni di cantiere, valori di cedimento totale e differenziale sensibilmente più elevati.
- In considerazione della presenza di una abbondante matrice fine limoso-sabbiosa, sensibile alle variazioni di contenuto d'acqua, si rammenta l'importanza di mantenere tutti gli scavi di fondazione sempre perfettamente asciutti e si raccomanda l'impiego di uno strato di geocomposito con funzione di separazione e drenaggio interposto tra il terreno naturale ed uno strato di cls magro di sottofondazione di adeguato spessore, atto ad evitare eccessivi rammollimenti del terreno di fondazione causati dall'acqua dei getti di calcestruzzo delle fondazioni.





**ALLEGATI**

**ALLEGATO 1**

**PLANIMETRIA ED UBICAZIONE DELLE INDAGINI**

**ALLEGATO 2**

**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE**

**- RISULTATI -**



LEGENDA

Scala 1:250

▼ P 1

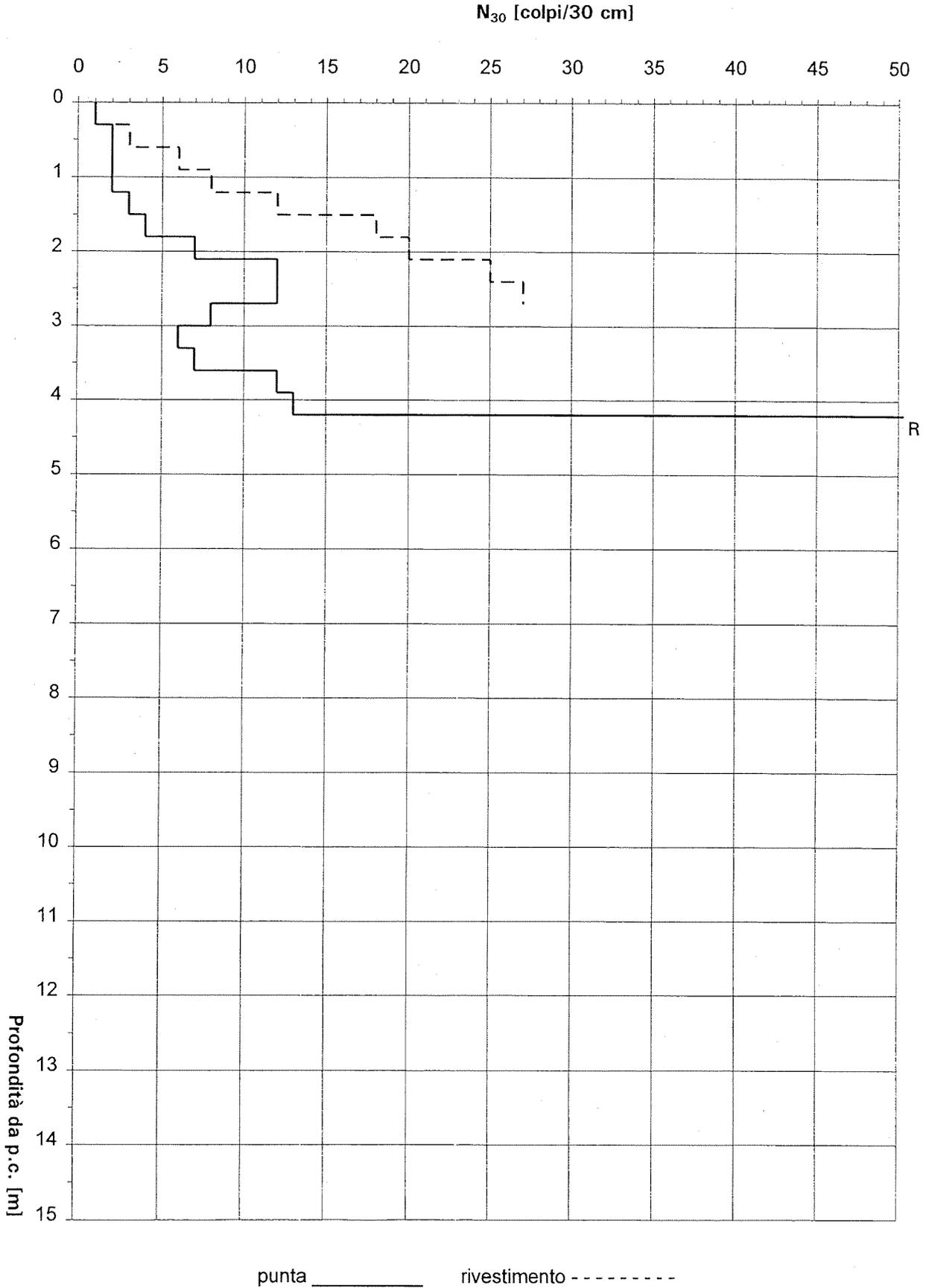
prova penetrometrica dinamica continua

MARCIAPIEDE

PARCHEGGIO

# Prova penetrometrica dinamica P 1

**Committente** Immobiliare La Francesca      **Località** Robbiate (LC)  
**Commessa** Complesso residenziale "San Francesco"      **Data** 23.01.98

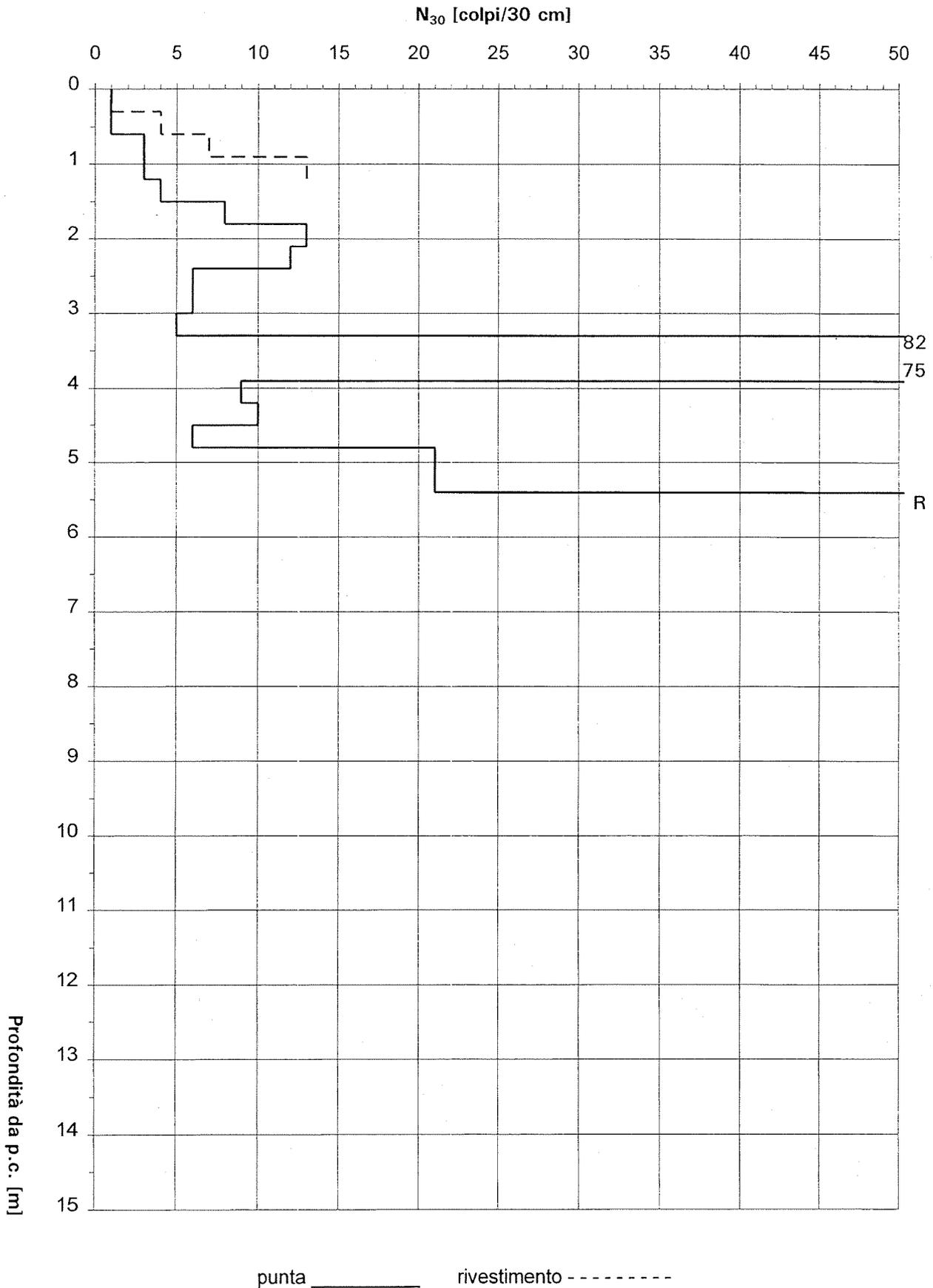


## Prova penetrometrica dinamica P 2

**Committente**  
**Commessa**

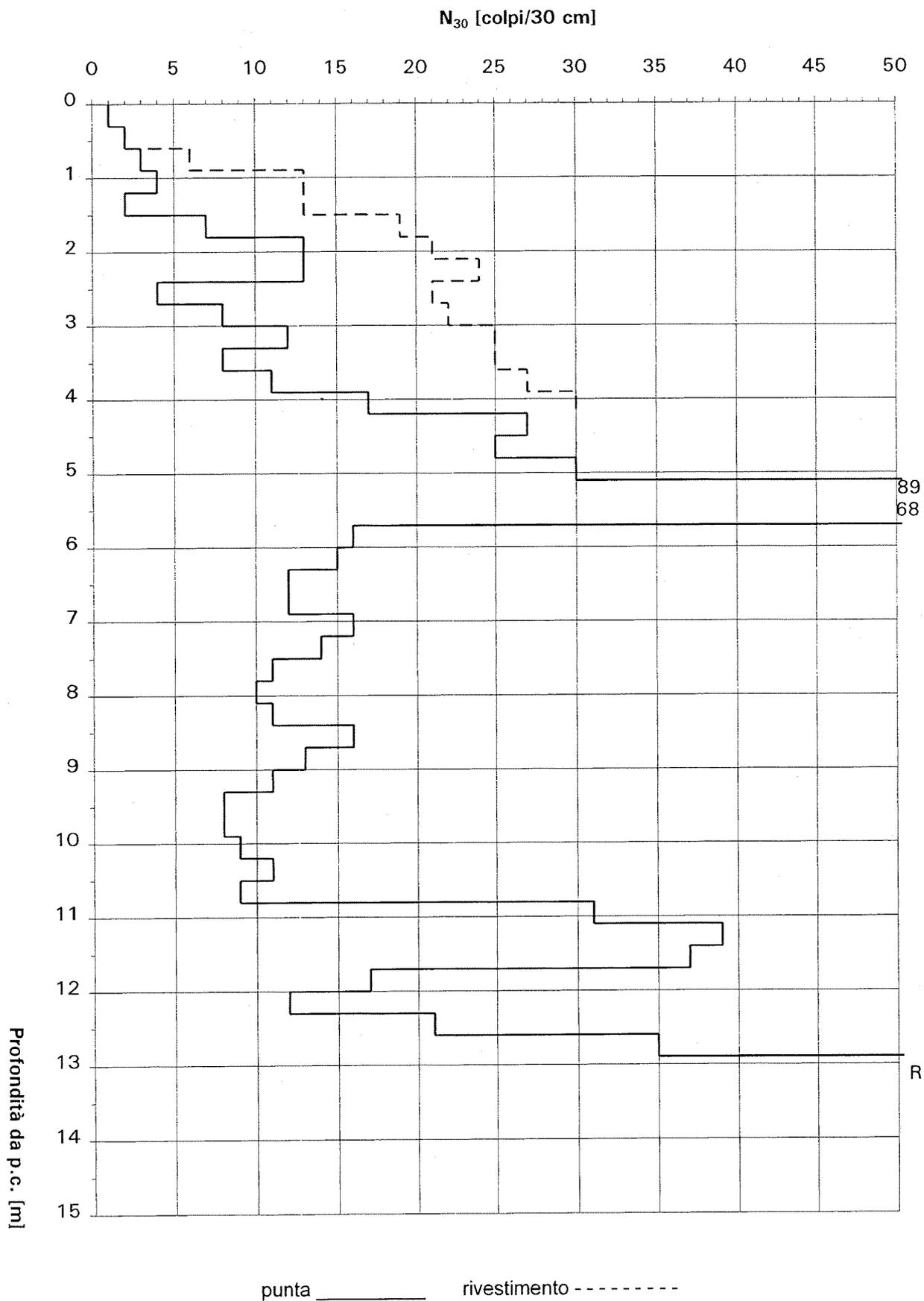
Immobiliare La Francesca  
Complesso residenziale "San Francesco"

**Località** Robbiate (LC)  
**Data** 23.01.98



## Prova penetrometrica dinamica P 3

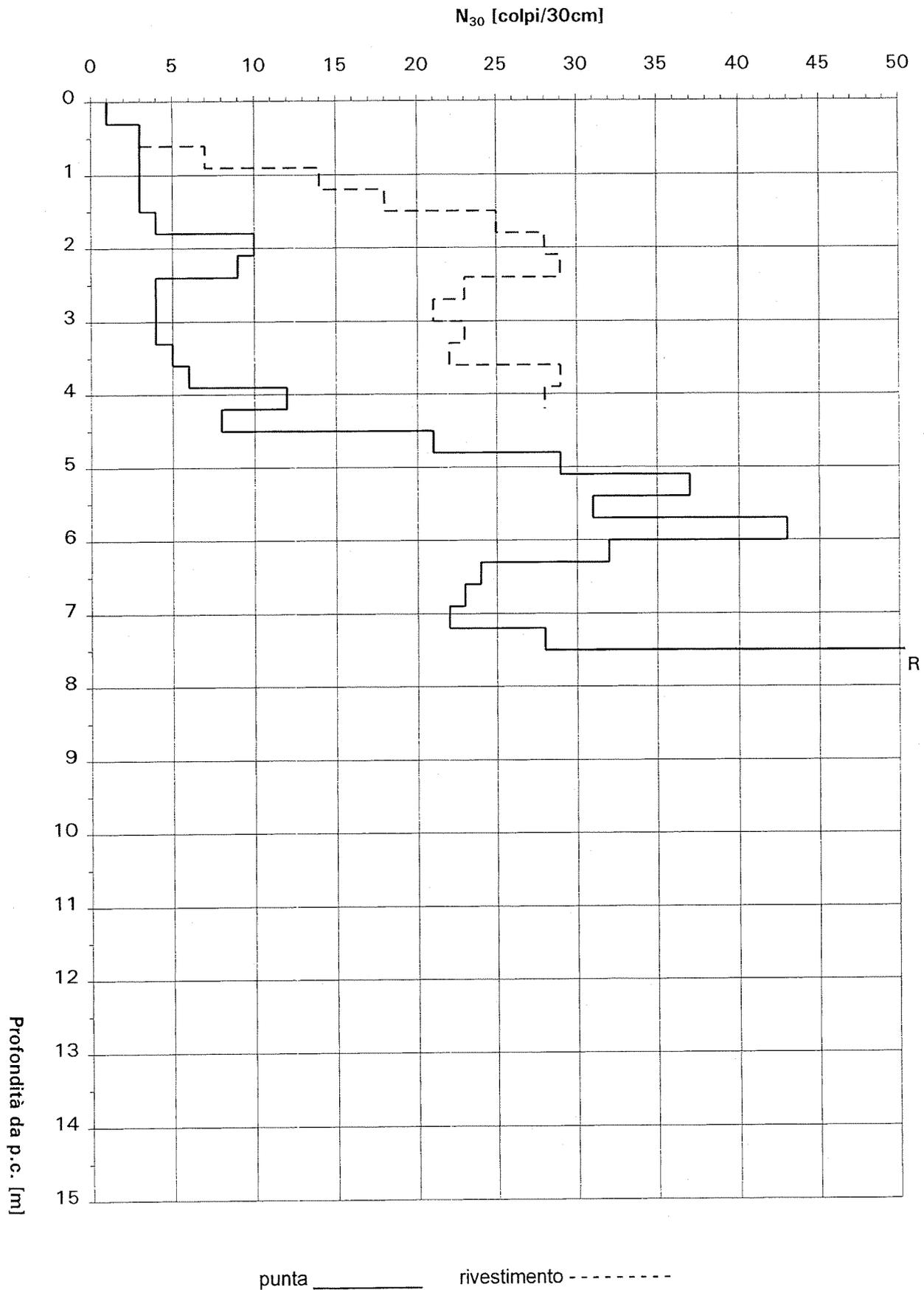
**Committente** Immobiliare La Francesca      **Località** Robbiate (LC)  
**Commessa** Complesso residenziale "San Francesco"      **Data** 23.01.98



# Prova penetrometrica dinamica P 4

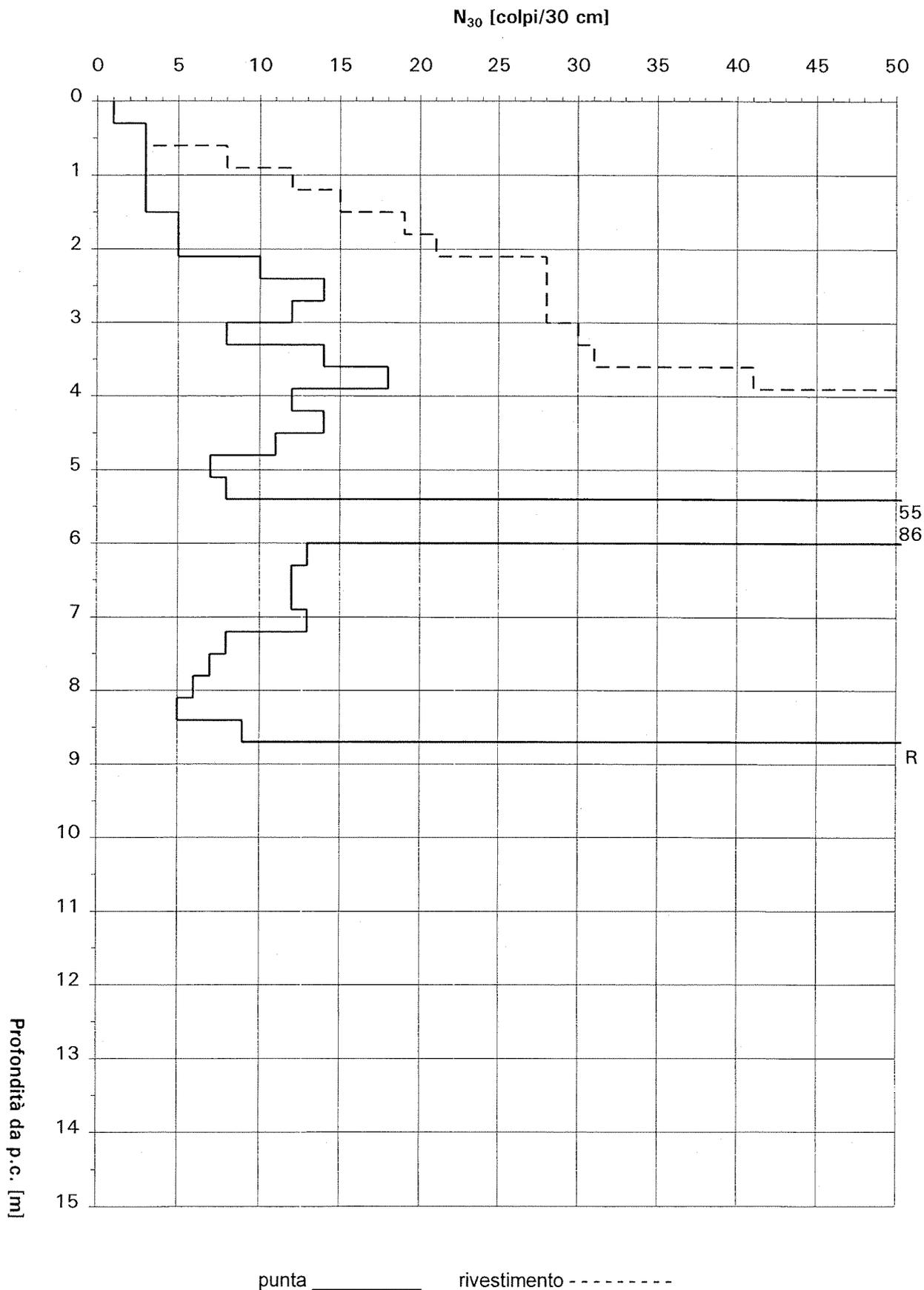
**Committente** Immobiliare La Francesca  
**Commessa** Complesso residenziale "San Francesco"

**Località** Robbiate (LC)  
**Data** 23.01.98



## Prova penetrometrica dinamica P 5

**Committente** Immobiliare La Francesca      **Località** Robbiate (LC)  
**Commessa** Complesso residenziale "San Francesco"      **Data** 23.01.98

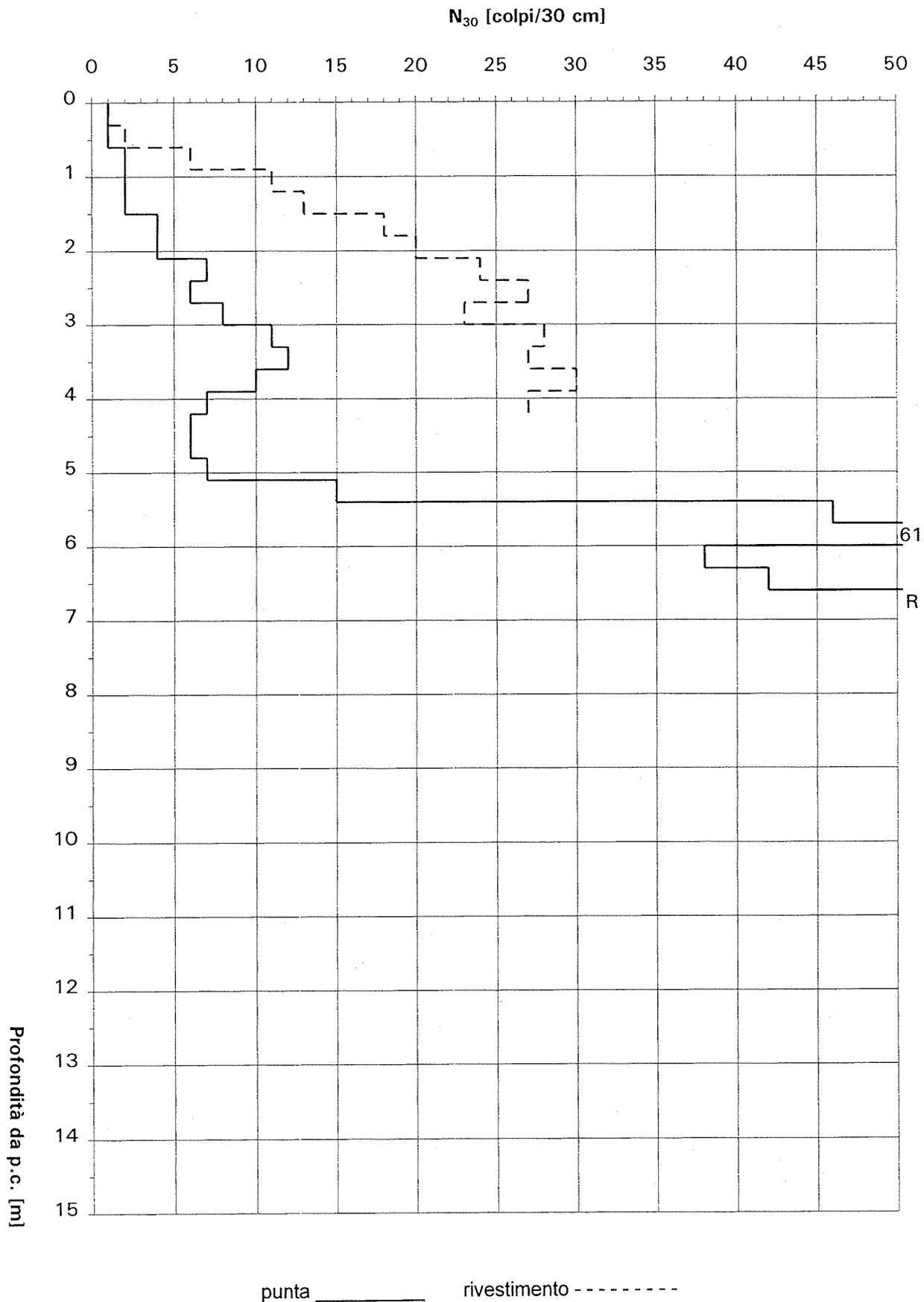


# Prova penetrometrica dinamica P 6

**Committente**  
**Commessa**

Immobiliare La Francesca  
Complesso residenziale "San Francesco"

**Località** Robbiate (LC)  
**Data** 23.01.98



**ALLEGATO 3**

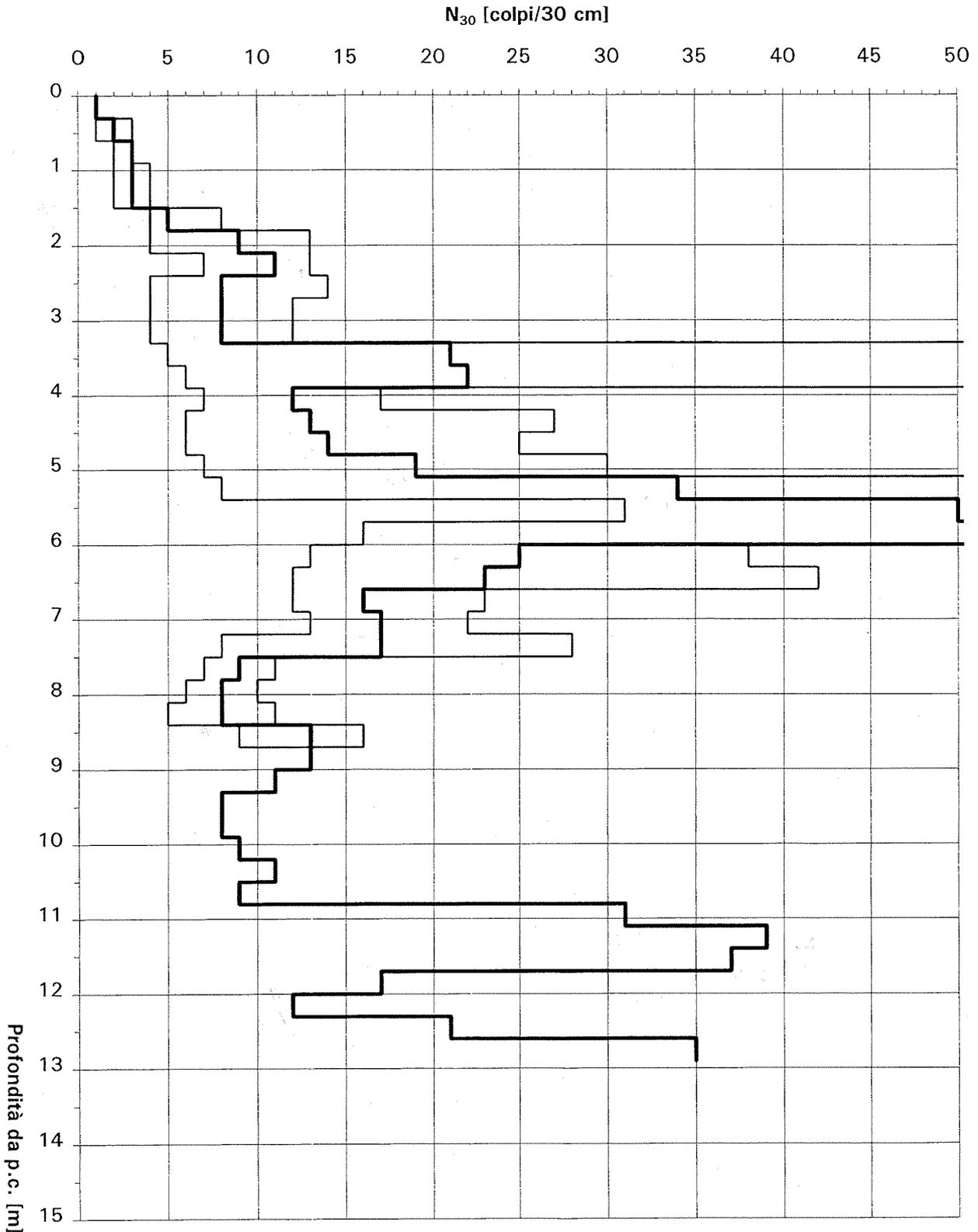
**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE**

**- INVILUPPO DELLE RESISTENZE -**

## Inviluppo delle resistenze penetrometriche

**Committente** Immobiliare La Francesca  
**Commessa** Complesso residenziale "San Francesco"

**Località** Robbiate (LC)  
**Data** 23.01.98



valore minimo \_\_\_\_\_ valore medio \_\_\_\_\_ valore massimo \_\_\_\_\_

**ALLEGATO 4**

**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE**

**- INTERPRETAZIONE GEOTECNICA -**

**INTERPRETAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**  
(valida unicamente per terreni normalconsolidati)

<b>Committente</b>	Immobiliare La Francesca
<b>Commessa</b>	Complesso residenziale "San Francesco"
<b>Località</b>	Robbiate (LC)
<b>Data</b>	23/01/98
<b>Prova</b>	P 1
<b>Prof. falda</b>	- [m]

**Caratteristiche del penetrometro**

Massa del maglio	[kg]	73
Altezza di caduta	[m]	0,75
Massa testa di battuta	[kg]	0,70
Massa aste	[kg/m]	5,10
Lunghezza aste	[m]	1,50
Area della punta	[cm <sup>2</sup> ]	20
Penetrazione unitaria	[m]	0,30

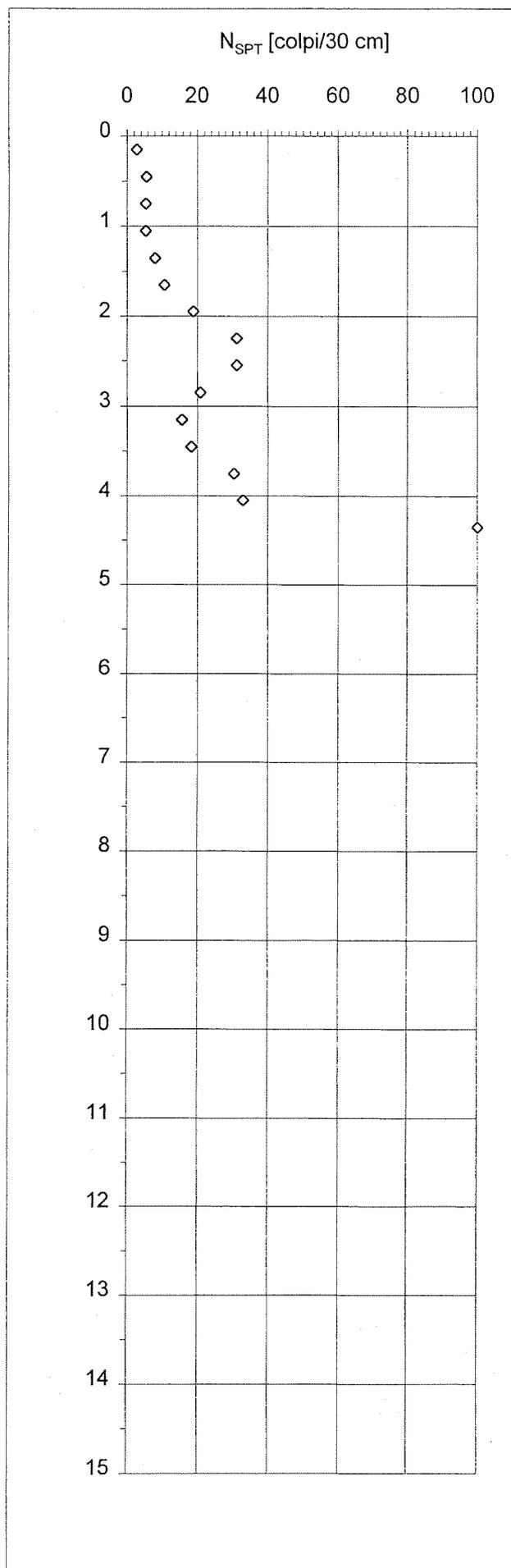
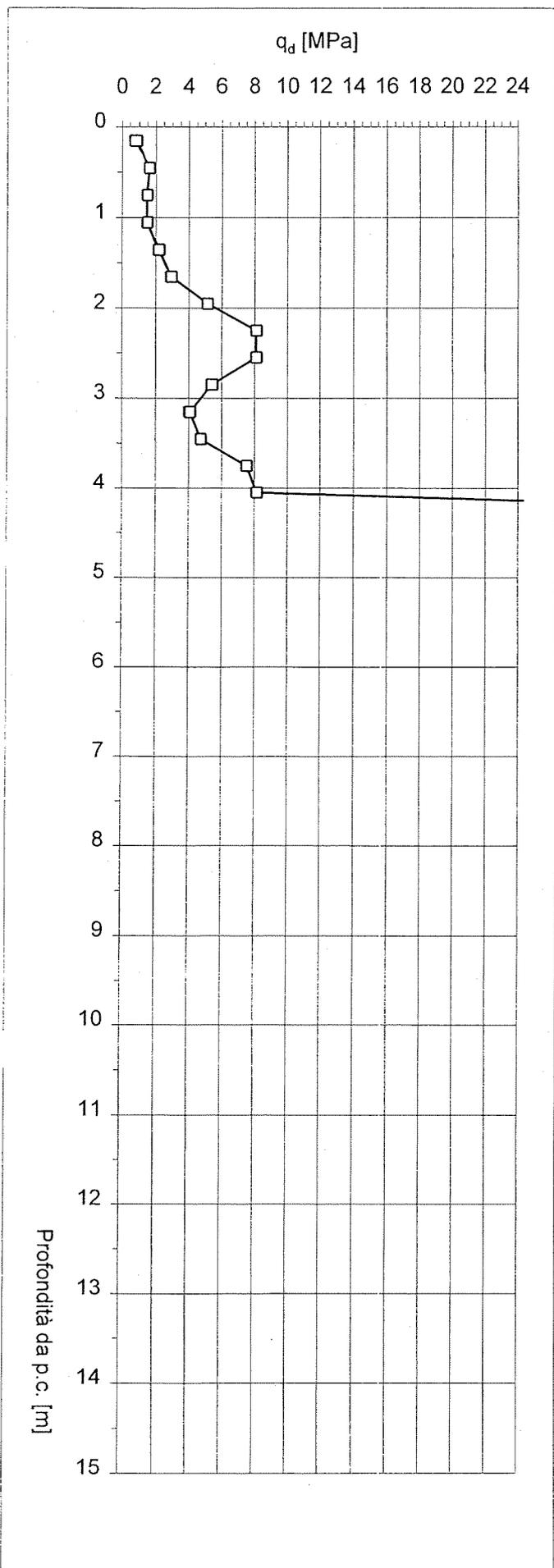
Prof. [m]	$\gamma_n$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_{vo}$ [kPa]	$\sigma'_{vo}$ [kPa]	$N_p$ [-]	$N_{SPT}$ [colpi/30 cm]	$q_d$ [MPa]	$q_{dn}$ [-]	Tipo terreno	$D_r$ [-]	$\phi'$ [°]	$c_u$ [kPa]
0,15	19,0	3	3	1	3	0,80	108	s-g	0,40	33	
0,45	19,0	9	9	2	6	1,61	97	s-g	0,43	34	
0,75	19,0	14	14	2	5	1,47	61	s	0,36	32	
1,05	19,0	20	20	2	5	1,47	48	s	0,33	32	
1,35	19,0	26	26	3	8	2,20	59	s	0,38	32	
1,65	19,0	31	31	4	11	2,94	68	s	0,42	33	
1,95	19,0	37	37	7	19	5,14	106	s-g	0,53	35	
2,25	19,0	43	43	12	31	8,11	151	s-g	0,64	37	
2,55	19,0	48	48	12	31	8,11	138	s-g	0,62	37	
2,85	19,0	54	54	8	21	5,41	85	s-g	0,49	35	
3,15	19,0	60	60	6	16	4,06	59	s	0,42	33	
3,45	19,0	66	66	7	18	4,73	64	s	0,44	33	
3,75	19,0	71	71	12	30	7,52	96	s-g	0,54	36	
4,05	19,0	77	77	13	33	8,14	99	s-g	0,56	36	
4,35	19,0	83	83	100	100	62,63	720	g-s	1,00	45	

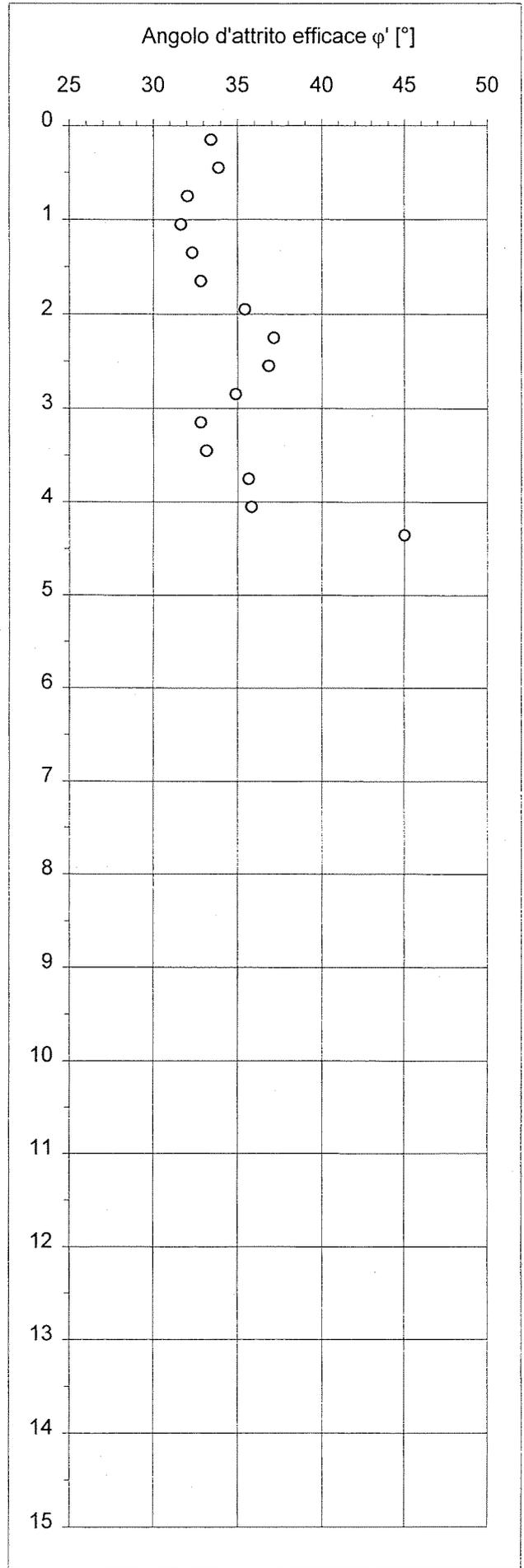
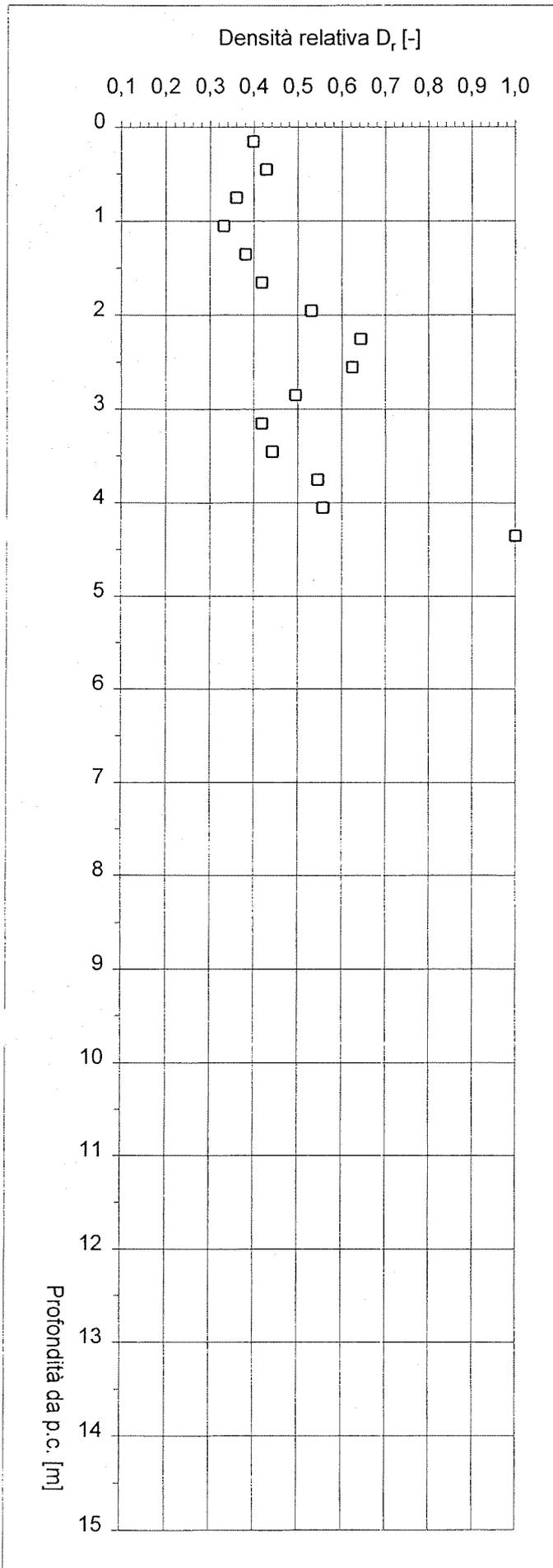
## LEGENDA

- $\gamma_n$  : peso di volume naturale del terreno
- $\sigma_{vo}$  : tensione verticale totale
- $\sigma'_{vo}$  : tensione verticale efficace
- $N_P$  : numero di colpi del penetrometro dinamico
- $N_{SPT}$  : numero di colpi equivalente della prova SPT
- $q_d$  : resistenza alla penetrazione dinamica [Cestari, 1990]
- $q_{dn}$  : resistenza alla penetrazione dinamica normalizzata
- $D_r$  : densità relativa [EPRI, 1990]
- $\phi'$  : angolo d'attrito efficace [Nav Fac, 1982]
- $c_u$  : coesione non drenata [Begemann, 1963]

### Tipo terreno :

g-s = ghiaie e sabbie  
s-g = sabbie e ghiaie  
s = sabbie  
s, sl = sabbie e sabbie limose  
sl, ls = sabbie limose, limi sabbiosi  
ls, la = limi sabbiosi, limi argillosi  
la, al = limi argillosi, argille limose  
a-t = argille - torbe





**INTERPRETAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**  
(valida unicamente per terreni normalconsolidati)

Committente	Immobiliare La Francesca
Commessa	Complesso residenziale "San Francesco"
Località	Robbiate (LC)
Data	23/01/98
Prova	P 2
Prof. falda	- [m]

Caratteristiche del penetrometro		
Massa del maglio	[kg]	73
Altezza di caduta	[m]	0,75
Massa testa di battuta	[kg]	0,70
Massa aste	[kg/m]	5,10
Lunghezza aste	[m]	1,50
Area della punta	[cm <sup>2</sup> ]	20
Penetrazione unitaria	[m]	0,30

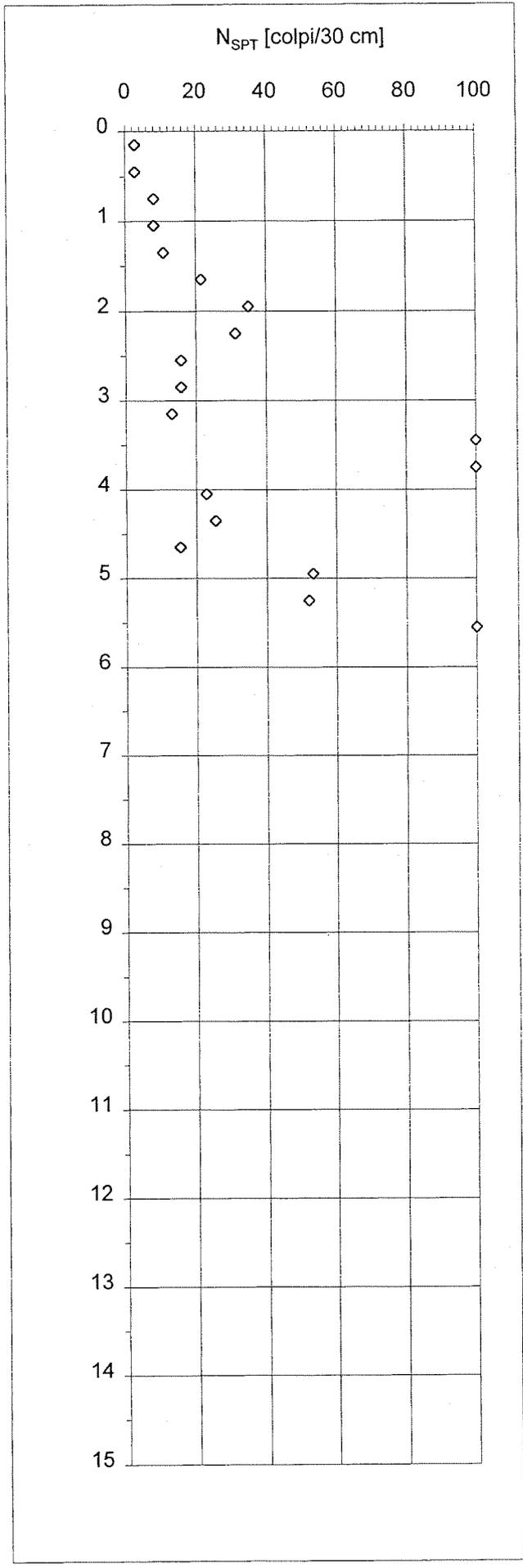
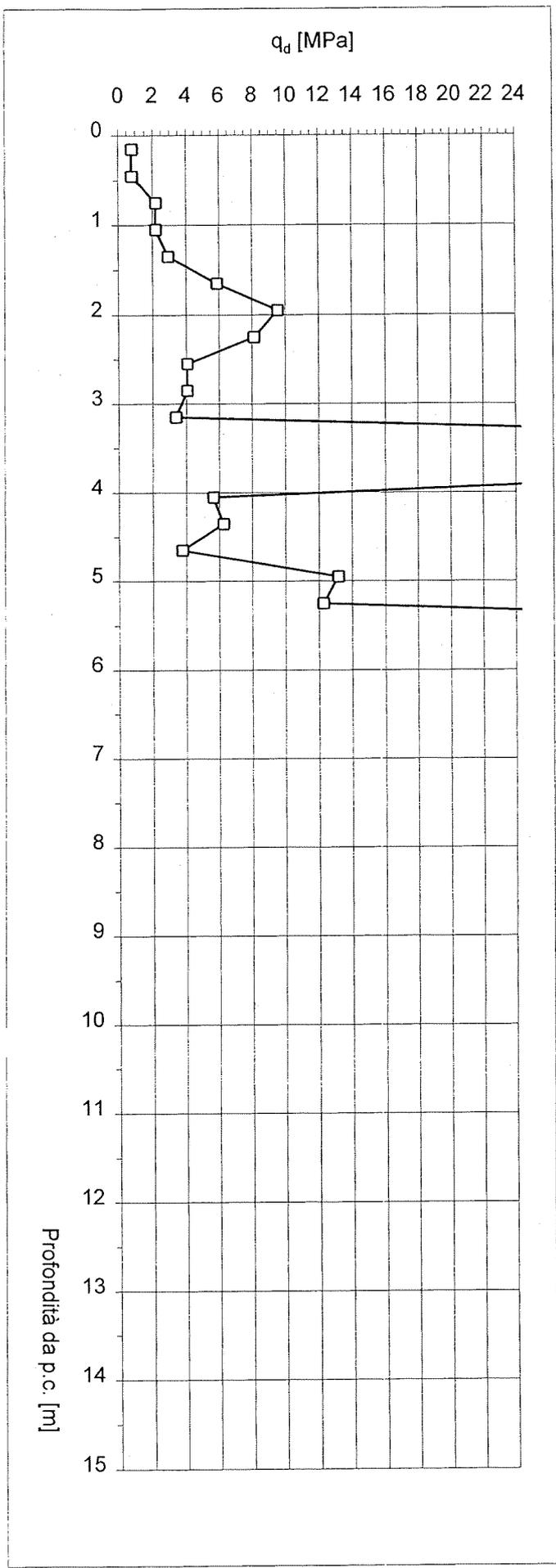
Prof. [m]	$\gamma_n$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_{vo}$ [kPa]	$\sigma'_{vo}$ [kPa]	$N_p$ [-]	$N_{SPT}$ [colpi/30 cm]	$q_d$ [MPa]	$q_{dn}$ [-]	Tipo terreno	$D_r$ [-]	$\phi'$ [°]	$c_u$ [kPa]
0,15	19,0	3	3	1	3	0,80	108	s-g	0,40	33	
0,45	19,0	9	9	1	3	0,80	48	s	0,30	31	
0,75	19,0	14	14	3	8	2,20	91	s-g	0,44	34	
1,05	19,0	20	20	3	8	2,20	71	s	0,41	33	
1,35	19,0	26	26	4	11	2,94	79	s	0,44	33	
1,65	19,0	31	31	8	21	5,87	137	s-g	0,59	36	
1,95	19,0	37	37	13	35	9,54	197	g-s	0,72	40	
2,25	19,0	43	43	12	31	8,11	151	s-g	0,64	37	
2,55	19,0	48	48	6	16	4,06	69	s	0,44	33	
2,85	19,0	54	54	6	16	4,06	63	s	0,43	33	
3,15	19,0	60	60	5	13	3,38	49	s	0,38	32	
3,45	19,0	66	66	82	100	55,42	754	g-s	1,00	45	
3,75	19,0	71	71	75	100	46,97	602	g-s	1,00	45	
4,05	19,0	77	77	9	23	5,64	68	s	0,46	33	
4,35	19,0	83	83	10	25	6,26	72	s	0,48	34	
4,65	19,0	88	88	6	15	3,76	41	s	0,37	32	
4,95	19,0	94	94	21	53	13,15	138	s-g	0,67	38	
5,25	19,0	100	100	21	52	12,25	123	s-g	0,64	37	
5,55	19,0	105	105	100	100	58,35	561	g-s	1,00	45	

## LEGENDA

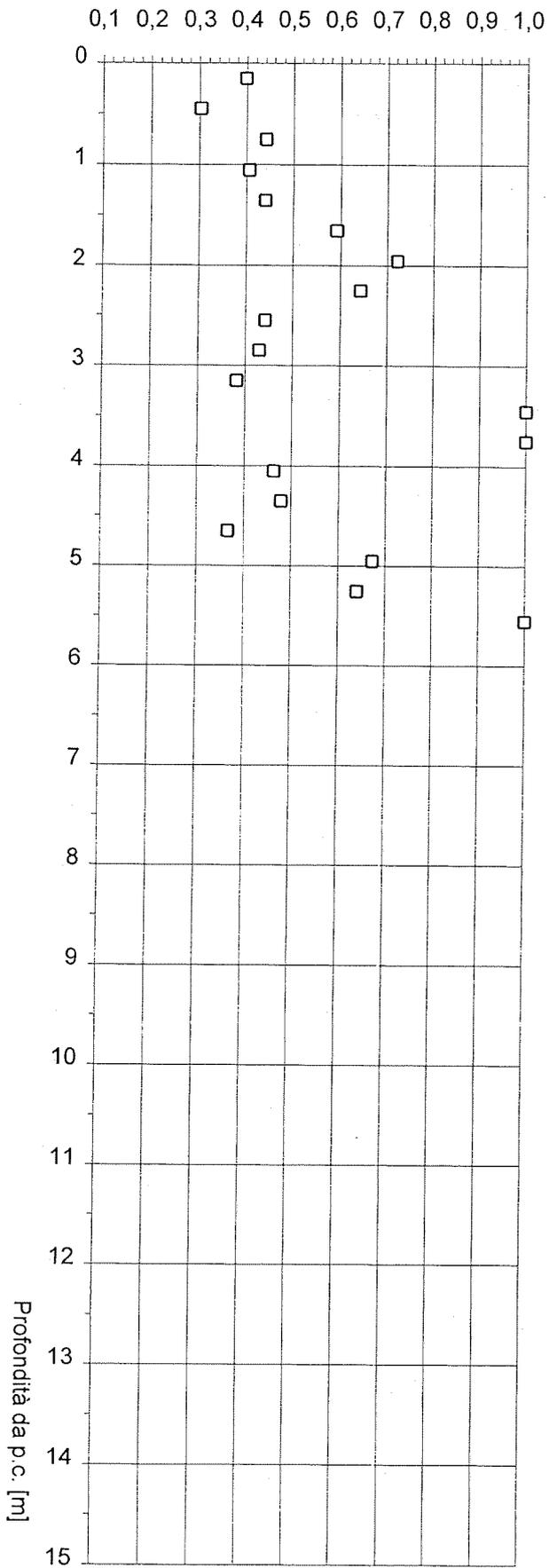
- $\gamma_n$  : peso di volume naturale del terreno
- $\sigma_{vo}$  : tensione verticale totale
- $\sigma'_{vo}$  : tensione verticale efficace
- $N_p$  : numero di colpi del penetrometro dinamico
- $N_{SPT}$  : numero di colpi equivalente della prova SPT
- $q_d$  : resistenza alla penetrazione dinamica [Cestari, 1990]
- $q_{dn}$  : resistenza alla penetrazione dinamica normalizzata
- $D_r$  : densità relativa [EPRI, 1990]
- $\phi'$  : angolo d'attrito efficace [Nav Fac, 1982]
- $c_u$  : coesione non drenata [Begemann, 1963]

### Tipo terreno :

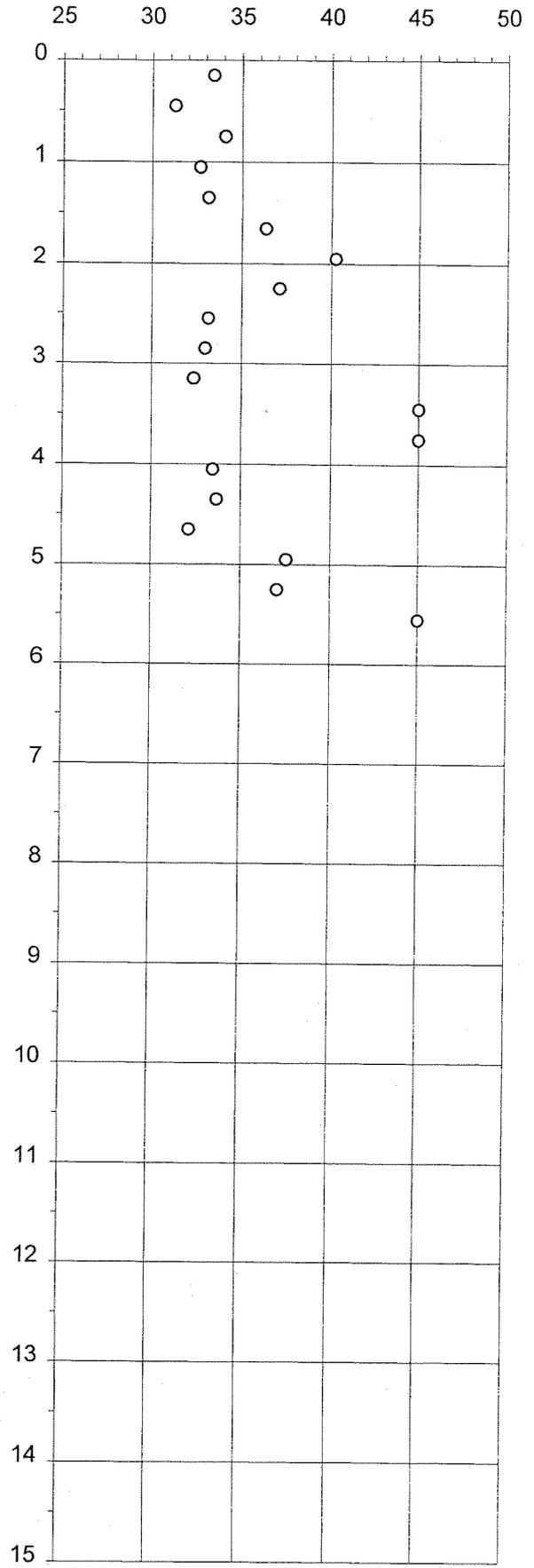
- g-s = ghiaie e sabbie
- s-g = sabbie e ghiaie
- s = sabbie
- s, sl = sabbie e sabbie limose
- sl, ls = sabbie limose, limi sabbiosi
- ls, la = limi sabbiosi, limi argillosi
- la, al = limi argillosi, argille limose
- a-t = argille - torbe



Densità relativa  $D_r$  [-]



Angolo d'attrito efficace  $\phi'$  [°]



# INTERPRETAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

(valida unicamente per terreni normalconsolidati)

Committente	Immobiliare La Francesca
Commessa	Complesso residenziale "San Francesco"
Località	Robbiate (LC)
Data	23/01/98
Prova	P 3
Prof. falda	[m]

Caratteristiche del penetrometro		
Massa del maglio	[kg]	73
Altezza di caduta	[m]	0,75
Massa testa di battuta	[kg]	0,70
Massa aste	[kg/m]	5,10
Lunghezza aste	[m]	1,50
Area della punta	[cm <sup>2</sup> ]	20
Penetrazione unitaria	[m]	0,30

Prof. [m]	$\gamma_n$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_{vo}$ [kPa]	$\sigma'_{vo}$ [kPa]	$N_p$ [-]	$N_{SPT}$ [colpi/30 cm]	$q_d$ [MPa]	$q_{dn}$ [-]	Tipo terreno	$D_r$ [-]	$\phi'$ [°]	$c_u$ [kPa]
0,15	19,0	3	3	1	3	0,80	108	s-g	0,40	33	
0,45	19,0	9	9	2	6	1,61	97	s-g	0,43	34	
0,75	19,0	14	14	3	8	2,20	91	s-g	0,44	34	
1,05	19,0	20	20	4	11	2,94	95	s-g	0,47	34	
1,35	19,0	26	26	2	5	1,47	40	s, sl	0,31	31	
1,65	19,0	31	31	7	19	5,14	120	s-g	0,55	36	
1,95	19,0	37	37	13	35	9,54	197	g-s	0,72	40	
2,25	19,0	43	43	13	34	8,79	163	s-g	0,67	38	
2,55	19,0	48	48	4	10	2,70	46	s	0,36	32	
2,85	19,0	54	54	8	21	5,41	85	s-g	0,49	35	
3,15	19,0	60	60	12	31	8,11	118	s-g	0,59	36	
3,45	19,0	66	66	8	21	5,41	74	s	0,47	34	
3,75	19,0	71	71	11	28	6,89	88	s-g	0,52	35	
4,05	19,0	77	77	17	43	10,65	129	s-g	0,64	37	
4,35	19,0	83	83	27	68	16,91	194	g-s	0,79	41	
4,65	19,0	88	88	25	63	15,66	171	s-g	0,75	39	
4,95	19,0	94	94	30	76	18,79	196	g-s	0,80	42	
5,25	19,0	100	100	89	100	51,93	520	g-s	1,00	45	
5,55	19,0	105	105	68	100	39,68	382	g-s	1,00	45	
5,85	19,0	111	111	16	40	9,34	86	s-g	0,54	36	
6,15	19,0	117	117	15	37	8,75	78	s	0,52	34	
6,45	19,0	123	123	12	30	7,00	60	s	0,46	33	
6,75	19,0	128	128	12	29	6,55	55	s	0,44	33	
7,05	19,0	134	134	16	39	8,74	71	s	0,50	34	
7,35	19,0	140	140	14	34	7,65	60	s	0,46	33	
7,65	19,0	145	145	11	27	6,01	46	s	0,41	33	
7,95	19,0	151	151	10	24	5,46	40	s	0,38	32	
8,25	19,0	157	157	11	26	5,65	41	s	0,39	32	
8,55	19,0	162	162	16	38	8,21	58	s	0,46	33	
8,85	19,0	168	168	13	31	6,67	46	s	0,41	33	
9,15	19,0	174	174	11	26	5,65	38	s, sl	0,38	32	
9,45	19,0	180	180	8	19	4,11	27	s, sl	0,32	31	
9,75	19,0	185	185	8	19	3,87	25	sl, ls	0,31	30	
10,05	19,0	191	191	9	21	4,36	27	s, sl	0,32	31	

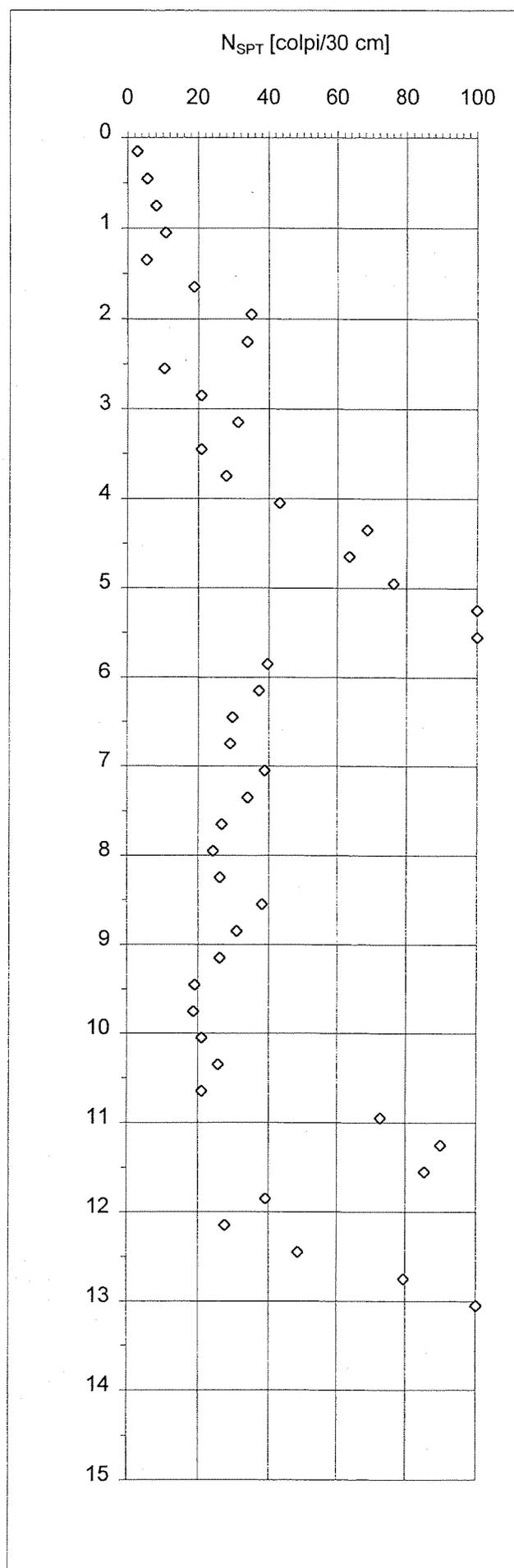
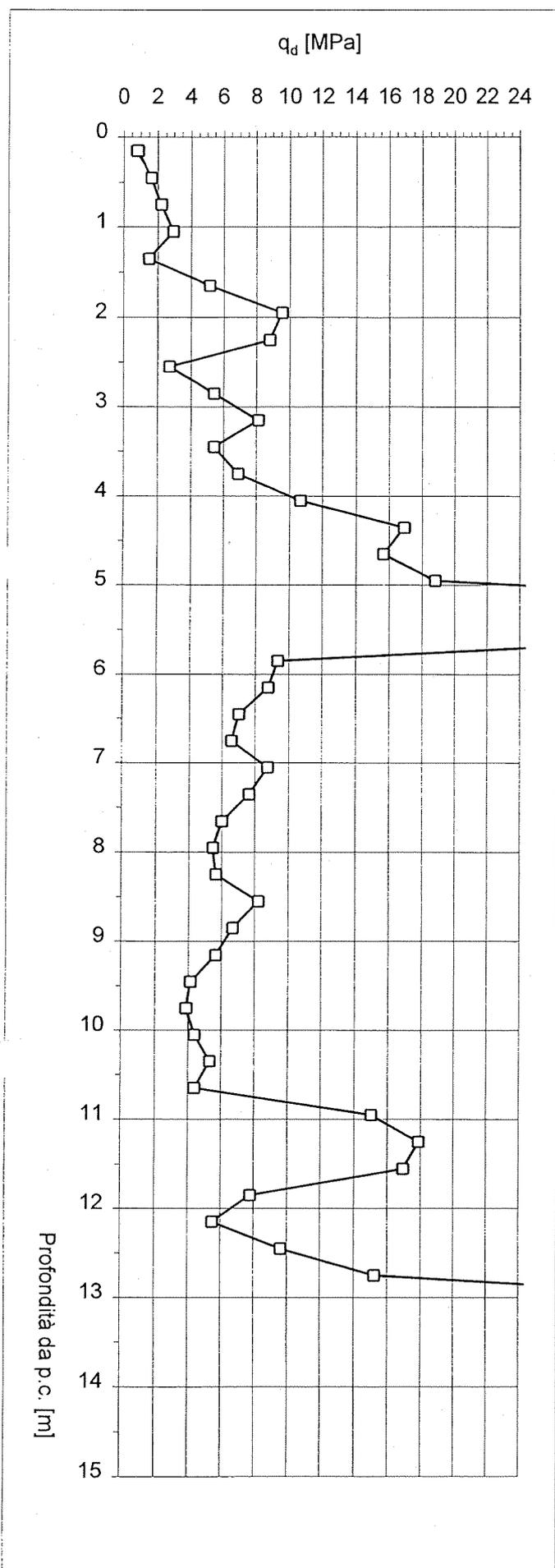
Prof. [m]	$\gamma_n$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_{vo}$ [kPa]	$\sigma'_{vo}$ [kPa]		$N_{SPT}$ [c/30 cm]	$q_d$ [MPa]	$q_{dn}$ [-]	Tipo terreno	$D_r$ [-]	$\phi'$ [°]	$c_u$ [kPa]
10,35	19,0	197	197	11	26	5,33	33	s, sl	0,36	31	
10,65	19,0	202	202	9	21	4,36	26	s, sl	0,32	31	
10,95	19,0	208	208	31	72	15,01	88	s-g	0,59	36	
11,25	19,0	214	214	39	90	17,87	103	s-g	0,64	37	
11,55	19,0	219	219	37	85	16,96	96	s-g	0,62	37	
11,85	19,0	225	225	17	39	7,79	43	s	0,42	33	
12,15	19,0	231	231	12	28	5,50	30	s, sl	0,35	31	
12,45	19,0	237	237	21	48	9,62	51	s	0,46	33	
12,75	19,0	242	242	35	79	15,22	80	s	0,57	35	
13,05	19,0	248	248	100	100	43,49	224	g-s	0,96	44	

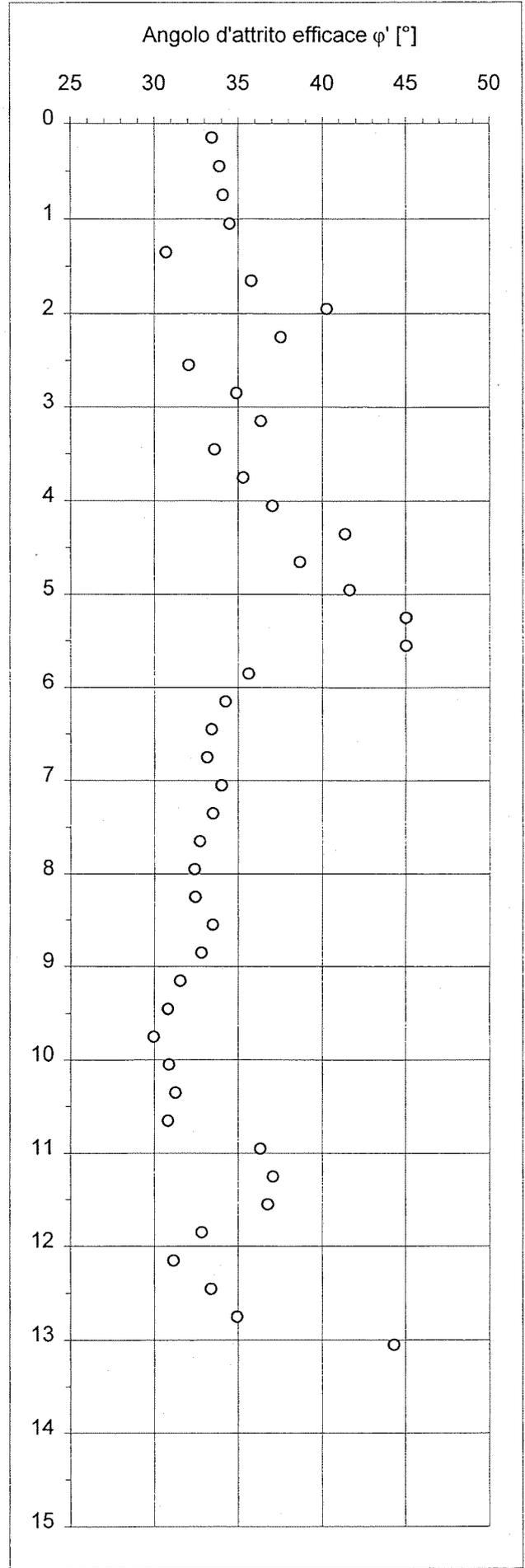
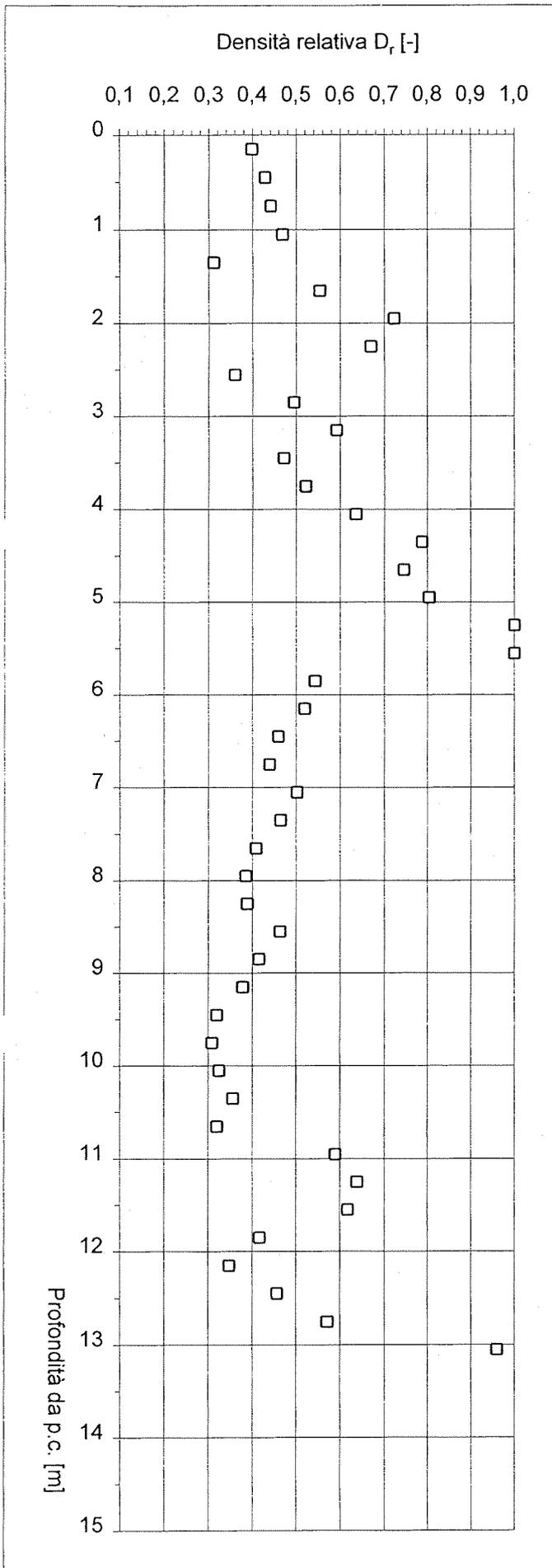
## LEGENDA

- $\gamma_n$  : peso di volume naturale del terreno
- $\sigma_{vo}$  : tensione verticale totale
- $\sigma'_{vo}$  : tensione verticale efficace
- $N_p$  : numero di colpi del penetrometro dinamico
- $N_{SPT}$  : numero di colpi equivalente della prova SPT
- $q_d$  : resistenza alla penetrazione dinamica [Cestari, 1990]
- $q_{dn}$  : resistenza alla penetrazione dinamica normalizzata
- $D_r$  : densità relativa [EPRI, 1990]
- $\phi'$  : angolo d'attrito efficace [Nav Fac, 1982]
- $c_u$  : coesione non drenata [Begemann, 1963]

### Tipo terreno :

g-s = ghiaie e sabbie  
s-g = sabbie e ghiaie  
s = sabbie  
s, sl = sabbie e sabbie limose  
sl, ls = sabbie limose, limi sabbiosi  
ls, la = limi sabbiosi, limi argillosi  
la, al = limi argillosi, argille limose  
a-t = argille - torbe





**INTERPRETAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**  
(valida unicamente per terreni normalconsolidati)

Committente	Immobiliare La Francesca
Commessa	Complesso residenziale "San Francesco"
Località	Robbiate (LC)
Data	23/01/98
Prova	P 4
Prof. falda	- [m]

Caratteristiche del penetrometro		
Massa del maglio	[kg]	73
Altezza di caduta	[m]	0,75
Massa testa di battuta	[kg]	0,70
Massa aste	[kg/m]	5,10
Lunghezza aste	[m]	1,50
Area della punta	[cm <sup>2</sup> ]	20
Penetrazione unitaria	[m]	0,30

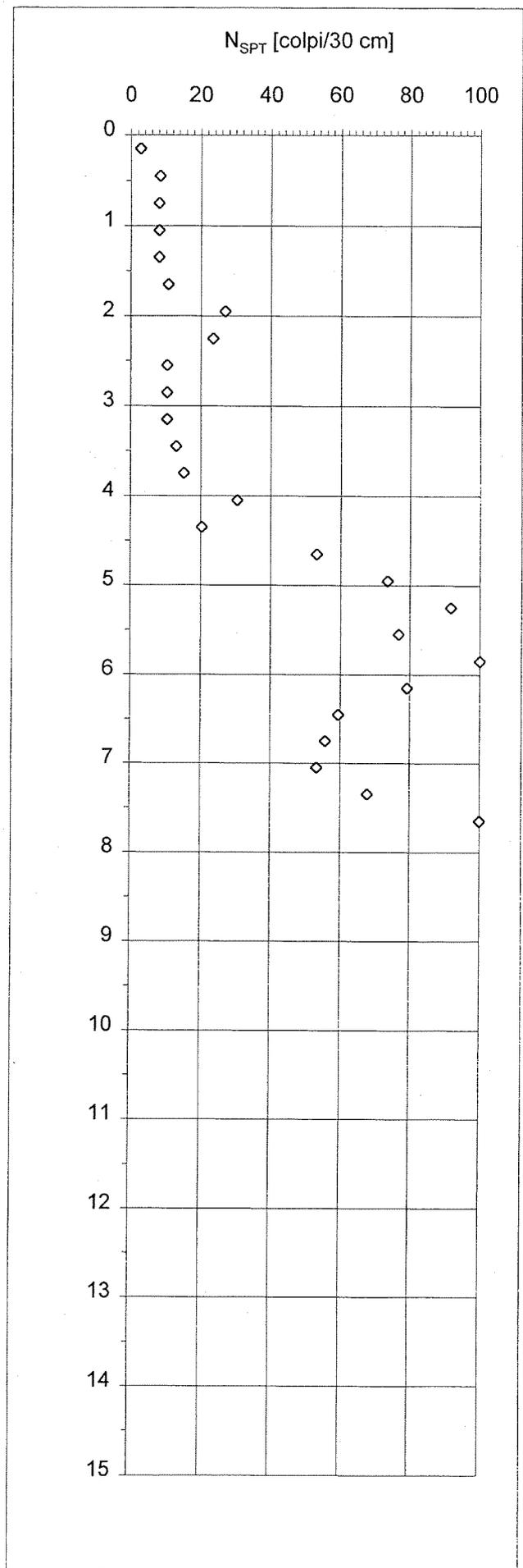
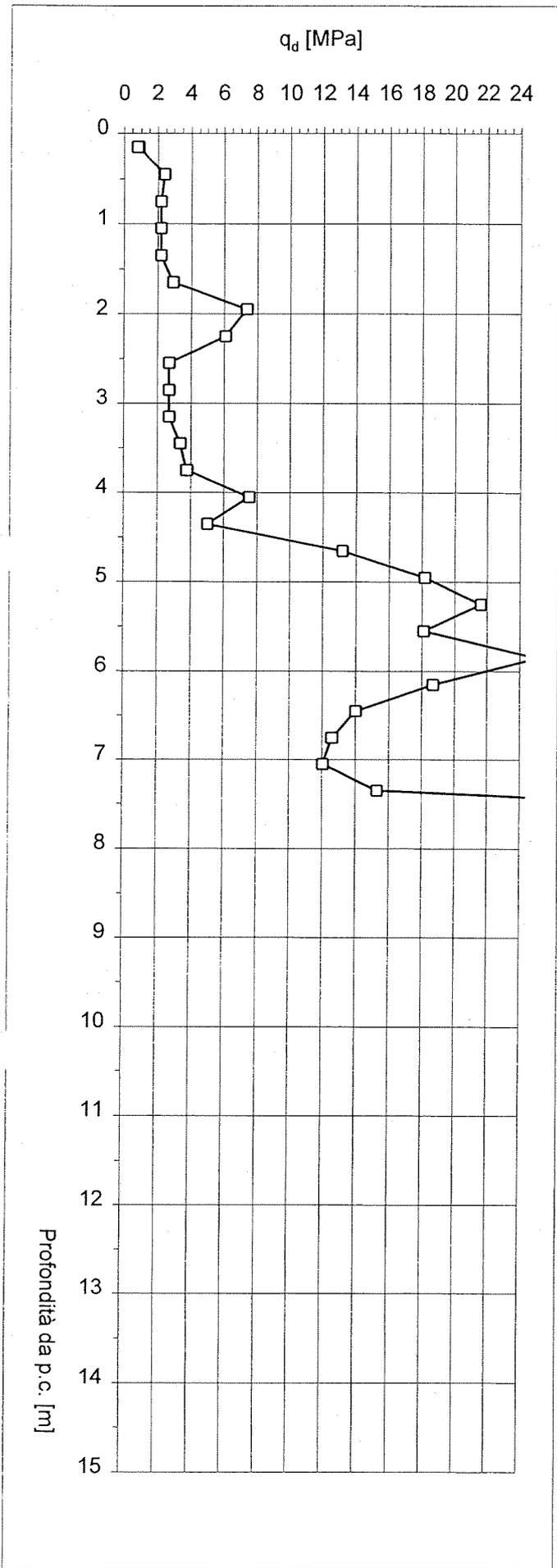
Prof. [m]	$\gamma_n$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_{vo}$ [kPa]	$\sigma'_{vo}$ [kPa]	$N_p$ [-]	$N_{SPT}$ [colpi/30 cm]	$q_d$ [MPa]	$q_{dn}$ [-]	Tipo terreno	$D_r$ [-]	$\phi'$ [°]	$c_u$ [kPa]
0,15	19,0	3	3	1	3	0,80	108	s-g	0,40	33	
0,45	19,0	9	9	3	8	2,41	145	s-g	0,52	35	
0,75	19,0	14	14	3	8	2,20	91	s-g	0,44	34	
1,05	19,0	20	20	3	8	2,20	71	s	0,41	33	
1,35	19,0	26	26	3	8	2,20	59	s	0,38	32	
1,65	19,0	31	31	4	11	2,94	68	s	0,42	33	
1,95	19,0	37	37	10	27	7,34	152	s-g	0,63	37	
2,25	19,0	43	43	9	23	6,08	113	s-g	0,56	36	
2,55	19,0	48	48	4	10	2,70	46	s	0,36	32	
2,85	19,0	54	54	4	10	2,70	42	s	0,35	32	
3,15	19,0	60	60	4	10	2,70	39	s, sl	0,34	31	
3,45	19,0	66	66	5	13	3,38	46	s	0,37	32	
3,75	19,0	71	71	6	15	3,76	48	s	0,39	32	
4,05	19,0	77	77	12	30	7,52	91	s-g	0,53	35	
4,35	19,0	83	83	8	20	5,01	58	s	0,43	33	
4,65	19,0	88	88	21	53	13,15	144	s-g	0,68	38	
4,95	19,0	94	94	29	73	18,16	190	g-s	0,79	41	
5,25	19,0	100	100	37	92	21,59	216	g-s	0,85	42	
5,55	19,0	105	105	31	77	18,09	174	s-g	0,77	39	
5,85	19,0	111	111	43	100	25,09	232	g-s	0,89	43	
6,15	19,0	117	117	32	79	18,67	167	s-g	0,76	39	
6,45	19,0	123	123	24	59	14,00	121	s-g	0,65	37	
6,75	19,0	128	128	23	56	12,56	105	s-g	0,61	37	
7,05	19,0	134	134	22	53	12,02	97	s-g	0,59	36	
7,35	19,0	140	140	28	68	15,29	120	s-g	0,66	37	
7,65	19,0	145	145	100	100	54,62	416	g-s	1,00	45	

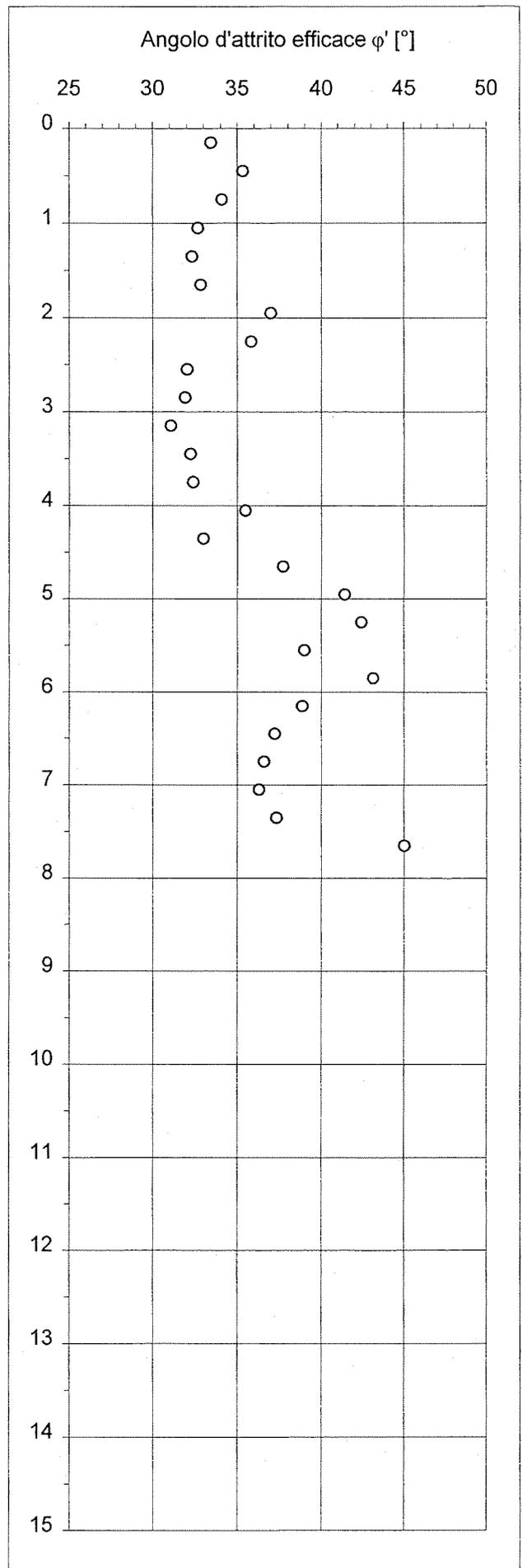
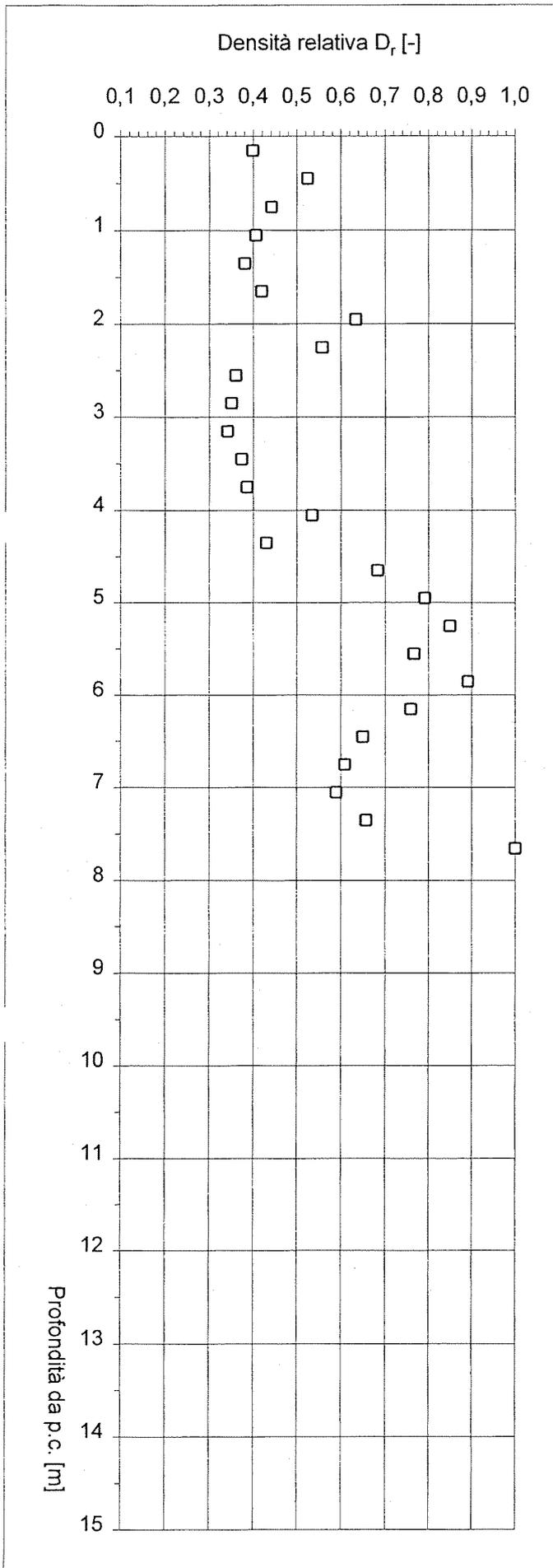
## LEGENDA

- $\gamma_n$  : peso di volume naturale del terreno
- $\sigma_{vo}$  : tensione verticale totale
- $\sigma'_{vo}$  : tensione verticale efficace
- $N_p$  : numero di colpi del penetrometro dinamico
- $N_{SPT}$  : numero di colpi equivalente della prova SPT
- $q_d$  : resistenza alla penetrazione dinamica [Cestari, 1990]
- $q_{dn}$  : resistenza alla penetrazione dinamica normalizzata
- $D_r$  : densità relativa [EPRI, 1990]
- $\phi'$  : angolo d'attrito efficace [Nav Fac, 1982]
- $c_u$  : coesione non drenata [Begemann, 1963]

### Tipo terreno :

- g-s = ghiaie e sabbie
- s-g = sabbie e ghiaie
- s = sabbie
- s, sl = sabbie e sabbie limose
- sl, ls = sabbie limose, limi sabbiosi
- ls, la = limi sabbiosi, limi argillosi
- la, al = limi argillosi, argille limose
- a-t = argille - torbe





**INTERPRETAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**  
(valida unicamente per terreni normalconsolidati)

<b>Committente</b>	Immobiliare La Francesca
<b>Commessa</b>	Complesso residenziale "San Francesco"
<b>Località</b>	Robbiate (LC)
<b>Data</b>	23/01/98
<b>Prova</b>	P.5
<b>Prof. falda</b>	- [m]

Caratteristiche del penetrometro		
Massa del maglio	[kg]	73
Altezza di caduta	[m]	0,75
Massa testa di battuta	[kg]	0,70
Massa aste	[kg/m]	5,10
Lunghezza aste	[m]	1,50
Area della punta	[cm <sup>2</sup> ]	20
Penetrazione unitaria	[m]	0,30

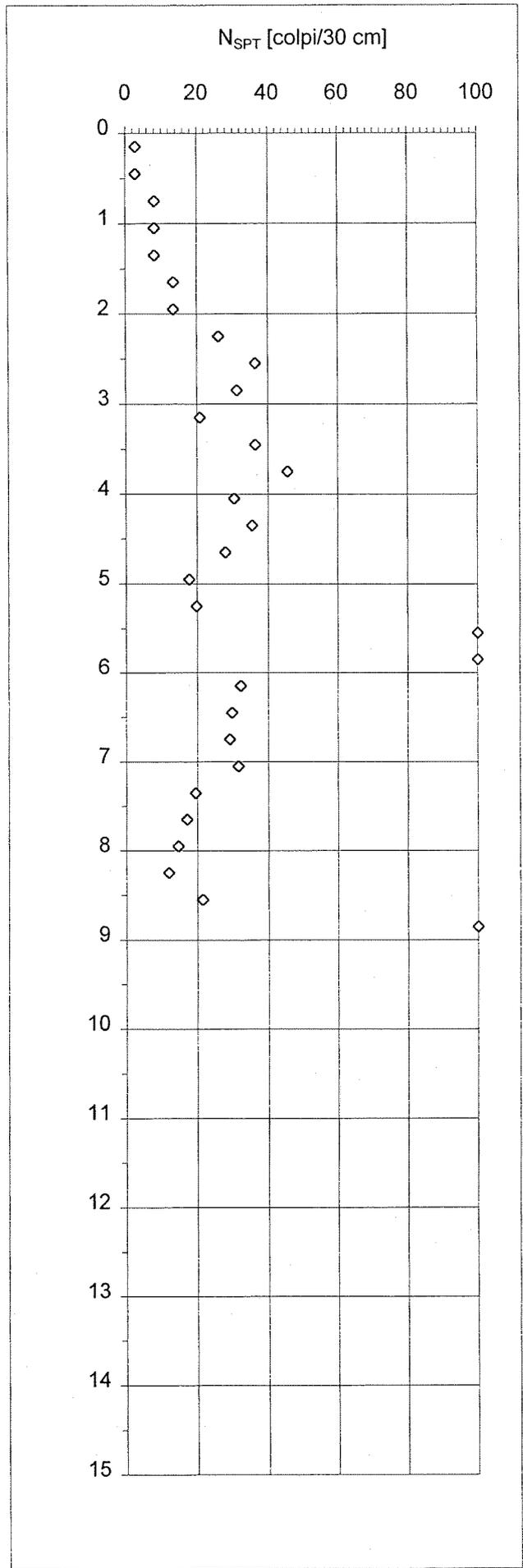
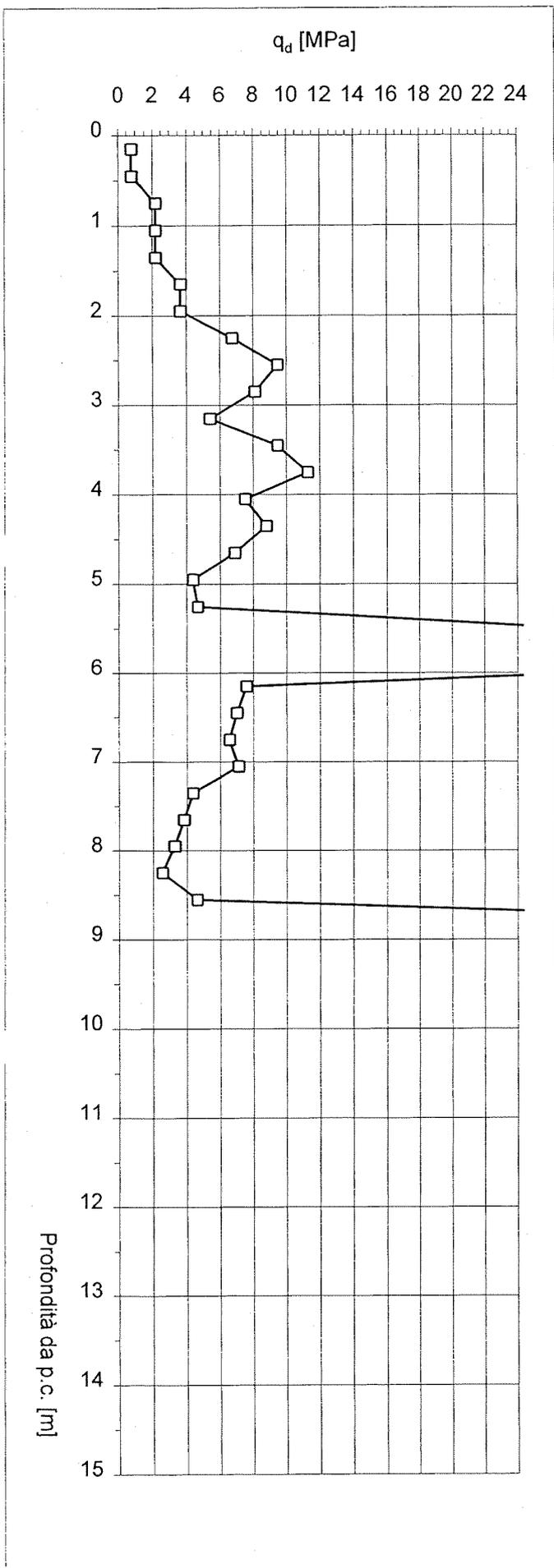
Prof. [m]	$\gamma_n$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_{vo}$ [kPa]	$\sigma'_{vo}$ [kPa]	$N_P$ [-]	$N_{SPT}$ [colpi/30 cm]	$q_d$ [MPa]	$q_{dn}$ [-]	Tipo terreno	$D_r$ [-]	$\phi'$ [°]	$c_u$ [kPa]
0,15	19,0	3	3	1	3	0,80	108	s-g	0,40	33	
0,45	19,0	9	9	1	3	0,80	48	s	0,30	31	
0,75	19,0	14	14	3	8	2,20	91	s-g	0,44	34	
1,05	19,0	20	20	3	8	2,20	71	s	0,41	33	
1,35	19,0	26	26	3	8	2,20	59	s	0,38	32	
1,65	19,0	31	31	5	13	3,67	86	s-g	0,47	34	
1,95	19,0	37	37	5	13	3,67	76	s	0,45	33	
2,25	19,0	43	43	10	26	6,76	126	s-g	0,59	36	
2,55	19,0	48	48	14	36	9,46	161	s-g	0,67	38	
2,85	19,0	54	54	12	31	8,11	127	s-g	0,61	37	
3,15	19,0	60	60	8	21	5,41	79	s	0,48	34	
3,45	19,0	66	66	14	36	9,46	129	s-g	0,62	37	
3,75	19,0	71	71	18	46	11,27	144	s-g	0,67	37	
4,05	19,0	77	77	12	30	7,52	91	s-g	0,53	35	
4,35	19,0	83	83	14	35	8,77	101	s-g	0,57	36	
4,65	19,0	88	88	11	28	6,89	75	s	0,49	34	
4,95	19,0	94	94	7	18	4,38	46	s	0,39	32	
5,25	19,0	100	100	8	20	4,67	47	s	0,39	33	
5,55	19,0	105	105	55	100	32,09	309	g-s	1,00	45	
5,85	19,0	111	111	86	100	50,18	465	g-s	1,00	45	
6,15	19,0	117	117	13	32	7,59	68	s	0,48	34	
6,45	19,0	123	123	12	30	7,00	60	s	0,46	33	
6,75	19,0	128	128	12	29	6,55	55	s	0,44	33	
7,05	19,0	134	134	13	32	7,10	57	s	0,45	33	
7,35	19,0	140	140	8	19	4,37	34	s, sl	0,35	31	
7,65	19,0	145	145	7	17	3,82	29	s, sl	0,33	31	
7,95	19,0	151	151	6	15	3,28	24	sl, ls	0,30	30	
8,25	19,0	157	157	5	12	2,57	18	sl, ls	0,26	29	
8,55	19,0	162	162	9	21	4,62	32	s, sl	0,35	31	
8,85	19,0	168	168	100	100	51,33	351	g-s	1,00	45	

## LEGENDA

- $\gamma_n$  : peso di volume naturale del terreno
- $\sigma_{vo}$  : tensione verticale totale
- $\sigma'_{vo}$  : tensione verticale efficace
- $N_p$  : numero di colpi del penetrometro dinamico
- $N_{SPT}$  : numero di colpi equivalente della prova SPT
- $q_d$  : resistenza alla penetrazione dinamica [Cestari, 1990]
- $q_{dn}$  : resistenza alla penetrazione dinamica normalizzata
- $D_r$  : densità relativa [EPRI, 1990]
- $\phi'$  : angolo d'attrito efficace [Nav Fac, 1982]
- $c_u$  : coesione non drenata [Begemann, 1963]

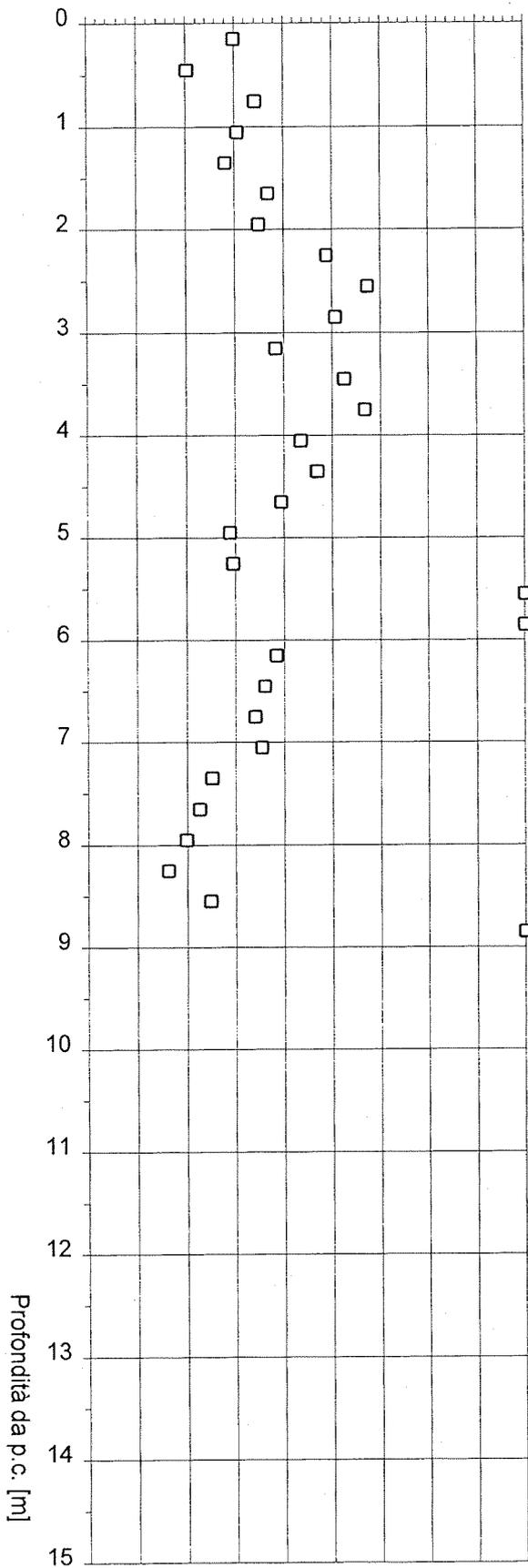
### Tipo terreno :

- g-s = ghiaie e sabbie  
s-g = sabbie e ghiaie  
s = sabbie  
s, sl = sabbie e sabbie limose  
sl, ls = sabbie limose, limi sabbiosi  
ls, la = limi sabbiosi, limi argillosi  
la, al = limi argillosi, argille limose  
a-t = argille - torbe



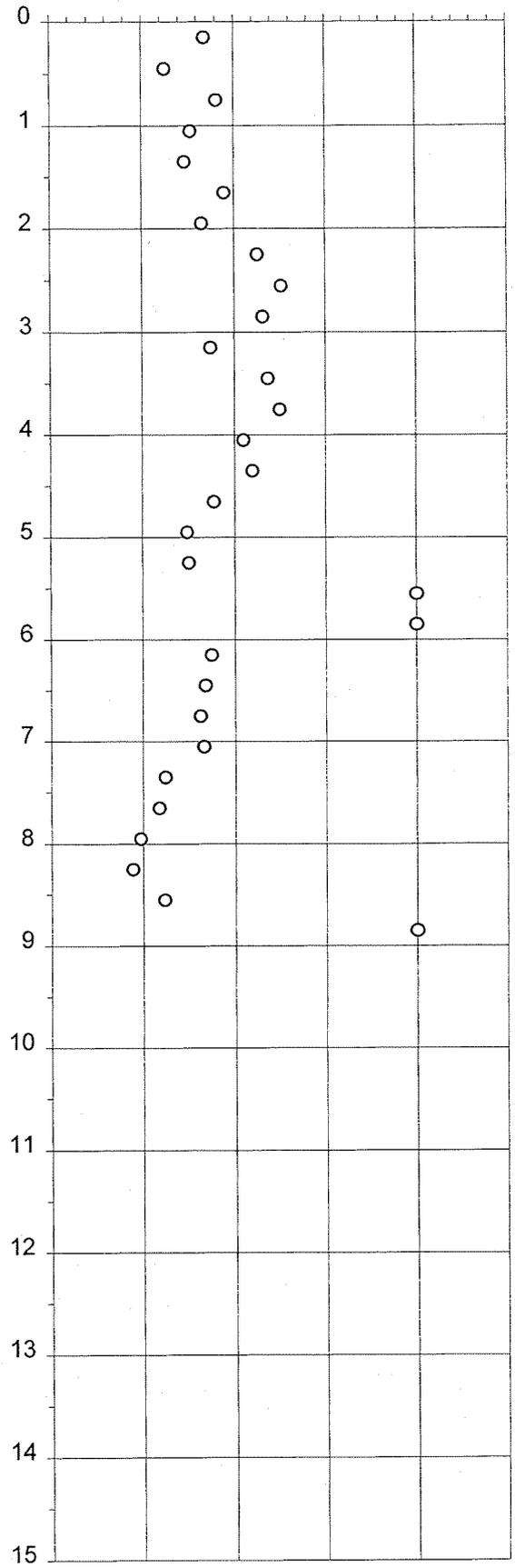
Densità relativa  $D_r$  [-]

0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0



Angolo d'attrito efficace  $\varphi'$  [°]

25 30 35 40 45 50



**INTERPRETAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**  
(valida unicamente per terreni normalconsolidati)

Committente	Immobiliare La Francesca
Commessa	Complesso residenziale "San Francesco"
Località	Robbiate (LC)
Data	23/01/98
Prova	P 6
Prof. falda	- [m]

Caratteristiche del penetrometro		
Massa del maglio	[kg]	73
Altezza di caduta	[m]	0,75
Massa testa di battuta	[kg]	0,70
Massa aste	[kg/m]	5,10
Lunghezza aste	[m]	1,50
Area della punta	[cm <sup>2</sup> ]	20
Penetrazione unitaria	[m]	0,30

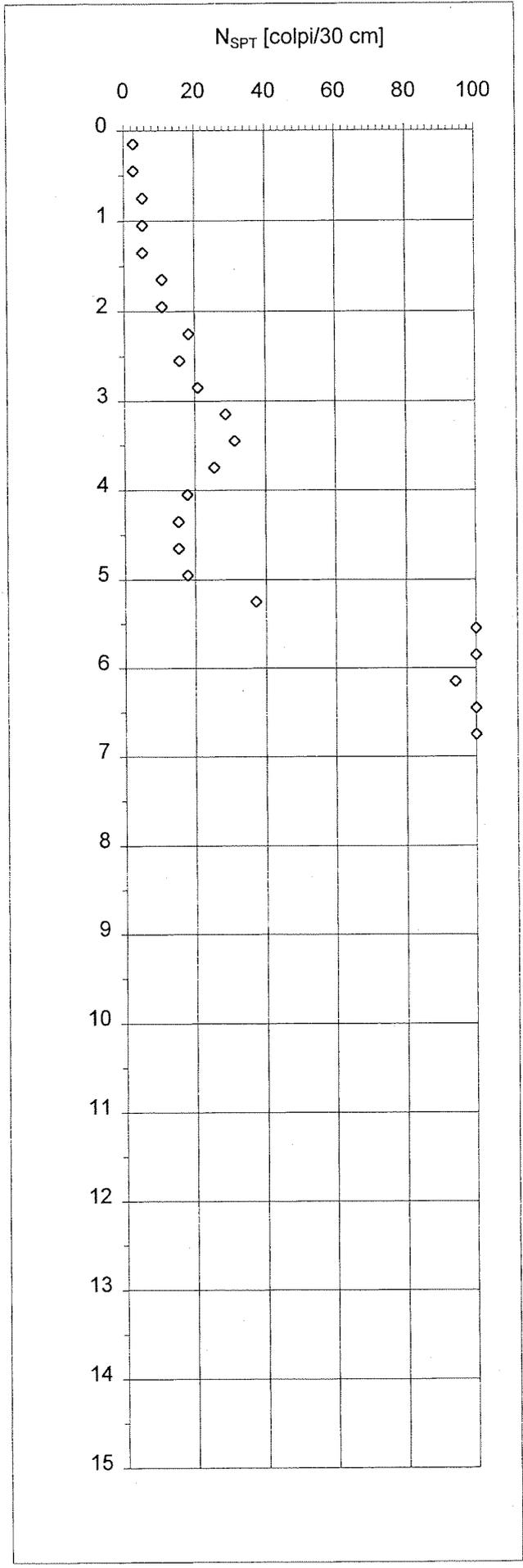
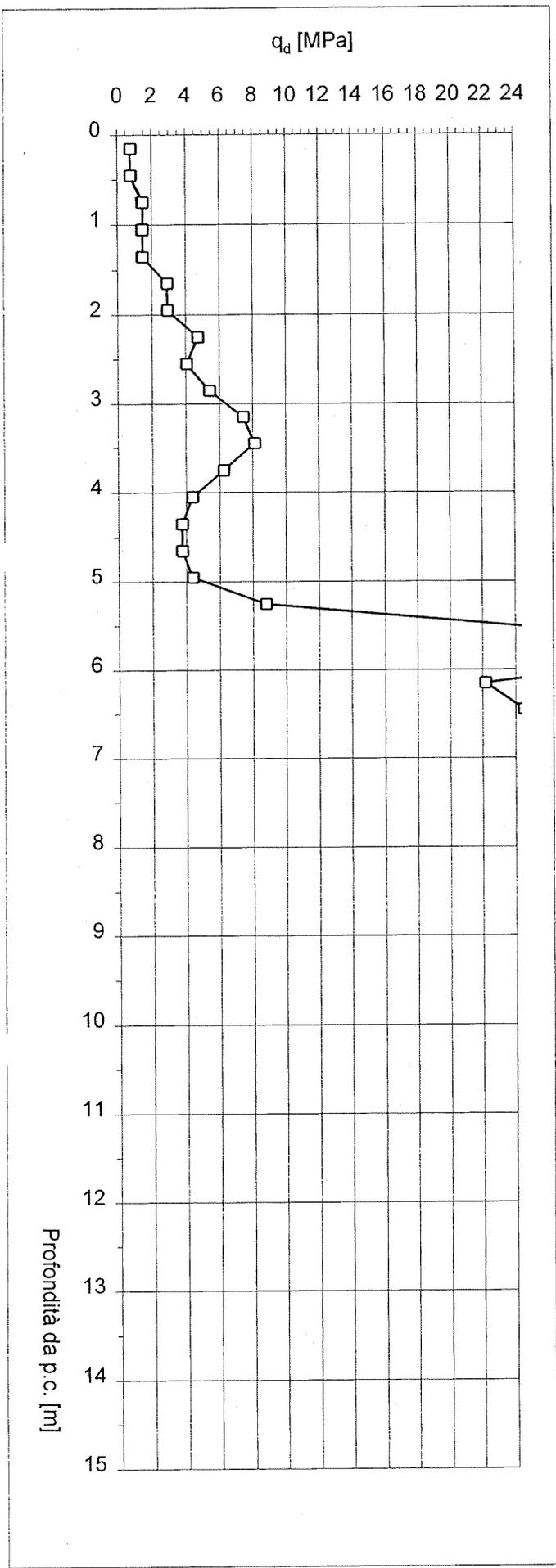
Prof. [m]	$\gamma_n$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_{vo}$ [kPa]	$\sigma'_{vo}$ [kPa]	$N_p$ [-]	$N_{SPT}$ [colpi/30 cm]	$q_d$ [MPa]	$q_{dn}$ [-]	Tipo terreno	$D_r$ [-]	$\phi'$ [°]	$c_u$ [kPa]
0,15	19,0	3	3	1	3	0,80	108	s-g	0,40	33	
0,45	19,0	9	9	1	3	0,80	48	s	0,30	31	
0,75	19,0	14	14	2	5	1,47	61	s	0,36	32	
1,05	19,0	20	20	2	5	1,47	48	s	0,33	32	
1,35	19,0	26	26	2	5	1,47	40	s, sl	0,31	31	
1,65	19,0	31	31	4	11	2,94	68	s	0,42	33	
1,95	19,0	37	37	4	11	2,94	61	s	0,40	33	
2,25	19,0	43	43	7	18	4,73	88	s-g	0,49	35	
2,55	19,0	48	48	6	16	4,06	69	s	0,44	33	
2,85	19,0	54	54	8	21	5,41	85	s-g	0,49	35	
3,15	19,0	60	60	11	29	7,43	108	s-g	0,57	36	
3,45	19,0	66	66	12	31	8,11	110	s-g	0,58	36	
3,75	19,0	71	71	10	25	6,26	80	s-g	0,50	35	
4,05	19,0	77	77	7	18	4,38	53	s	0,41	33	
4,35	19,0	83	83	6	15	3,76	43	s	0,37	32	
4,65	19,0	88	88	6	15	3,76	41	s	0,37	32	
4,95	19,0	94	94	7	18	4,38	46	s	0,39	32	
5,25	19,0	100	100	15	37	8,75	88	s-g	0,54	36	
5,55	19,0	105	105	46	100	26,84	258	g-s	0,93	44	
5,85	19,0	111	111	61	100	35,59	330	g-s	1,00	45	
6,15	19,0	117	117	38	94	22,17	198	g-s	0,83	42	
6,45	19,0	123	123	42	100	24,51	211	g-s	0,86	43	
6,75	19,0	128	128	100	100	54,62	455	g-s	1,00	45	

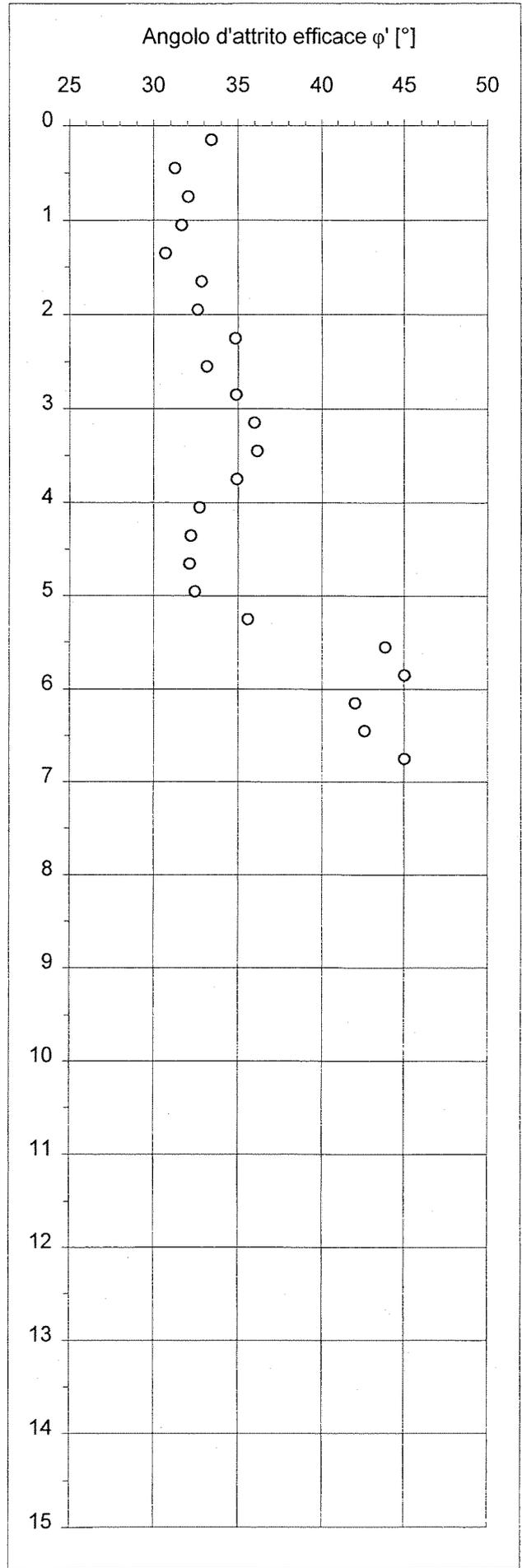
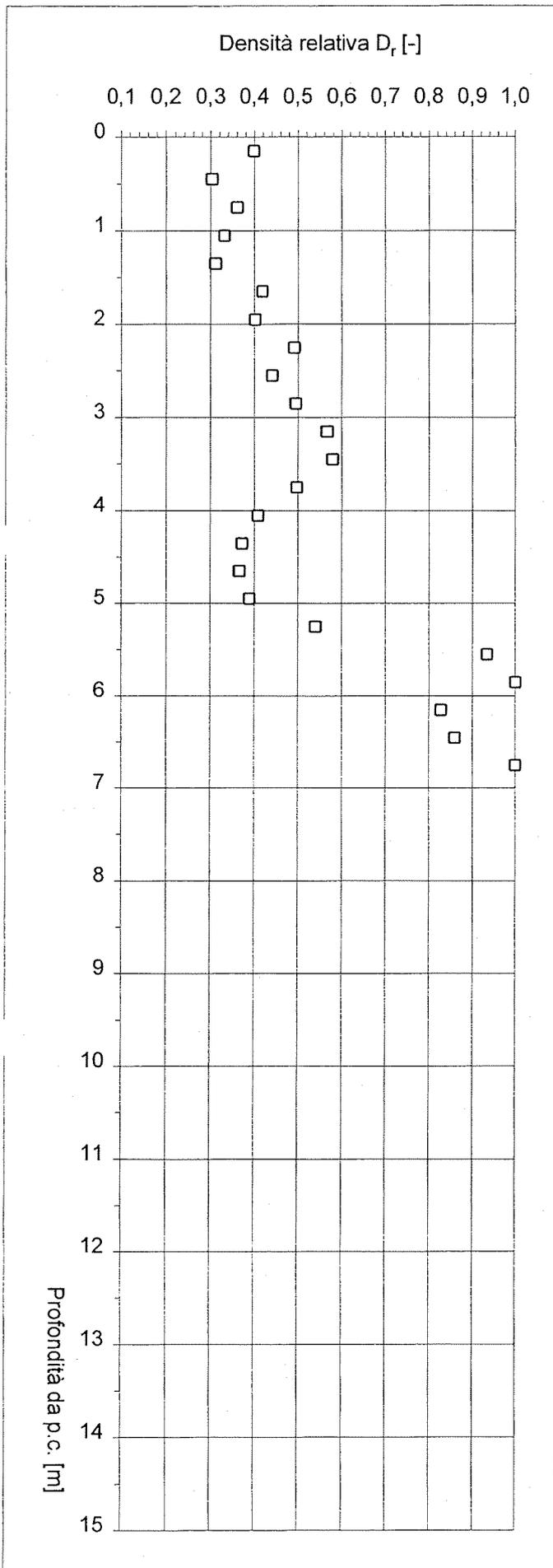
## LEGENDA

- $\gamma_n$  : peso di volume naturale del terreno
- $\sigma_{vo}$  : tensione verticale totale
- $\sigma'_{vo}$  : tensione verticale efficace
- $N_p$  : numero di colpi del penetrometro dinamico
- $N_{SPT}$  : numero di colpi equivalente della prova SPT
- $q_d$  : resistenza alla penetrazione dinamica [Cestari, 1990]
- $q_{dn}$  : resistenza alla penetrazione dinamica normalizzata
- $D_r$  : densità relativa [EPRI, 1990]
- $\phi'$  : angolo d'attrito efficace [Nav Fac, 1982]
- $c_u$  : coesione non drenata [Begemann, 1963]

### Tipo terreno :

- g-s = ghiaie e sabbie  
s-g = sabbie e ghiaie  
s = sabbie  
s, sl = sabbie e sabbie limose  
sl, ls = sabbie limose, limi sabbiosi  
ls, la = limi sabbiosi, limi argillosi  
la, al = limi argillosi, argille limose  
a-t = argille - torbe





**INTERPRETAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**  
(valida unicamente per terreni normalconsolidati)

Committente	Immobiliare La Francesca
Commessa	Complesso residenziale "San Francesco"
Località	Robbiate (LC)
Data	23/01/98
Prova	Inviluppo delle resistenze
Prof. falda	- [m]

Caratteristiche del penetrometro		
Massa del maglio	[kg]	73
Altezza di caduta	[m]	0,75
Massa testa di battuta	[kg]	0,70
Massa aste	[kg/m]	5,10
Lunghezza aste	[m]	1,50
Area della punta	[cm <sup>2</sup> ]	20
Penetrazione unitaria	[m]	0,30

Prof. [m]	$\gamma_n$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_{vo}$ [kPa]	$\sigma'_{vo}$ [kPa]	$N_p$ [-]	$N_{SPT}$ [colpi/30 cm]	$q_d$ [MPa]	$q_{dn}$ [-]	Tipo terreno	$D_r$ [-]	$\phi'$ [°]	$c_u$ [kPa]
0,15	19,0	3	3	1	3	0,80	108	s-g	0,40	33	
0,45	19,0	9	9	2	6	1,61	97	s-g	0,43	34	
0,75	19,0	14	14	3	8	2,20	91	s-g	0,44	34	
1,05	19,0	20	20	3	8	2,20	71	s	0,41	33	
1,35	19,0	26	26	3	8	2,20	59	s	0,38	32	
1,65	19,0	31	31	5	13	3,67	86	s-g	0,47	34	
1,95	19,0	37	37	9	24	6,61	136	s-g	0,60	36	
2,25	19,0	43	43	11	29	7,43	138	s-g	0,62	37	
2,55	19,0	48	48	8	21	5,41	92	s-g	0,51	35	
2,85	19,0	54	54	8	21	5,41	85	s-g	0,49	35	
3,15	19,0	60	60	8	21	5,41	79	s	0,48	34	
3,45	19,0	66	66	21	55	14,19	193	g-s	0,76	41	
3,75	19,0	71	71	22	56	13,78	176	s-g	0,74	39	
4,05	19,0	77	77	12	30	7,52	91	s-g	0,53	35	
4,35	19,0	83	83	13	33	8,14	94	s-g	0,55	36	
4,65	19,0	88	88	14	35	8,77	96	s-g	0,56	36	
4,95	19,0	94	94	19	48	11,90	124	s-g	0,64	37	
5,25	19,0	100	100	34	84	19,84	199	g-s	0,81	42	
5,55	19,0	105	105	50	100	29,18	281	g-s	0,97	45	
5,85	19,0	111	111	52	100	30,34	281	g-s	0,98	45	
6,15	19,0	117	117	25	62	14,59	130	s-g	0,67	38	
6,45	19,0	123	123	23	57	13,42	116	s-g	0,64	37	
6,75	19,0	128	128	16	39	8,74	73	s	0,51	34	
7,05	19,0	134	134	17	41	9,29	75	s	0,52	34	
7,35	19,0	140	140	17	41	9,29	73	s	0,51	34	
7,65	19,0	145	145	9	22	4,92	37	s, sl	0,37	31	
7,95	19,0	151	151	8	19	4,37	32	s, sl	0,34	31	
8,25	19,0	157	157	8	19	4,11	30	s, sl	0,33	31	
8,55	19,0	162	162	13	31	6,67	47	s	0,42	33	
8,85	19,0	168	168	13	31	6,67	46	s	0,41	33	
9,15	19,0	174	174	11	26	5,65	38	s, sl	0,38	32	
9,45	19,0	180	180	8	19	4,11	27	s, sl	0,32	31	
9,75	19,0	185	185	8	19	3,87	25	sl, ls	0,31	30	
10,05	19,0	191	191	9	21	4,36	27	s, sl	0,32	31	

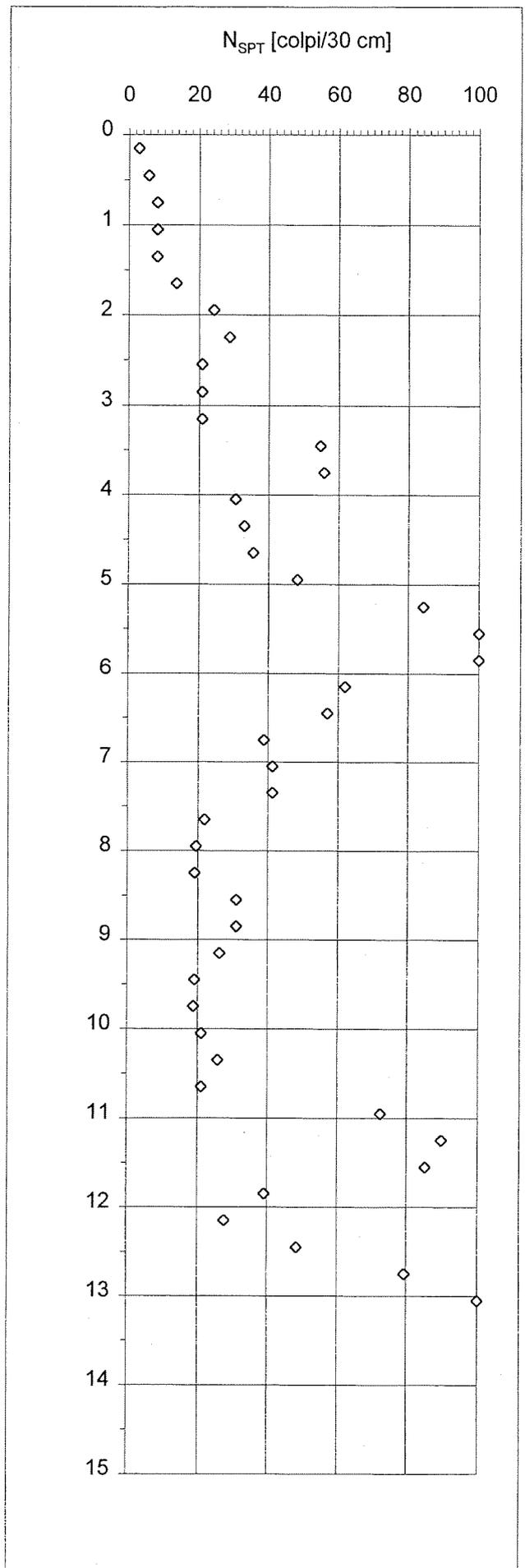
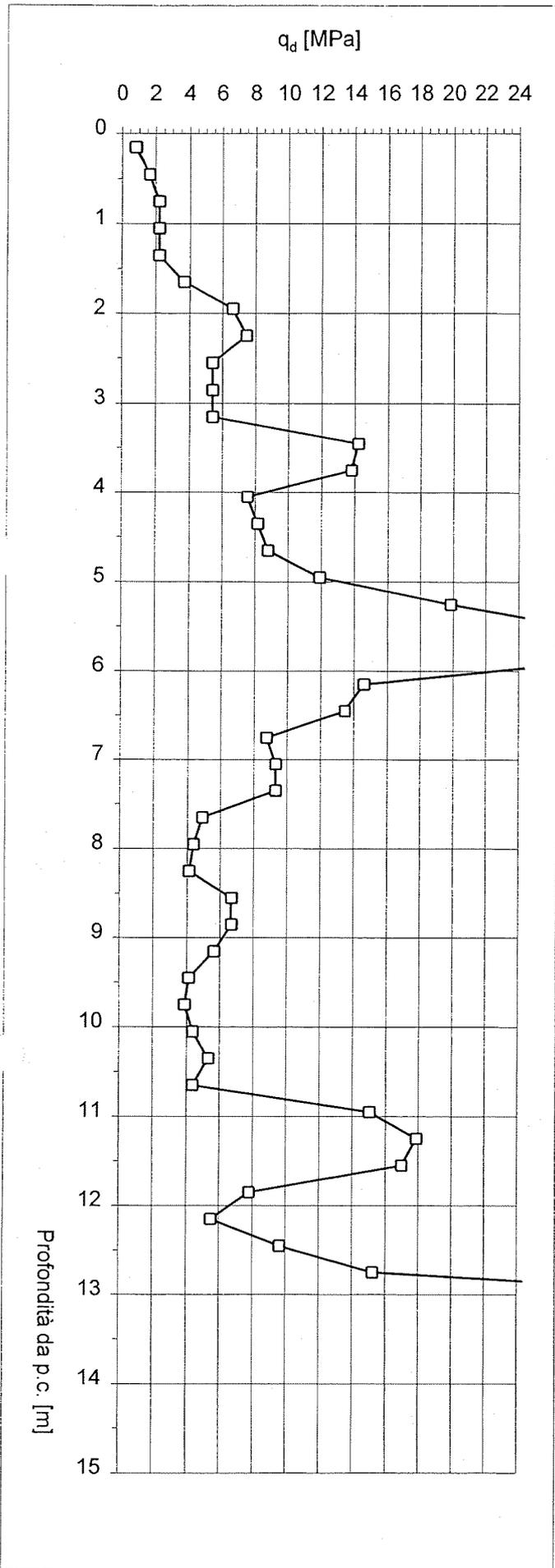
Prof. [m]	$\gamma_n$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_{vo}$ [kPa]	$\sigma'_{vo}$ [kPa]	$N_p$ [-]	$N_{SPT}$ [c/30 cm]	$q_d$ [MPa]	$q_{dn}$ [-]	Tipo terreno	$D_r$ [-]	$\phi'$ [°]	$c_u$ [kPa]
10,35	19,0	197	197	11	26	5,33	33	s, sl	0,36	31	
10,65	19,0	202	202	9	21	4,36	26	s, sl	0,32	31	
10,95	19,0	208	208	31	72	15,01	88	s-g	0,59	36	
11,25	19,0	214	214	39	90	17,87	103	s-g	0,64	37	
11,55	19,0	219	219	37	85	16,96	96	s-g	0,62	37	
11,85	19,0	225	225	17	39	7,79	43	s	0,42	33	
12,15	19,0	231	231	12	28	5,50	30	s, sl	0,35	31	
12,45	19,0	237	237	21	48	9,62	51	s	0,46	33	
12,75	19,0	242	242	35	79	15,22	80	s	0,57	35	
13,05	19,0	248	248	100	100	43,49	224	g-s	0,96	44	

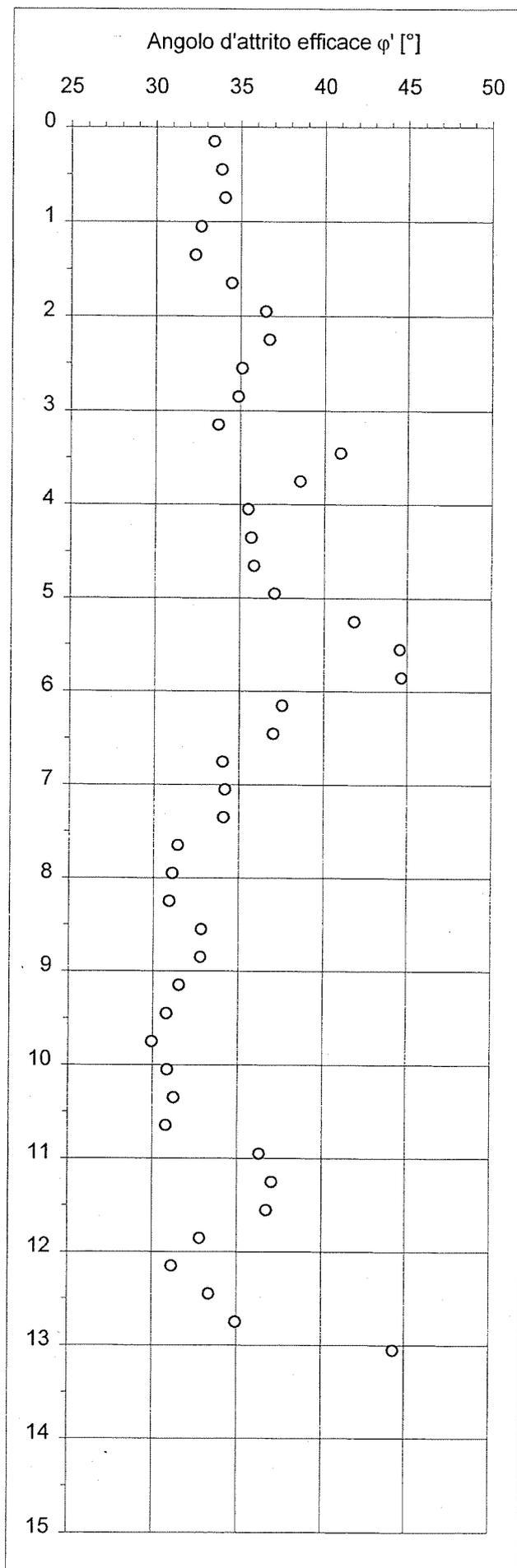
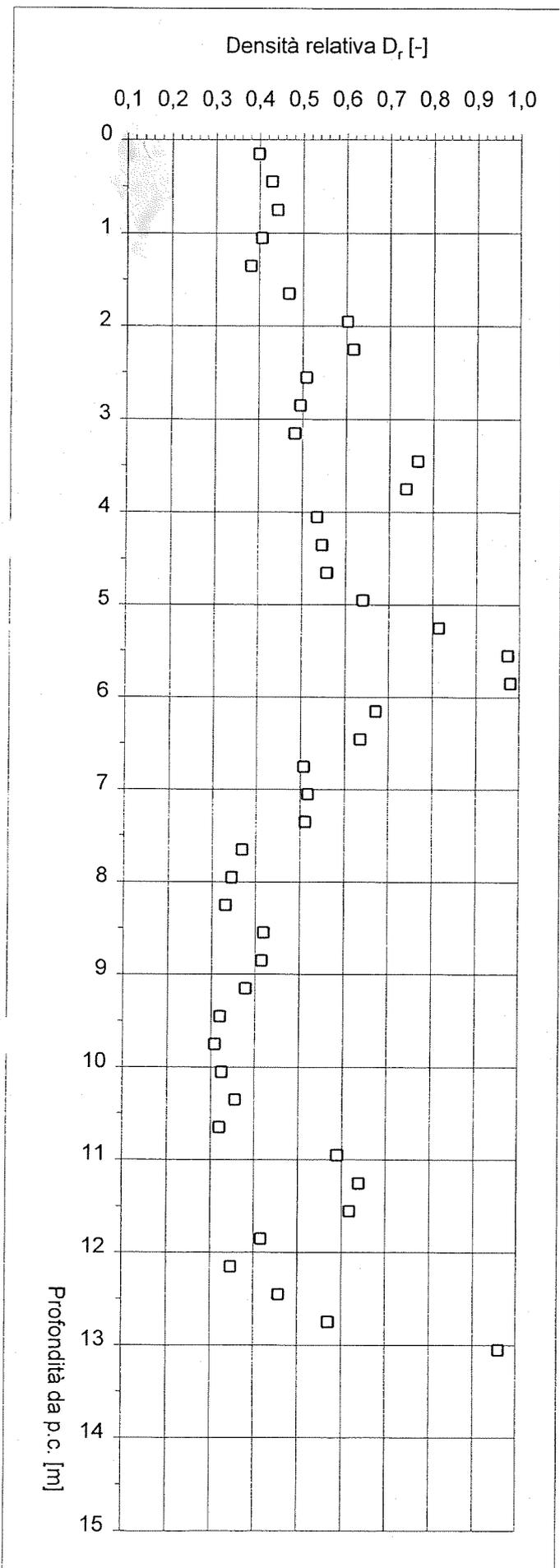
## LEGENDA

- $\gamma_n$  : peso di volume naturale del terreno
- $\sigma_{vo}$  : tensione verticale totale
- $\sigma'_{vo}$  : tensione verticale efficace
- $N_p$  : numero di colpi del penetrometro dinamico
- $N_{SPT}$  : numero di colpi equivalente della prova SPT
- $q_d$  : resistenza alla penetrazione dinamica [Cestari, 1990]
- $q_{dn}$  : resistenza alla penetrazione dinamica normalizzata
- $D_r$  : densità relativa [EPRI, 1990]
- $\phi'$  : angolo d'attrito efficace [Nav Fac, 1982]
- $c_u$  : coesione non drenata [Begemann, 1963]

### Tipo terreno :

g-s = ghiaie e sabbie  
s-g = sabbie e ghiaie  
s = sabbie  
s, sl = sabbie e sabbie limose  
sl, ls = sabbie limose, limi sabbiosi  
ls, la = limi sabbiosi, limi argillosi  
la, al = limi argillosi, argille limose  
a-t = argille - torbe





**ALLEGATO 5**

**DETERMINAZIONE DELLA CAPACITA' PORTANTE  
DEI TERRENI DI FONDAZIONE**

## CAPACITA' PORTANTE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Equazione di Brinch-Hansen (terreni incoerenti)

<b>Committente</b>	Immobiliare La Francesca
<b>Commessa:</b>	Complesso residenziale "San Francesco"
<b>Localita':</b>	Robbiate (LC)
<b>Data:</b>	05/02/98

### Caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione

$\phi'$ [°]	$D_r$ [-]	$\gamma_n$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'_r$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$D_f$ [m]	$z_w$ [m]	$D_w$ [m]	$\sigma'_{vo}$ [kPa]
32	0,40	18,0	-	18,0	3,00	-	-	54

### Fattori di capacità portante

$\phi'_r$ [°]	$N_q$ (Prandtl) [-]	$N_\gamma$ (Hansen) [-]
31	19,92	16,85

### Fondazioni a plinto isolato

B [m]	L [m]	$\gamma_c$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$s_y$ [-]	D [m]	$s_q$ [-]
0,80	0,80	18,0	0,60	0,5	1,62
1,00	1,00	18,0	0,60	0,5	1,62
1,20	1,20	18,0	0,60	0,5	1,62
1,40	1,40	18,0	0,60	0,5	1,62
1,60	1,60	18,0	0,60	0,5	1,62
1,80	1,80	18,0	0,60	0,5	1,62

$q_{lim}$ [kPa]	$F_s$ [-]	$q_{amm}$ [kPa]
364	3	157
382		163
400		169
419		176
437		182
455		188

### Fondazioni a trave rovescia

B [m]	$\gamma_c$ [kN/m <sup>3</sup> ]	D [m]
0,60	18,0	0,5
0,80	18,0	0,5
1,00	18,0	0,5
1,20	18,0	0,5
1,40	18,0	0,5
1,60	18,0	0,5

$q_{lim}$ [kPa]	$F_s$ [-]	$q_{amm}$ [kPa]
270	3	126
301		136
331		146
361		156
392		167
422		177

## LEGENDA

$\phi'$	=	angolo di attrito efficace
$D_r$	=	densità relativa
$\phi'_r$	=	angolo di attrito efficace ridotto in funzione della densità relativa
$N_q, N_\gamma$	=	fattori di capacità portante
$\gamma_n$	=	peso di volume naturale del terreno sopra falda
$\gamma_{sat}$	=	peso di volume saturo del terreno sotto falda
$\gamma'_r$	=	peso di volume efficace del terreno sopra il piano di posa della fondazione
$D_f$	=	profondità da p.c. del piano di posa della fondazione
$z_w$	=	profondità da p.c. della superficie piezometrica
$D_w$	=	profondità della superficie piezometrica dal piano di posa della fondazione
$\sigma'_{vo}$	=	tensione verticale efficace alla quota di imposta della fondazione
$B$	=	larghezza della fondazione
$L$	=	lunghezza della fondazione
$D$	=	profondità di incasso della fondazione
$s_q, s_\gamma$	=	fattori di forma
$q_{lim}$	=	capacità portante limite
$F_s$	=	fattore di sicurezza
$q_{amm}$	=	capacità portante ammissibile

**ALLEGATO 6**

**VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI  
DELLE FONDAZIONI**

**VERIFICA DEI CEDIMENTI IN TERRENI INCOERENTI  
DAI VALORI DI  $N_{SPT}$**

**Metodo di Burland e Burbidge (1984)**

<b>Committente:</b>	Immobiliare La Francesca
<b>Commessa:</b>	Complesso residenziale "San Francesco"
<b>Localita':</b>	Robbiate (LC)
<b>Data:</b>	05/02/98

**Parametri geotecnici dei terreni di fondazione**

$N_{SPT}$ [colpi/30cm]	$I_c$ [-]	$\gamma_n$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$D_f$ [m]	$z_w$ [m]	$h_w$ [m]	$\sigma'_{vo}$ [kPa]
20	0,026	18,0	-	3,00	-	0,00	54,00

**Fattore tempo**

t [anni]	R [-]	$R_3$ [-]	$f_t$ [-]
100	0,2	0,3	1,60

**Fondazioni a plinto isolato**

B [m]	L [m]	q [kPa]	q' [kPa]	$f_s$ [-]	H [m]	$z_i$ [m]	$f_h$ [-]	S [mm]
0,80	0,80	157	157	1,00	0,78	0,78	1,00	4,3
1,00	1,00	163	163	1,00	0,93	0,93	1,00	5,3
1,20	1,20	169	169	1,00	1,07	1,07	1,00	6,3
1,40	1,40	176	176	1,00	1,21	1,21	1,00	7,3
1,60	1,60	182	182	1,00	1,34	1,34	1,00	8,4
1,80	1,80	188	188	1,00	1,47	1,47	1,00	9,5

**Fondazioni a trave rovescia**

B [m]	L [m]	q [kPa]	q' [kPa]	$f_s$ [-]	H [m]	$z_i$ [m]	$f_h$ [-]	S [mm]
0,60	10,00	126	126	1,52	0,62	0,62	1,00	3,9
0,80	10,00	136	136	1,50	0,78	0,78	1,00	5,3
1,00	10,00	146	146	1,49	0,93	0,93	1,00	6,8
1,20	10,00	156	156	1,47	1,07	1,07	1,00	8,3
1,40	10,00	167	167	1,46	1,21	1,21	1,00	9,9
1,60	10,00	177	177	1,44	1,34	1,34	1,00	11,7

## LEGENDA

$N_{SPT}$	= resistenza alla penetrazione da prova S.P.T.
$I_c$	= indice di compressibilità
$\gamma_n$	= peso di volume naturale del terreno sopra falda
$\gamma_{sat}$	= peso di volume saturo del terreno sotto falda
$D_f$	= profondità da p.c. del piano di posa della fondazione
$z_w$	= profondità da p.c. della superficie piezometrica
$h_w$	= altezza della superficie piezometrica sopra il piano di posa della fondazione
$\sigma'_{vo}$	= tensione verticale efficace agente alla quota di imposta della fondazione
$t$	= tempo ( $t \geq 3$ anni)
$R$	= coefficiente pari a 0,2 per carichi statici e a 0,4 per carichi pulsanti
$R_3$	= coefficiente pari a 0,3 per carichi statici e a 0,7 per carichi pulsanti
$f_t$	= fattore tempo
$B$	= larghezza della fondazione
$L$	= lunghezza della fondazione
$q$	= pressione totale lorda
$q'$	= pressione efficace lorda
$f_s$	= fattore di forma
$H$	= spessore dello strato compressibile
$z_i$	= profondità significativa per il calcolo del cedimento
$f_h$	= fattore che tiene conto dello spessore dello strato compressibile
$S$	= cedimento

**ALLEGATO 7**

**CARICHI DI ESERCIZIO AMMISSIBILI**

**E RELATIVI CEDIMENTI**

Immobiliare La Francesca  
Complesso residenziale "San Francesco"  
Robbiate (LC)

Carichi di esercizio ammissibili  
e relativi cedimenti

