

**IMPRESA BOLIS
PONTE GIURINO (BG)**

REALIZZAZIONE NUOVO COMPLESSO RESIDENZIALE

"AL CHIOSO"

ROBBIATE (LC)

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA



dicembre 1996



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	pag.	10
6.	Conclusioni	pag.	12

ALLEGATI

Allegato n. 1: Planimetria ed ubicazione delle indagini

Allegato n. 2: Prove penetrometriche dinamiche continue - Risultati

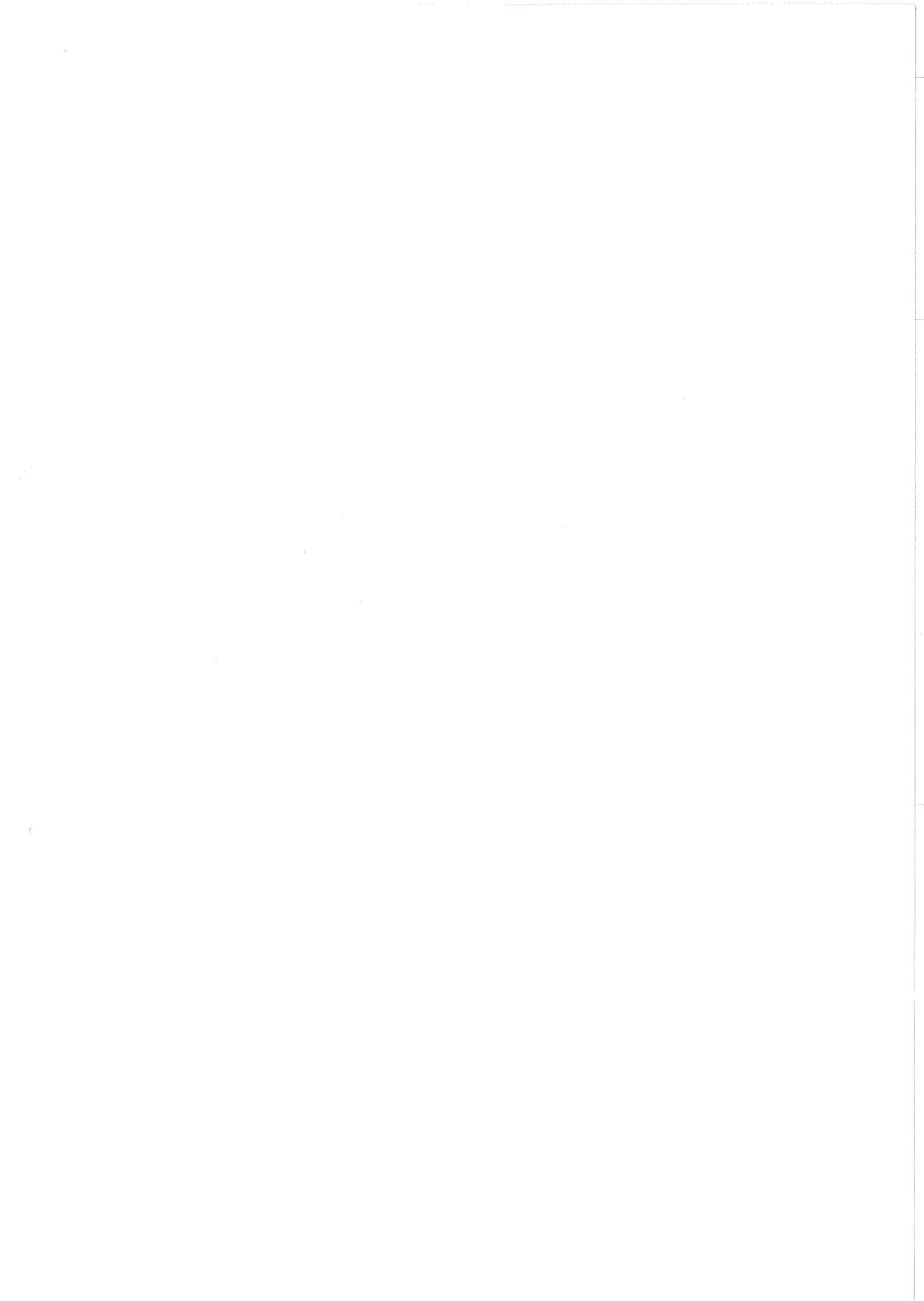
Allegato n. 3: Prove penetrometriche dinamiche continue - Interpretazione

Allegato n.4: Prove penetrometriche dinamiche continue - Inviluppo delle resistenze

Allegato n. 5: Determinazione della capacità portante dei terreni di fondazione - Risultati

Allegato n. 6: Valutazione dei cedimenti - Risultati

Allegato n. 7 : Carichi di esercizio massimi



1. PREMESSA

Di seguito vengono analizzate le caratteristiche geologico-tecniche dei terreni di fondazione del complesso residenziale “Al Chioso” che verrà realizzato nel territorio comunale di Robbiate (LC) in via Colleoni.

Il progetto all’esame prevede la realizzazione di due edifici aventi forma grossomodo rettangolare con dimensioni dei lati pari rispettivamente a 40 x 10 m e a 30 x 10 m. L’edificio di maggiori dimensioni presenta due piani fuori terra, mentre il secondo edificio ha un unico piano fuori terra; per entrambi gli edifici è prevista la realizzazione di un piano interrato. Le dimensioni degli interrati, maggiori di quelle degli edifici fuori terra, sono pari rispettivamente a 47 x 16 m e a 31 x 15 m. La presenza dell’interrato condiziona la profondità minima di posa delle fondazioni che è prevista ad una quota media di - 4.00 m da p.c.; il progetto all’esame prevede lo splateamento generale fino alla quota fondazione e la successiva posa delle strutture di fondazione su uno strato di transizione in calcestruzzo magro.

Dal punto di vista geologico l'area in esame, a morfologia sub-pianeggiante, risulta caratterizzata da depositi di origine fluvioglaciale riferibili cronologicamente al Pleistocene medio, costituiti da terreni incoerenti ghiaioso-sabbiosi mediamente alterati (ferrettizzati) immersi in abbondante matrice fine limosa.

2. INDAGINI IN SITO

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

- n° 4 prove penetrometriche dinamiche continue (P 1, P 2, P 3 e P 4), 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 i colpi necessari all'infissione della punta e del rivestimento esterno del diametro di 48 mm. Le prove sono state spinte sino alla profondità massima di 11,1 m da p.c. senza incontrare rifiuto alla penetrazione.

L'ubicazione dei punti di prova è riportata in Allegato n° 1. In Allegato n° 2 si riportano i diagrammi relativi alle prove eseguite, mentre la loro interpretazione geotecnica è riportata nell'Allegato n° 3.

Durante l'esecuzione delle indagini non è stata rilevata la presenza della superficie piezometrica, almeno sino alle profondità investigate.

3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Le indagini penetrometriche eseguite hanno mostrato una sostanziale uniformità dei terreni di fondazione, senza apprezzabili variazioni in senso orizzontale. E' stato quindi eseguito un trattamento statistico dei dati registrati che ha consentito di eliminare le variazioni locali e di definire un quadro di riferimento omogeneo da cui si sono ricavati indirettamente, mediante correlazioni empiriche ampiamente verificate sperimentalmente, i parametri geotecnici di progetto.

In Allegato n° 4 si riporta il risultato dell'analisi statistica e l'interpretazione geotecnica dell'involuppo medio delle resistenze penetrometriche.

Per 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 normalizzata (Olsen, 1984) 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 proposta da Cestari (1990):

$$N_{30} \cong 0.5 N_{SPT}$$

Di seguito si riporta il modello geotecnico adottato per le successive calcolazioni. In tale modello sono indicati i valori medi dei parametri geotecnici delle diverse unità riconosciute, ricavati in base ai risultati delle indagini eseguite.

$z = 0.5x$
 $x = \frac{z}{0.5}$

UNITÀ A: Sabbie ghiaiose, sabbie e ghiaie sabbiose, sabbie limose
(depositi fluvioglaciali ferrettizzati)

Resistenza alla penetrazione dinamica	$N_{30} = 2$ colpi/30 cm
Resistenza alla penetrazione dinamica unitaria	$q_d = 1.5$ MPa
Resistenza alla penetrazione standard	$N_{SPT} = 4$ colpi/30 cm
Peso di volume naturale	$\gamma_n = 19$ kN/m ³
Stato di addensamento	= sciolto
Densità relativa	$D_r = 0.35$
Angolo d'attrito efficace	$\varphi' = 33^\circ$
Coesione efficace	$c' = 0$ kPa
Profondità da p.c.	$Z =$ da 0.00 a -2,50 m

UNITÀ B: sabbie e ghiaie, sabbie ghiaiose
(depositi fluvioglaciali ferrettizzati)

Resistenza alla penetrazione dinamica	$N_{30} = 10$ colpi/30 cm
Resistenza alla penetrazione dinamica unitaria	$q_d = 7.0$ MPa
Resistenza alla penetrazione standard	$N_{SPT} = 20$ colpi/30 cm
Peso di volume naturale	$\gamma_n = 20$ kN/m ³
Stato di addensamento	= medio
Densità relativa	$D_r = 0.55$
Angolo d'attrito efficace	$\varphi' = 40^\circ$
Coesione efficace	$c' = 0$ kPa
Profondità da p.c.	$Z =$ da -2.50 a -4.00 m

UNITÀ C: sabbie ghiaiose, sabbie, sabbie limose, limi sabbiosi
(depositi fluvioglaciali ferrettizzati)

Resistenza alla penetrazione dinamica	$N_{30} = 7$ colpi/30 cm
Resistenza alla penetrazione dinamica unitaria	$q_d = 4.5$ MPa
Resistenza alla penetrazione standard	$N_{SPT} = 15$ colpi/30 cm
Peso di volume naturale	$\gamma_n = 20$ kN/m ³
Stato di addensamento	= medio
Densità relativa	$D_r = 0.45$
Angolo d'attrito efficace	$\varphi' = 36^\circ$
Coesione efficace	$c' = 0$ kPa
Profondità da p.c.	$Z =$ da -4.00 a - 5.50 m

UNITÀ D: *sabbie e ghiaie, sabbie ghiaiose*
(depositi fluvioglaciali)

Resistenza alla penetrazione dinamica	N_{30}	> 15 colpi/30 cm
Resistenza alla penetrazione dinamica unitaria	q_d	> 10.0 MPa
Resistenza alla penetrazione standard	N_{SPT}	> 30 colpi/30 cm
Peso di volume naturale	γ_n	= 20 kN/m ³
Stato di addensamento		= medio
Densità relativa	D_r	= 0.55 ÷ 0.65
Angolo d'attrito efficace	φ'	= 40°
Coesione efficace	c'	= 0 kPa
Profondità da p.c.	Z	= da -5.50 m

4. DETERMINAZIONE DELLA CAPACITA' PORTANTE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

La valutazione della capacità portante dei terreni di fondazione del complesso residenziale 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
γ [kN/m ³]	= peso di volume
B [m]	= larghezza della fondazione
c [kPa]	= coesione
q [kPa]	= γD = sovraccarico dovuto al rinterro
D [m]	= profondità di incasso della fondazione
N_{γ}, N_c, N_q [-]	= fattori di capacità portante
s_{γ}, s_c, s_q [-]	= fattori forma
d_{γ}, d_c, d_q [-]	= fattori profondità

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

Le verifiche sono state condotte per fondazioni dirette a plinto isolato e a trave rovescia con piano di posa a -4.0 m da p.c. nell'ipotesi di splateamento generale sino a quota fondazione; conseguentemente nell'esecuzione delle verifiche non si è tenuto conto dell'incasso della fondazione D.

La capacità portante ammissibile, calcolata imponendo un coefficiente di sicurezza pari a 3 sulla capacità portante limite, come prescritto dal D.M. "11.03.88", risulta compresa tra 180 kPa e 235 kPa per plinti quadrati di lato compreso tra 0.8 e 1.6 m e tra 185 kPa e 275 kPa per travi rovesce di larghezza compresa tra 0.8 e 1.6 m (cfr. Allegato n° 5)

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

5. VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI

La valutazione dei cedimenti massimi prevedibili è stata eseguita utilizzando 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

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

B [m] = larghezza della fondazione

I_c [-] = indice di compressibilità

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

Il cedimento dei terreni di fondazione, calcolato in condizioni di carico di esercizio pari alla capacità portante ammissibile precedentemente determinata, risulta compreso tra 6 e 15 mm per plinti quadrati di lato compreso tra 0.8 e 1.6 m e tra 10 e 27 mm per travi rovesce di larghezza compresa tra 0.8 e 1.6 m con piano di posa a -4.0 m da p.c. (cfr. Allegato n° 6).

Tenuto conto di un limite superiore di cedimento pari a 20 mm, tale da evitare la comparsa di fenomeni fessurativi nelle strutture in elevazione, si sono determinati i carichi di esercizio massimi da adottare per le diverse tipologie fondazionali esaminate.

Si ottengono così carichi di esercizio massimi compresi tra 180 e 235 kPa per plinti quadrati di lato compreso tra 0.8 e 1.6 m e tra 185 e 220 kPa per travi rovesce di larghezza compresa tra 0.8 e 1.6 m con piano di posa a -4.0 m da p.c..

Un quadro riassuntivo completo dei carichi di esercizio massimi per le diverse tipologie fondazionali è riportato in Allegato n° 7.

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 due edifici, posti ad una distanza relativa di circa 30 m aventi forma grossomodo rettangolare con dimensioni dei lati pari rispettivamente a 40 x 10 m e a 30 x 10 m.
- L'area su cui insiste l'intervento edilizio in progetto è ubicata su depositi fluvioglaciali riferibili cronologicamente al Pleistocene medio, costituiti da terreni incoerenti ghiaioso-sabbiosi mediamente alterati (ferrettizzati) immersi in abbondante matrice fine limosa.
- Nell'area allo studio è stata condotta una campagna di indagini geognostiche con esecuzione di 4 prove penetrometriche dinamiche continue (P 1, P 2, P 3 e P 4), spinte alla profondità massima di 11.1 m da p.c., i cui risultati, riportati nell'Allegato n° 2, hanno evidenziato la presenza di terreni costituiti prevalentemente da sabbie ghiaiose e sabbie da sciolte a mediamente addensate, moderatamente alterate (ferrettizzate) e con abbondante matrice fine limosa
- Durante l'esecuzione delle indagini non si è incontrata la superficie piezometrica.
- 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.
- In considerazione delle discrete caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione si potranno adottare fondazioni dirette a plinto isolato o trave rovescia.
- La capacità portante ammissibile dei terreni di fondazione, calcolata imponendo un fattore di sicurezza pari a 3 alla capacità portante limite, come prescritto dal D.M. "11.03.88", risulta compresa tra 180 kPa e 235 kPa per plinti quadrati di lato compreso tra 0.8 e 1.6 m e tra 185 kPa e 275 kPa per travi rovesce di larghezza compresa tra 0.8 e 1.6 m con piano di posa a -4.0 m da p.c. (cfr. Allegato n° 5).

- Il cedimento dei terreni di fondazione, calcolato in condizioni di carico di esercizio pari alla capacità portante ammissibile precedentemente determinata, risulta compreso tra 6 e 15 mm per plinti quadrati di lato compreso tra 0.8 e 1.6 m e tra 10 e 27 mm per travi rovesce di larghezza compresa tra 0.8 e 1.6 m con piano di posa a -4.0 m da p.c.(cfr. Allegato n° 6).
- I carichi di esercizio massimi da adottare per le diverse tipologie fondazionali esaminate, determinati sulla base di un limite superiore di cedimento pari a 20 mm, tale da evitare la comparsa di fenomeni fessurativi nelle strutture in elevazione, risultano compresi tra 180 e 235 kPa per plinti quadrati di lato compreso tra 0.8 e 1.6 m e tra 185 e 220 kPa per travi rovesce di larghezza compresa tra 0.8 e 1.6 m con piano di posa a -4.0 m da p.c.. (cfr. Allegato n° 7).



ALLEGATI

ALLEGATO N.1

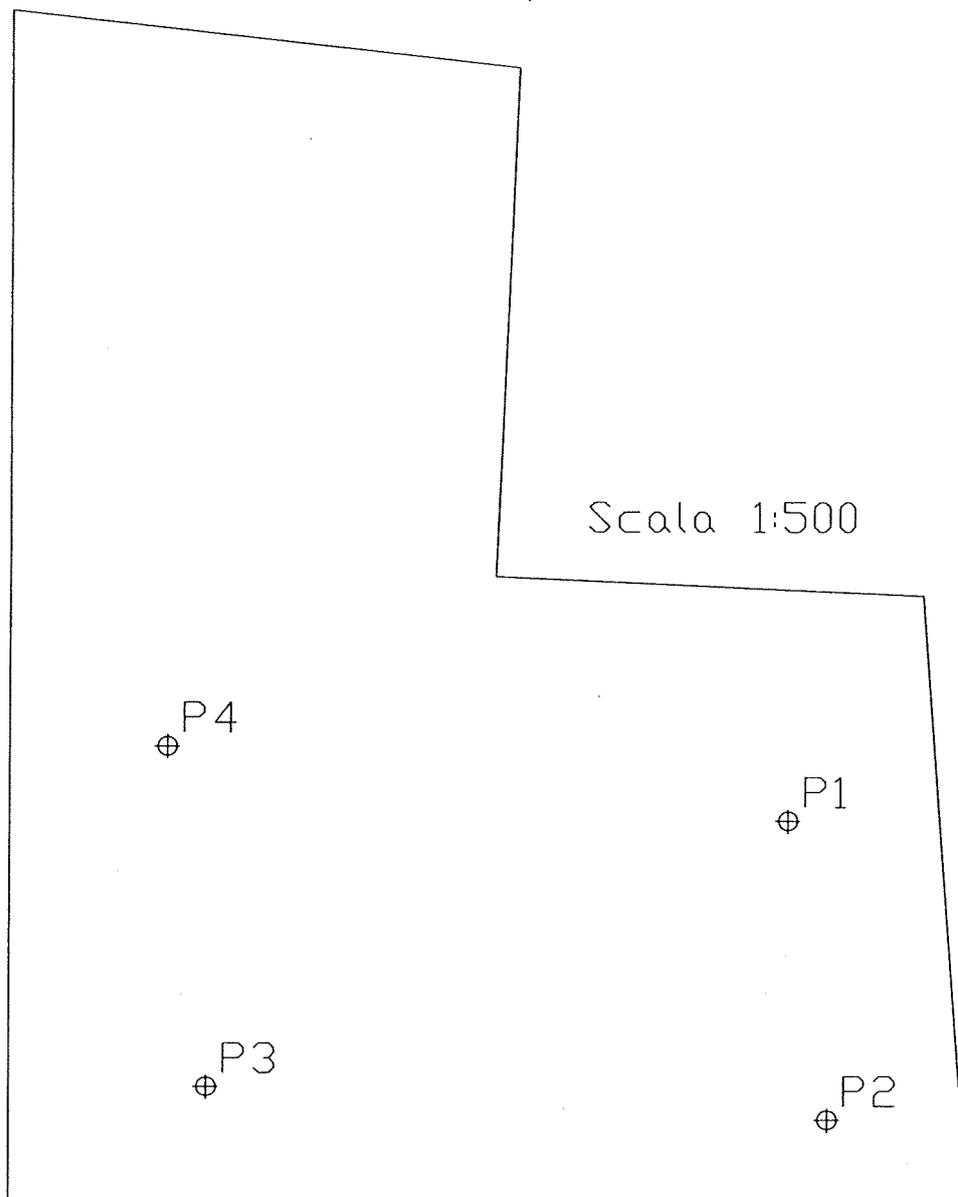
PLANIMETRIA ED UBICAZIONE DELLE INDAGINI

ALLEGATO N.2

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

- RISULTATI -

via S. Colleoni



Scala 1:500

P4

P1

P3

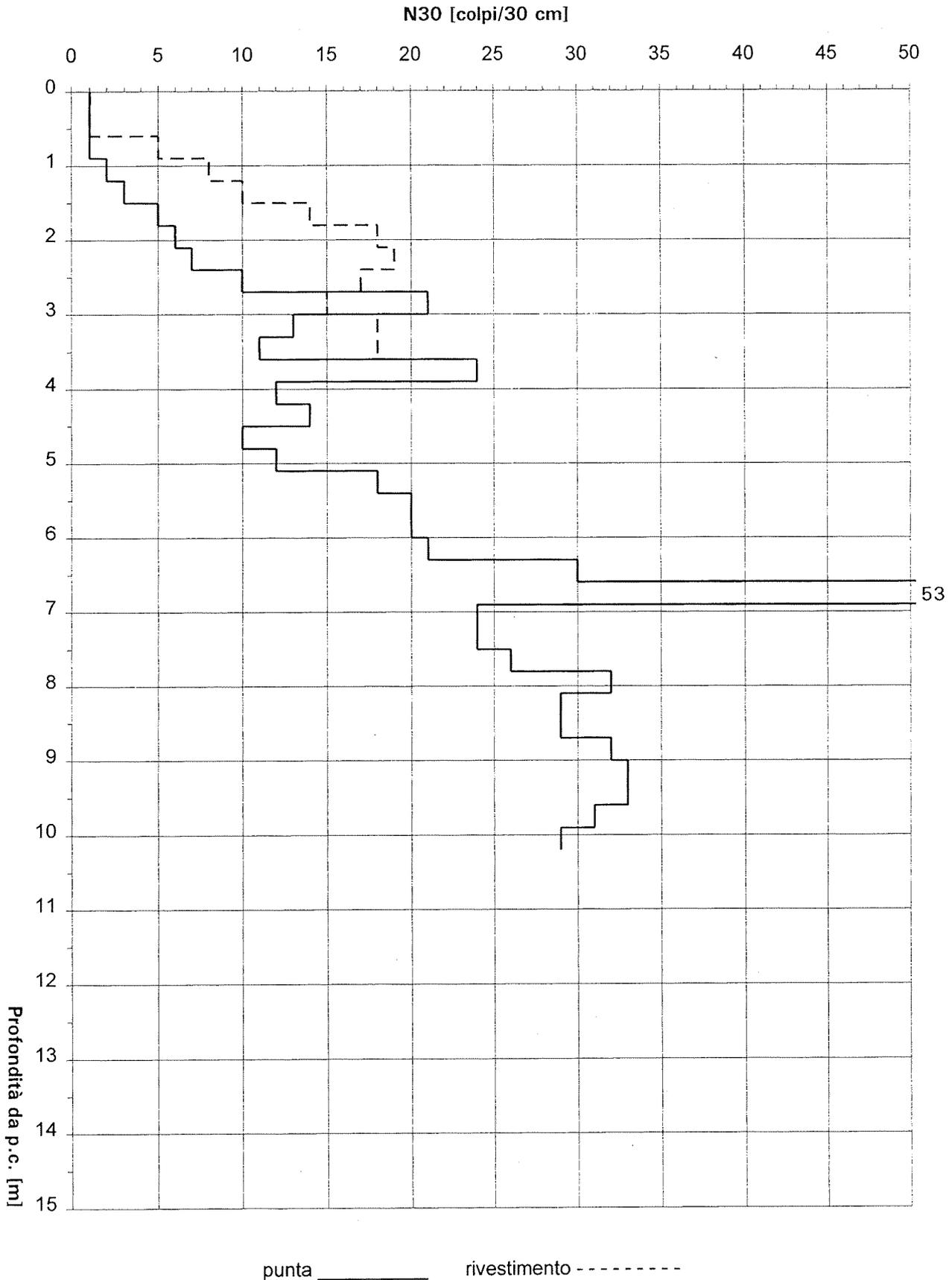
P2

P3
⊕ prova penetrometrica dinamica continua

Prova penetrometrica dinamica P 1

Committente IMPRESA BOLIS
Commessa Complesso residenziale "Al Chioso"

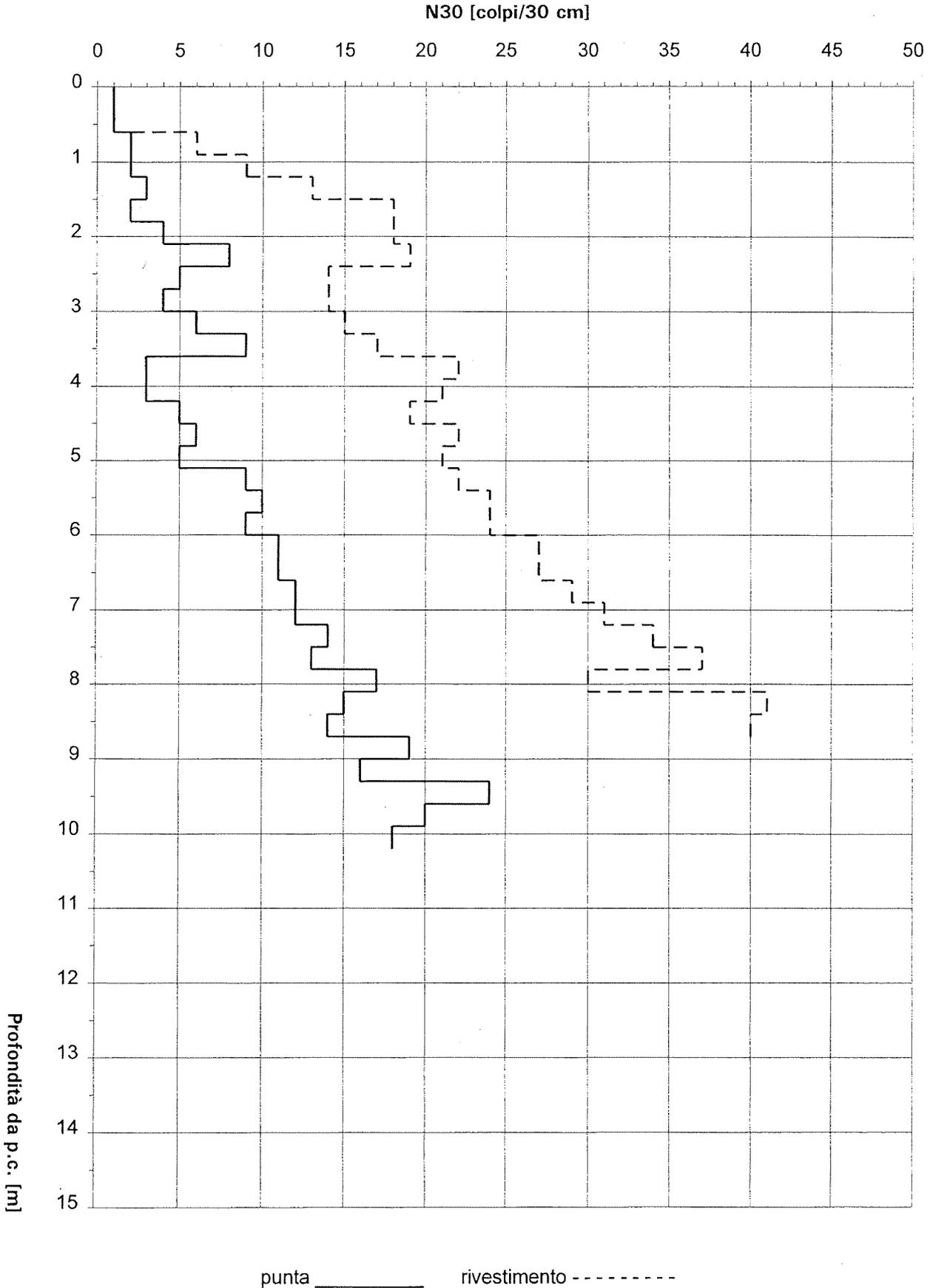
Località Robbiate (LC)
Data 17.12.96



Prova penetrometrica dinamica P 2

Committente IMPRESA BOLIS
Commessa Complesso residenziale "Al Chioso"

Località Robbiate (LC)
Data 17.12.96



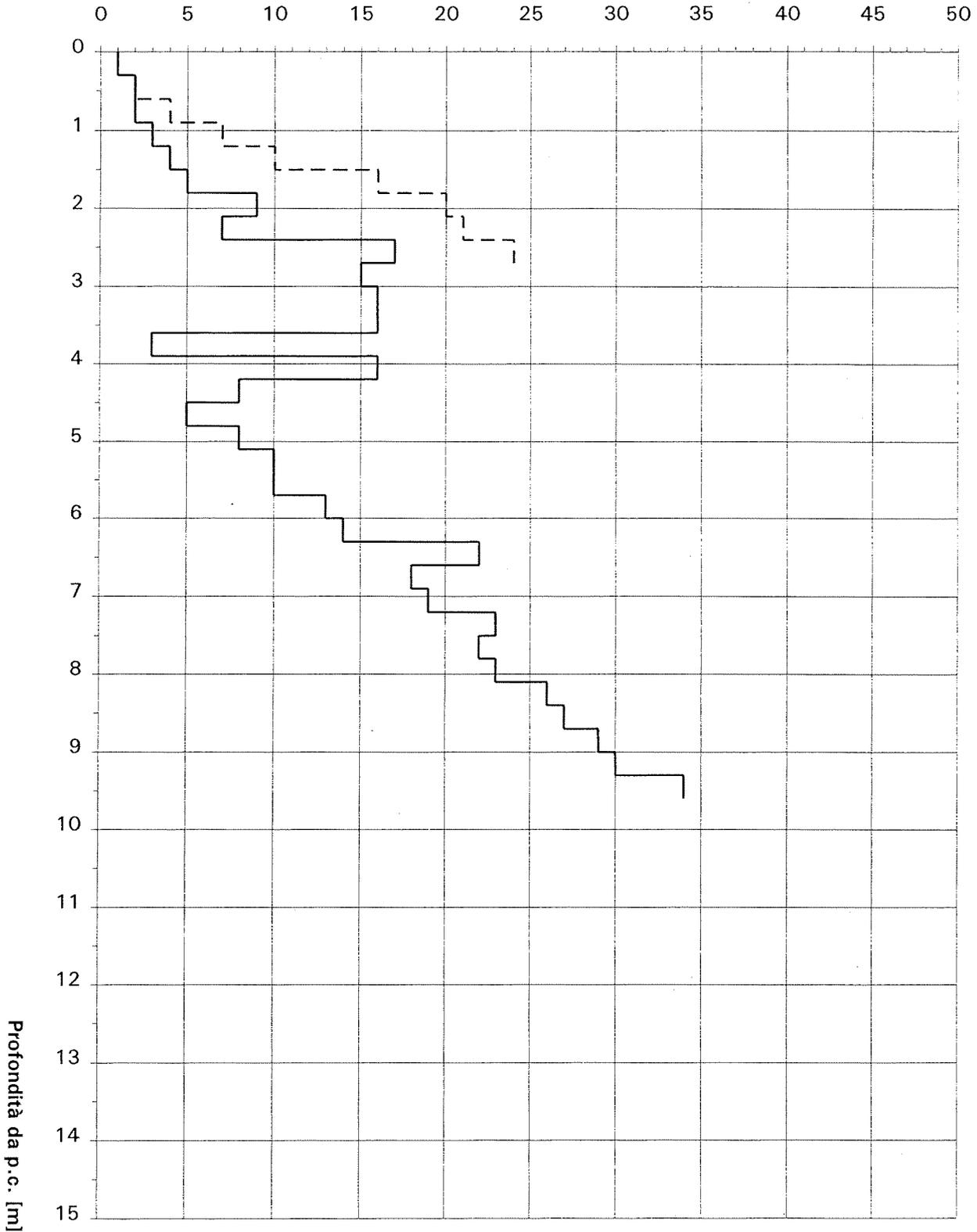
Prova penetrometrica dinamica P 3

Committente
Commessa

IMPRESA BOLIS
Complesso residenziale "Al Chioso"

Località Robbiate (LC)
Data 17.12.96

N30 [colpi/30 cm]

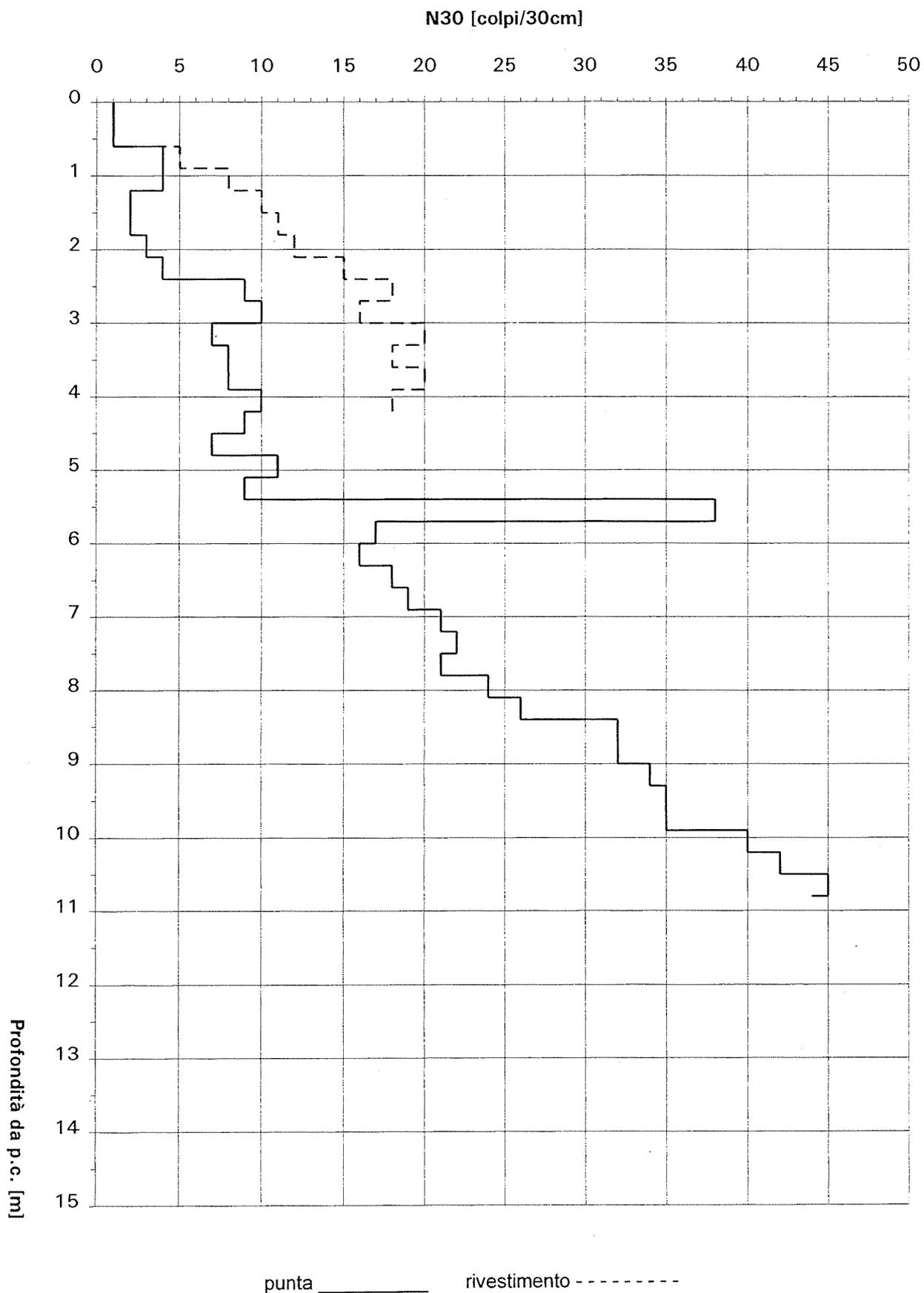


punta _____ rivestimento - - - - -

Prova penetrometrica dinamica P 4

Committente IMPRESA BOLIS
Commessa Complesso residenziale "Al Chioso"

Località Robbiate (LC)
Data 17.12.96



ALLEGATO N.3

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

- INTERPRETAZIONE -

INTERPRETAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
(valida unicamente per terreni normalconsolidati)

Committente	IMPRESA BOLIS
Commessa	Complesso residenziale "Al Chioso"
Località	Robbiate (LC)
Data	17/12/96
Prova	P 1
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 ²]	20
Penetrazione unitaria	[m]	0,30
Correlazione N _{SPT}	[-]	2,00

Prof. [m]	γ' [kN/m ³]	σ'_{vo} [kPa]	N _p [-]	N _{SPT} [c/30 cm]	q _d [MPa]	q _{dn} [-]	Tipo terreno	D _r [-]	ϕ' [°]	c _u [kPa]
0,15	19,00	2,85	1	2	0,83	100	s-g	0,40	37	-
0,45	19,00	8,55	1	2	0,83	46	s	0,31	33	-
0,75	19,00	14,25	1	2	0,78	30	sl, sa, ls	0,26	31	-
1,05	19,00	19,95	2	4	1,56	48	s	0,34	35	-
1,35	19,00	25,65	3	6	2,34	61	s	0,39	37	-
1,65	19,00	31,35	5	10	3,89	88	s	0,48	39	-
1,95	19,00	37,05	6	12	4,67	94	s-g	0,51	40	-
2,25	19,00	42,75	7	14	5,14	93	s-g	0,51	40	-
2,55	20,00	48,75	10	20	7,34	121	s-g	0,59	41	-
2,85	20,00	54,75	21	42	15,41	235	g-s	0,83	45	-
3,15	20,00	60,75	13	26	9,54	135	s-g	0,64	42	-
3,45	20,00	66,75	11	22	8,07	107	s-g	0,57	41	-
3,75	20,00	72,75	24	48	16,66	208	g-s	0,81	44	-
4,05	20,00	78,75	12	24	8,33	98	s-g	0,56	41	-
4,35	20,00	84,75	14	28	9,72	109	s-g	0,59	41	-
4,65	20,00	90,75	10	20	6,94	74	s	0,49	39	-
4,95	20,00	96,75	12	24	8,33	85	s	0,53	40	-
5,25	20,00	102,75	18	36	11,85	116	s-g	0,62	42	-
5,55	20,00	108,75	20	40	13,17	124	s-g	0,65	42	-
5,85	20,00	114,75	20	40	13,17	120	s-g	0,64	42	-
6,15	20,00	120,75	21	42	13,83	121	s-g	0,65	42	-
6,45	20,00	126,75	30	60	19,76	167	s-g	0,76	44	-
6,75	20,00	132,75	53	100	33,19	272	g-s	0,98	46	-
7,05	20,00	138,75	24	48	15,03	120	s-g	0,65	42	-
7,35	20,00	144,75	24	48	15,03	116	s-g	0,65	42	-
7,65	20,00	150,75	26	52	16,28	122	s-g	0,66	42	-
7,95	20,00	156,75	32	64	20,04	146	s-g	0,73	43	-
8,25	20,00	162,75	29	58	17,32	123	s-g	0,67	43	-
8,55	20,00	168,75	29	58	17,32	120	s-g	0,67	43	-
8,85	20,00	174,75	32	64	19,11	129	s-g	0,69	43	-
9,15	20,00	180,75	33	66	19,70	130	s-g	0,70	43	-
9,45	20,00	186,75	33	33	19,70	127	s-g	0,69	43	-
9,75	20,00	192,75	31	62	17,69	112	s-g	0,65	42	-
10,05	20,00	198,75	29	58	16,54	102	s-g	0,63	42	-

LEGENDA

γ' : Peso di volume efficace del terreno

σ'_{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 normalizzata [Olsen, 1984]

D_r : Densità relativa [Baldi, 1982]

ϕ' : angolo d'attrito efficace di picco [Robertson & Campanella, 1983]

c_u : Coesione non drenata [Begemann, 1963]

Tipo terreno [Olsen, '84] : g-s = ghiaie e sabbie

s-g = sabbie e ghiaie

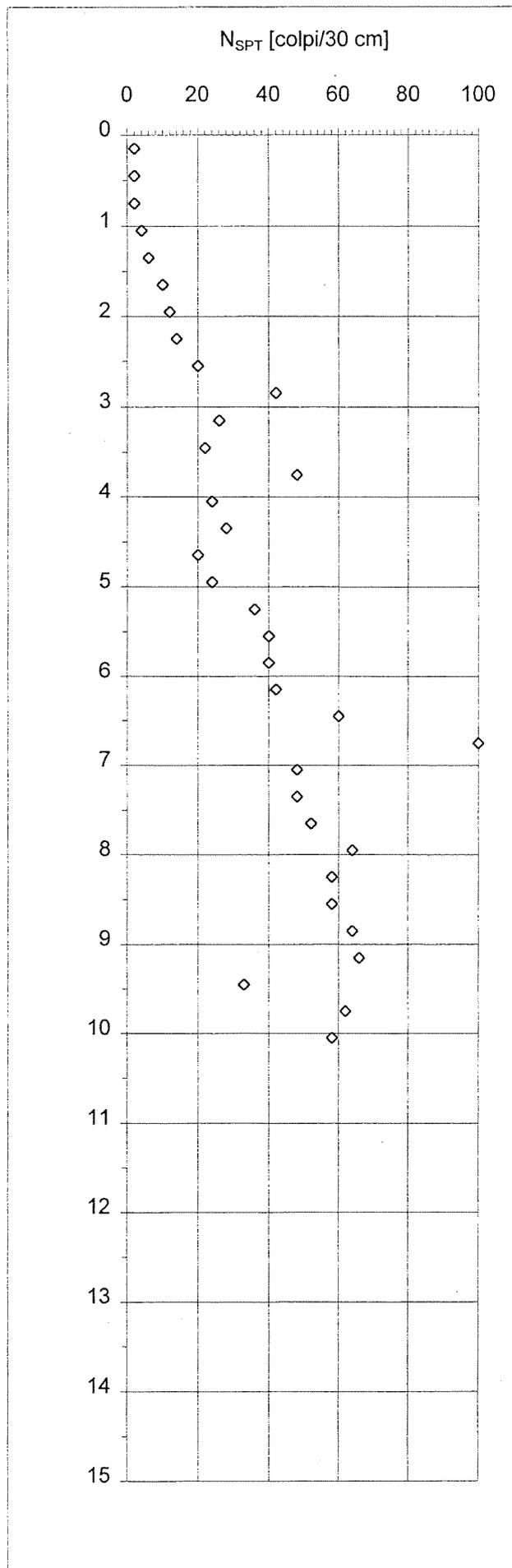
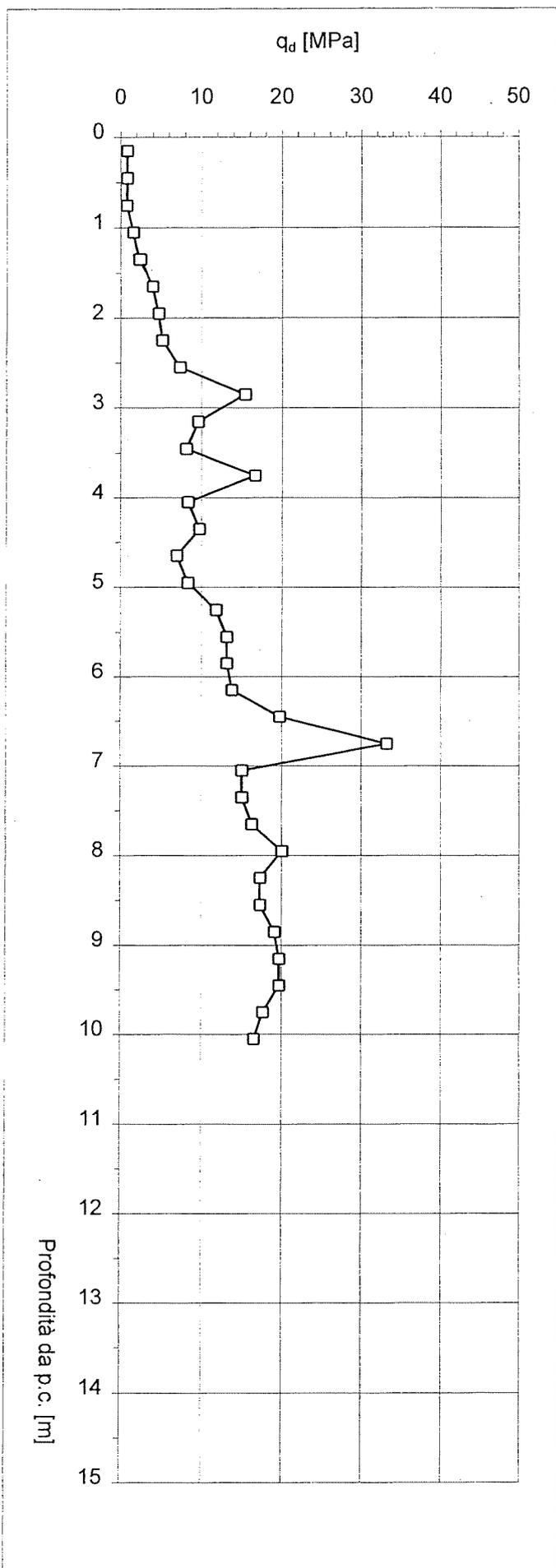
s = sabbie e sabbie limose

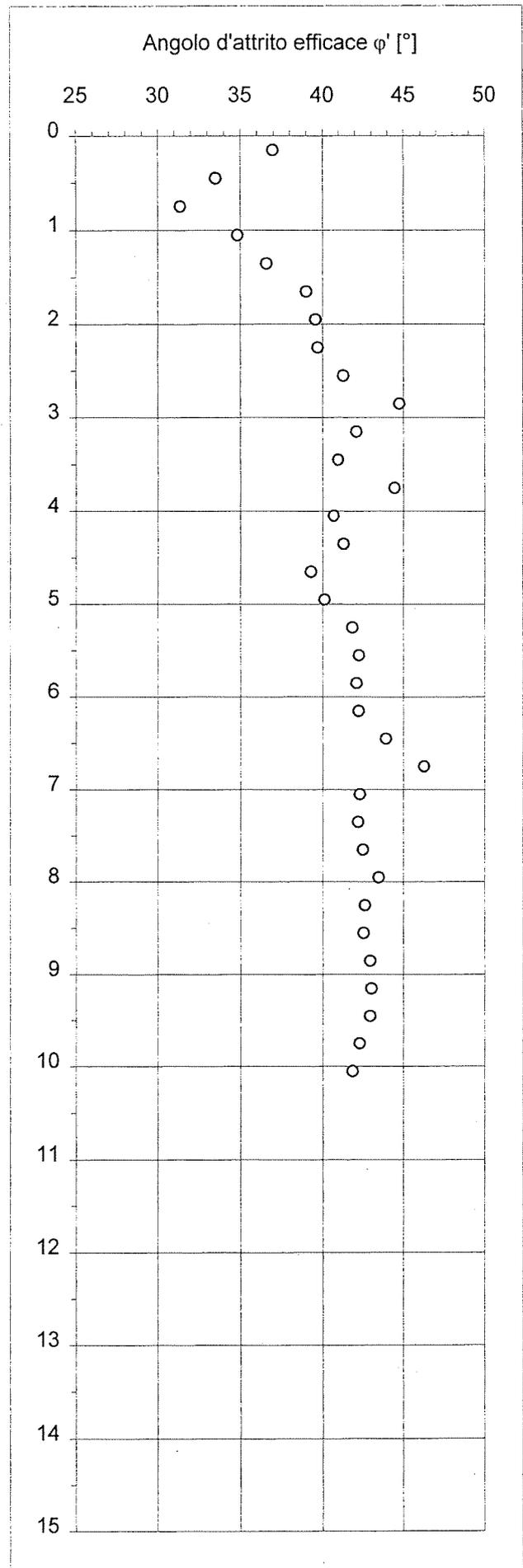
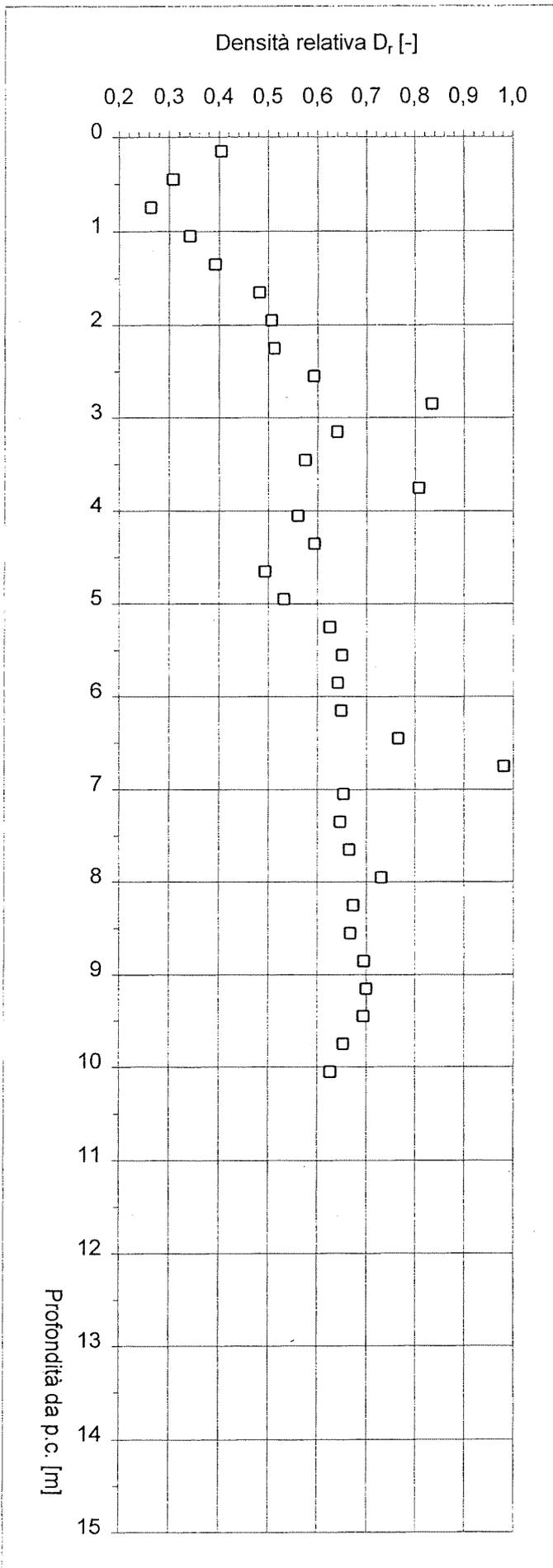
sl, sa, ls = sabbie limose, sabbie argillose, limi sabbiosi

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	IMPRESA BOLIS
Commessa	Complesso residenziale "Al Chioso"
Località	Robbiate (LC)
Data	17/12/96
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 ²]	20
Penetrazione unitaria	[m]	0,30
Correlazione N _{SPT}	[-]	2,00

Prof. [m]	γ' [kN/m ³]	σ'_{vo} [kPa]	N _P [-]	N _{SPT} [c/30 cm]	q _d [MPa]	q _{dn} [-]	Tipo terreno	D _r [-]	ϕ' [°]	c _u [kPa]
0,15	19,00	2,85	1	2	0,83	100	s-g	0,40	37	-
0,45	19,00	8,55	1	2	0,83	46	s	0,31	33	-
0,75	19,00	14,25	2	4	1,56	61	s	0,37	36	-
1,05	19,00	19,95	2	4	1,56	48	s	0,34	35	-
1,35	19,00	25,65	3	6	2,34	61	s	0,39	37	-
1,65	19,00	31,35	2	4	1,56	35	sl, sa, ls	0,30	33	-
1,95	19,00	37,05	4	8	3,11	62	s	0,41	37	-
2,25	19,00	42,75	8	16	5,87	106	s-g	0,55	40	-
2,55	19,00	48,45	5	10	3,67	61	s	0,42	37	-
2,85	19,00	54,15	4	8	2,94	45	s	0,36	36	-
3,15	19,00	59,85	6	12	4,40	63	s	0,44	38	-
3,45	19,00	65,55	9	18	6,61	89	s	0,52	40	-
3,75	19,00	71,25	3	6	2,08	26	sl, sa, ls	0,29	33	-
4,05	19,00	76,95	3	6	2,08	25	sl, sa, ls	0,28	32	-
4,35	19,00	82,65	5	10	3,47	40	sl, sa, ls	0,36	35	-
4,65	19,00	88,35	6	12	4,17	45	s	0,38	36	-
4,95	19,00	94,05	5	10	3,47	36	sl, sa, ls	0,35	35	-
5,25	20,00	100,05	9	18	5,93	59	s	0,44	38	-
5,55	20,00	106,05	10	20	6,59	63	s	0,46	39	-
5,85	20,00	112,05	9	18	5,93	55	s	0,43	38	-
6,15	20,00	118,05	11	22	7,24	64	s	0,47	39	-
6,45	20,00	124,05	11	22	7,24	62	s	0,47	39	-
6,75	20,00	130,05	12	24	7,52	63	s	0,47	39	-
7,05	20,00	136,05	12	24	7,52	61	s	0,46	39	-
7,35	20,00	142,05	14	28	8,77	69	s	0,50	39	-
7,65	20,00	148,05	13	26	8,14	62	s	0,47	39	-
7,95	20,00	154,05	17	34	10,65	79	s	0,53	40	-
8,25	20,00	160,05	15	30	8,96	64	s	0,49	39	-
8,55	20,00	166,05	14	28	8,36	59	s	0,47	39	-
8,85	20,00	172,05	19	38	11,35	78	s	0,54	40	-
9,15	20,00	178,05	16	32	9,55	64	s	0,49	39	-
9,45	20,00	184,05	24	33	14,33	93	s-g	0,59	41	-
9,75	20,00	190,05	20	40	11,41	73	s	0,53	40	-
10,05	20,00	196,05	18	36	10,27	64	s	0,49	39	-

LEGENDA

γ' : Peso di volume efficace del terreno

σ'_{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]

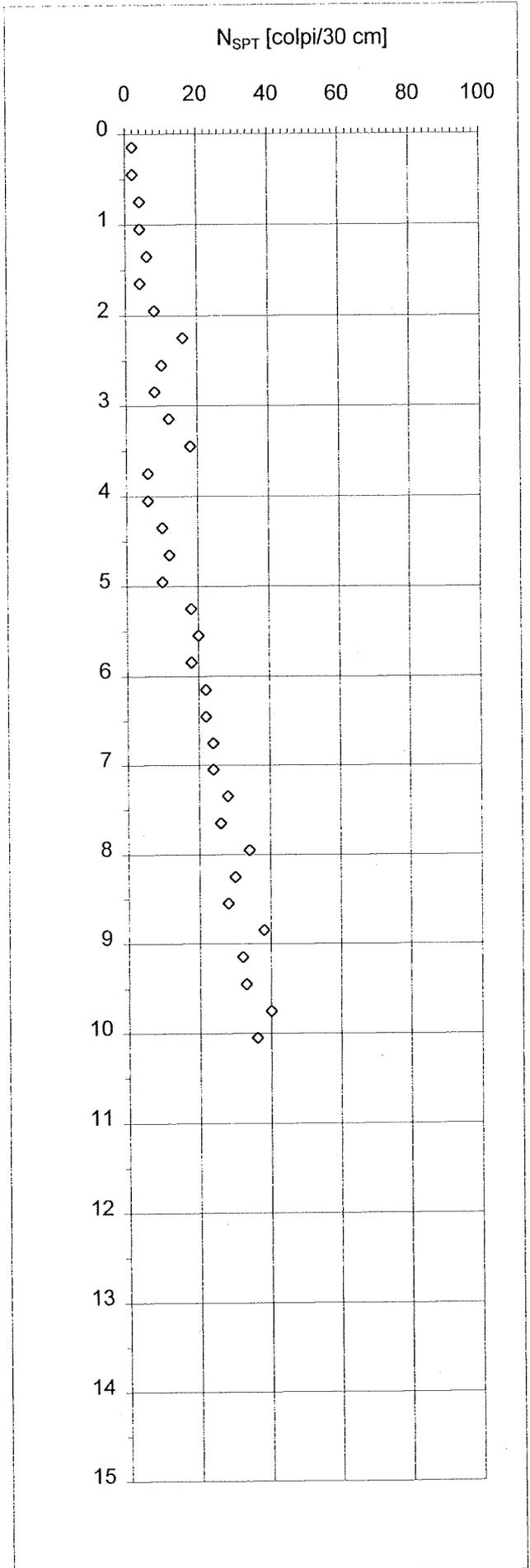
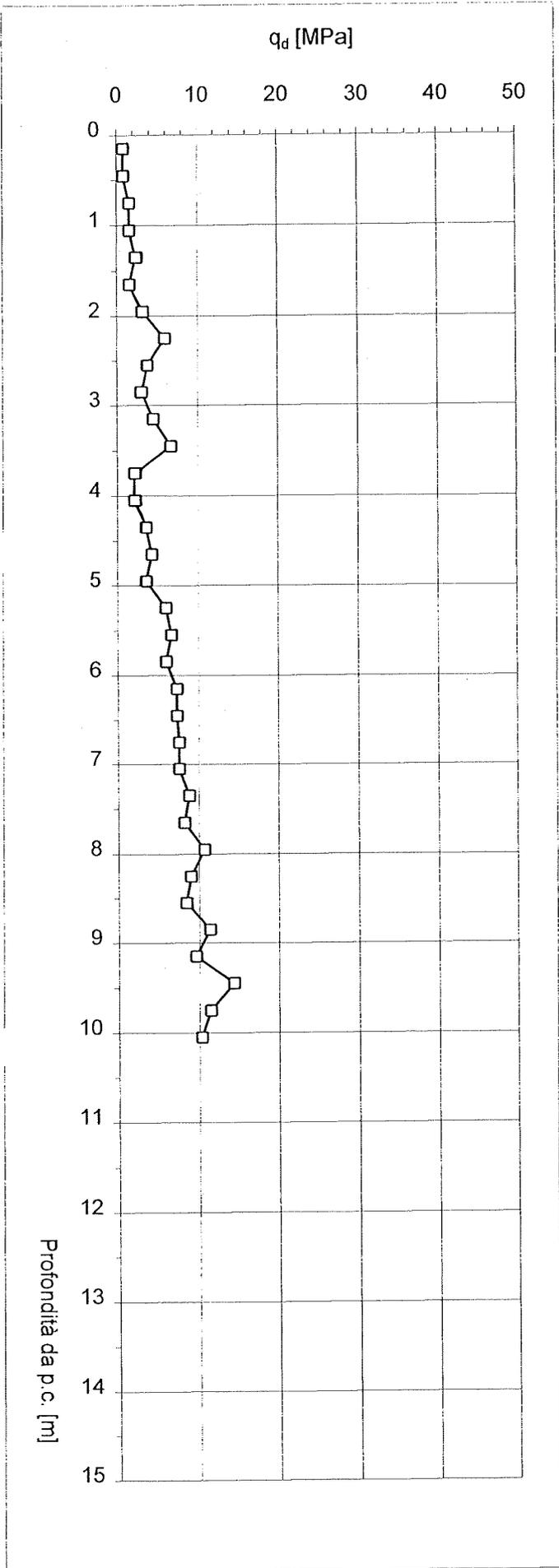
q_{dn} : Resistenza alla penetrazione normalizzata [Olsen, 1984]

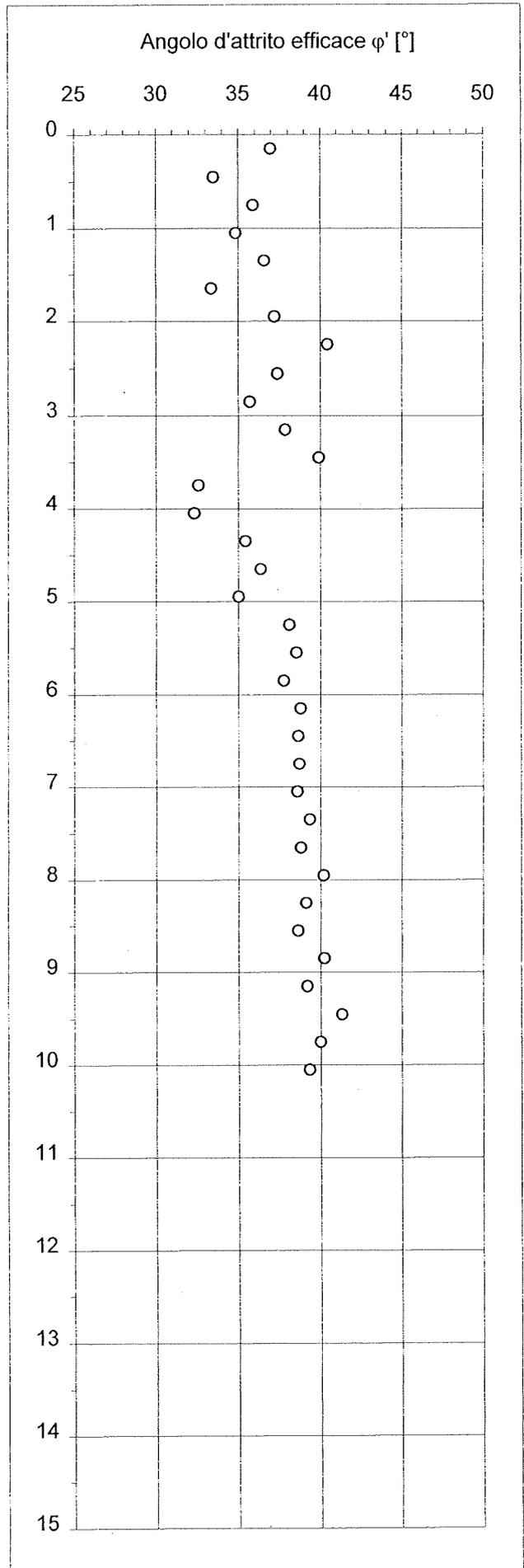
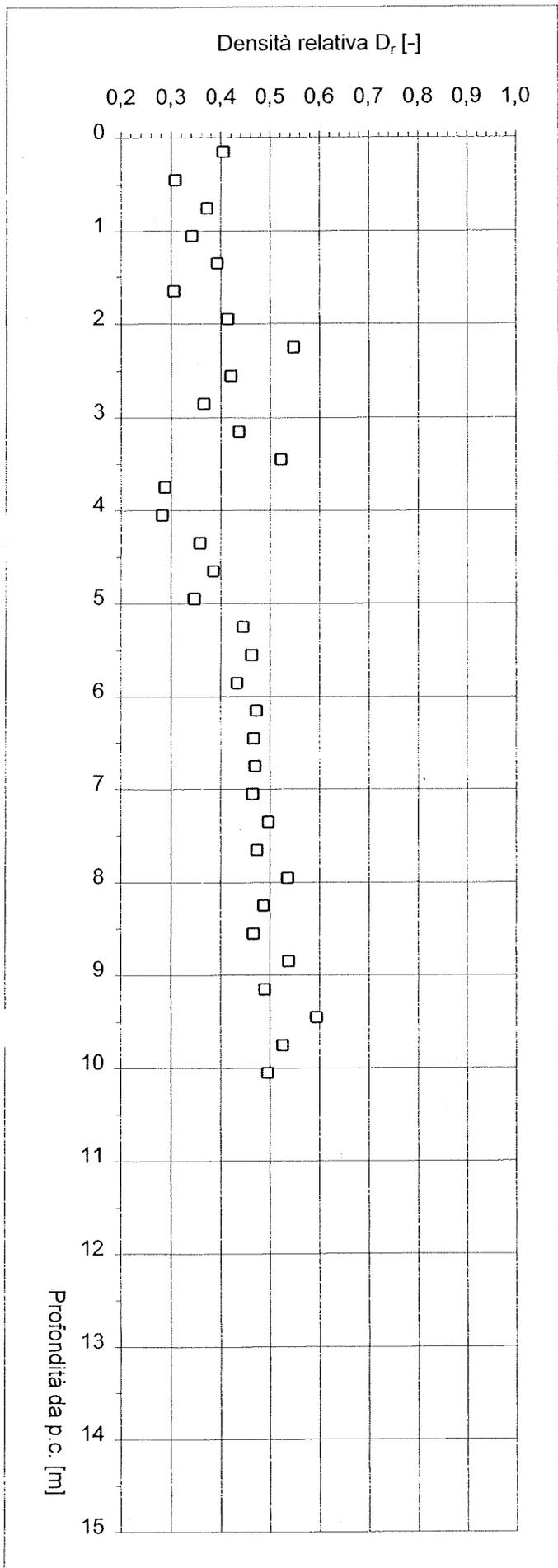
D_r : Densità relativa [Baldi, 1982]

ϕ' : angolo d'attrito efficace di picco [Robertson & Campanella, 1983]

c_u : Coesione non drenata [Begemann, 1963]

Tipo terreno [Olsen, '84] : g-s = ghiaie e sabbie
s-g = sabbie e ghiaie
s = sabbie e sabbie limose
sl, sa, ls = sabbie limose, sabbie argillose, 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	IMPRESA BOLIS
Commessa	Complesso residenziale "Al Chioso"
Località	Robbiate (LC)
Data	17/12/96
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 ²]	20
Penetrazione unitaria	[m]	0,30
Correlazione N_{SPT}	[-]	2,00

Prof. [m]	γ' [kN/m ³]	σ'_{vo} [kPa]	N_p [-]	N_{SPT} [c/30 cm]	q_d [MPa]	q_{dn} [-]	Tipo terreno	D_r [-]	ϕ' [°]	c_u [kPa]
0,15	19,00	2,85	1	2	0,83	100	s-g	0,40	37	-
0,45	19,00	8,55	2	4	1,66	93	s-g	0,43	38	-
0,75	19,00	14,25	2	4	1,56	61	s	0,37	36	-
1,05	19,00	19,95	3	6	2,34	72	s	0,42	37	-
1,35	19,00	25,65	4	8	3,11	81	s	0,45	38	-
1,65	19,00	31,35	5	10	3,89	88	s	0,48	39	-
1,95	19,00	37,05	9	18	7,01	140	s-g	0,62	42	-
2,25	19,00	42,75	7	14	5,14	93	s-g	0,51	40	-
2,55	20,00	48,75	17	34	12,48	206	g-s	0,77	44	-
2,85	20,00	54,75	15	30	11,01	168	s-g	0,70	43	-
3,15	20,00	60,75	16	32	11,74	166	s-g	0,71	43	-
3,45	20,00	66,75	16	32	11,74	156	s-g	0,69	43	-
3,75	20,00	72,75	3	6	2,08	26	sl, sa, ls	0,29	32	-
4,05	20,00	78,75	16	32	11,11	131	s-g	0,65	42	-
4,35	20,00	84,75	8	16	5,55	62	s	0,45	38	-
4,65	20,00	90,75	5	10	3,47	37	sl, sa, ls	0,35	35	-
4,95	20,00	96,75	8	16	5,55	57	s	0,43	38	-
5,25	20,00	102,75	10	20	6,59	65	s	0,47	39	-
5,55	20,00	108,75	10	20	6,59	62	s	0,46	38	-
5,85	20,00	114,75	13	26	8,56	78	s	0,52	40	-
6,15	20,00	120,75	14	28	9,22	81	s	0,53	40	-
6,45	20,00	126,75	22	44	14,49	123	s-g	0,65	42	-
6,75	20,00	132,75	18	36	11,27	92	s-g	0,57	41	-
7,05	20,00	138,75	19	38	11,90	95	s-g	0,58	41	-
7,35	20,00	144,75	23	46	14,41	111	s-g	0,63	42	-
7,65	20,00	150,75	22	44	13,78	103	s-g	0,61	42	-
7,95	20,00	156,75	23	46	14,41	105	s-g	0,62	42	-
8,25	20,00	162,75	26	52	15,52	110	s-g	0,64	42	-
8,55	20,00	168,75	27	54	16,12	112	s-g	0,64	42	-
8,85	20,00	174,75	29	58	17,32	117	s-g	0,66	42	-
9,15	20,00	180,75	30	60	17,91	118	s-g	0,67	43	-
9,45	20,00	186,75	34	33	20,30	131	s-g	0,70	43	-

LEGENDA

γ' : Peso di volume efficace del terreno

σ'_{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 normalizzata [Olsen, 1984]

D_r : Densità relativa [Baldi, 1982]

ϕ' : angolo d'attrito efficace di picco [Robertson & Campanella, 1983]

c_u : Coesione non drenata [Begemann, 1963]

Tipo terreno [Olsen, '84] : g-s = ghiaie e sabbie

s-g = sabbie e ghiaie

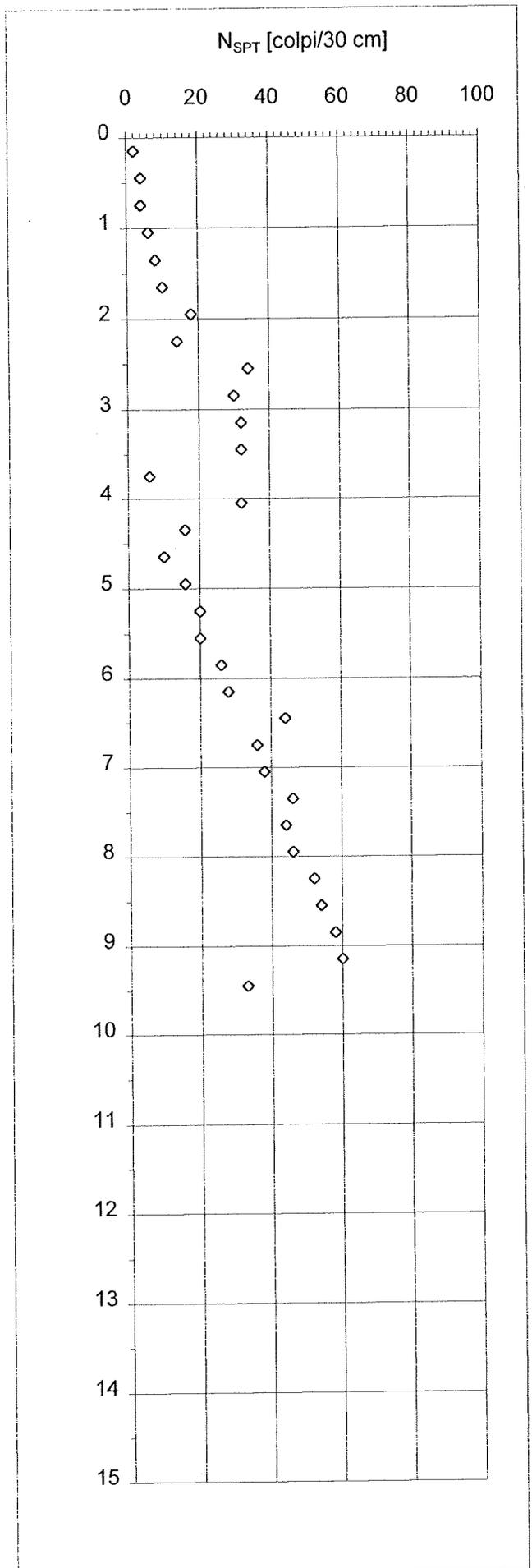
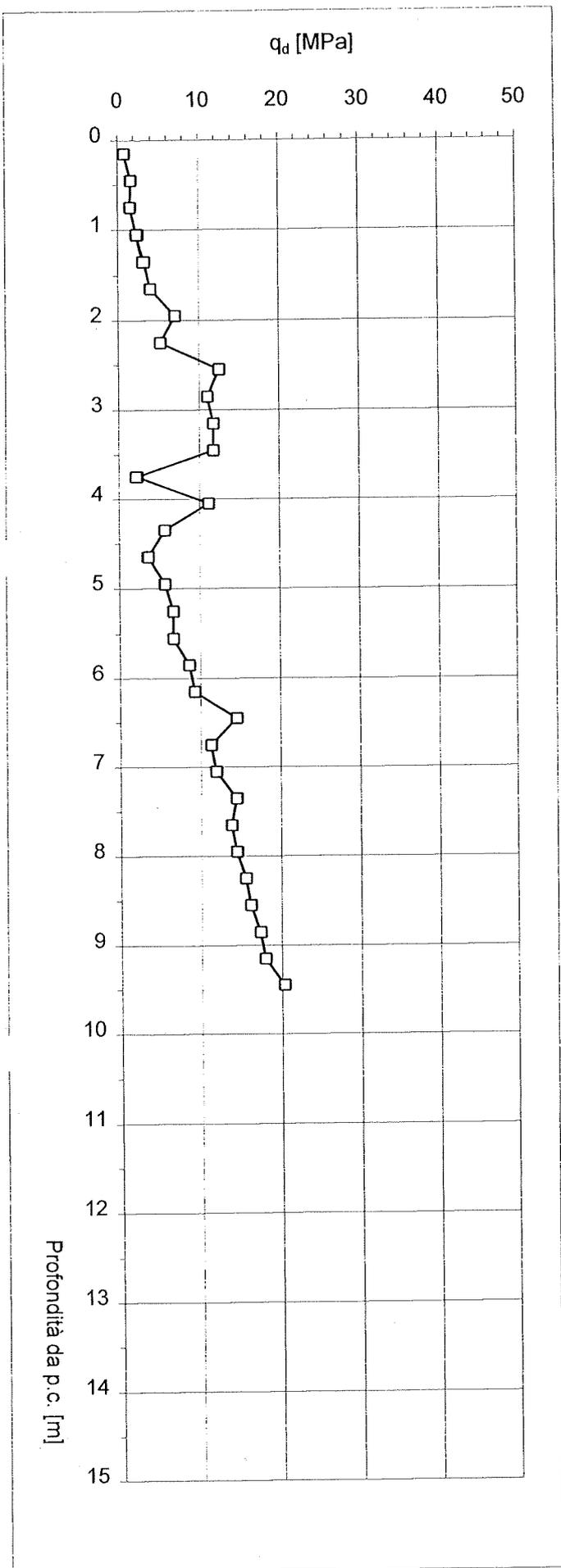
s = sabbie e sabbie limose

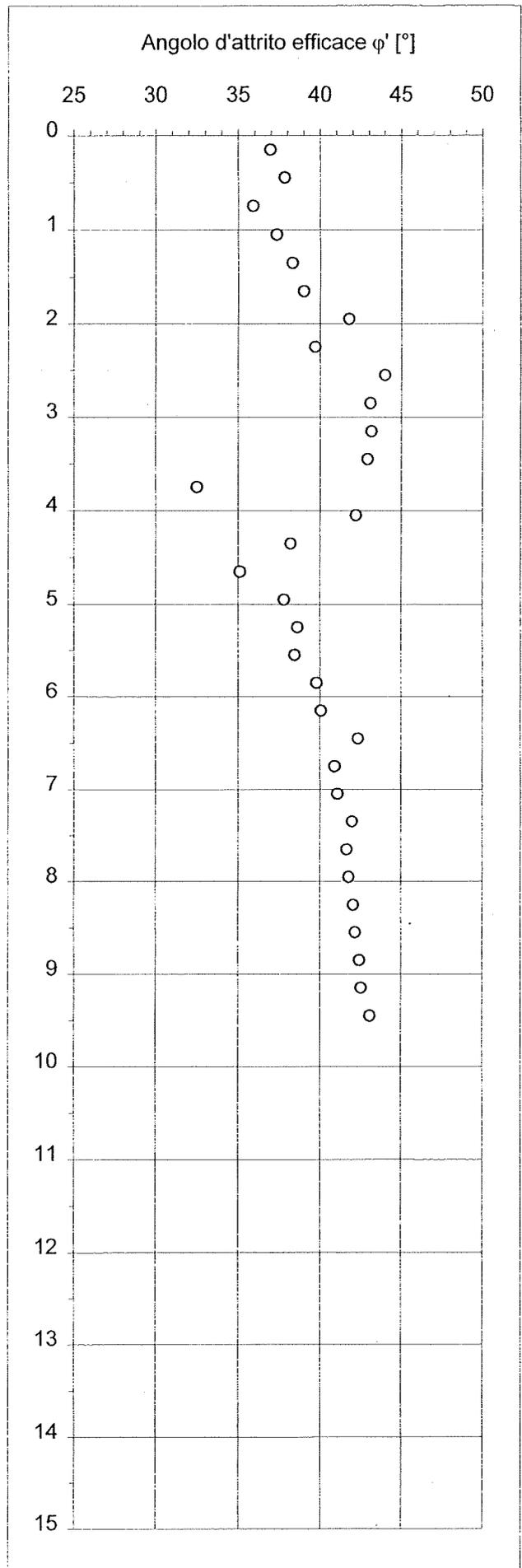
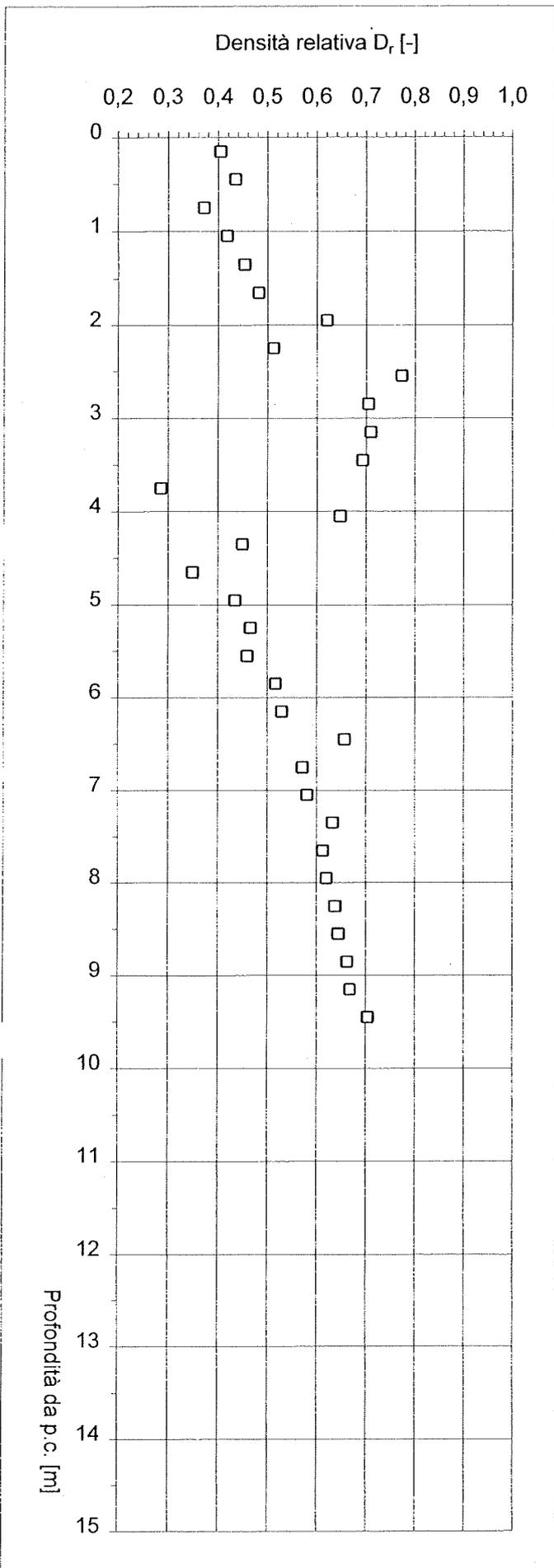
sl, sa, ls = sabbie limose, sabbie argillose, limi sabbiosi

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	IMPRESA BOLIS
Commessa	Complesso residenziale "Al Chioso"
Località	Robbiate (LC)
Data	17/12/96
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 ²]	20
Penetrazione unitaria	[m]	0,30
Correlazione N _{SPT}	[-]	2,00

Prof. [m]	γ' [kN/m ³]	σ'_{vo} [kPa]	N _p [-]	N _{SPT} [c/30 cm]	q _d [MPa]	q _{dn} [-]	Tipo terreno	D _r [-]	ϕ' [°]	c _u [kPa]
0,15	19,00	2,85	1	2	0,83	100	s-g	0,40	37	-
0,45	19,00	8,55	1	2	0,83	46	s	0,31	33	-
0,75	19,00	14,25	4	8	3,11	122	s-g	0,52	40	-
1,05	19,00	19,95	4	8	3,11	96	s-g	0,48	39	-
1,35	19,00	25,65	2	4	1,56	40	s	0,32	34	-
1,65	19,00	31,35	2	4	1,56	35	sl, sa, ls	0,30	33	-
1,95	19,00	37,05	3	6	2,34	47	s	0,36	35	-
2,25	19,00	42,75	4	8	2,94	53	s	0,39	36	-
2,55	20,00	48,75	9	18	6,61	109	s-g	0,56	41	-
2,85	20,00	54,75	10	20	7,34	112	s-g	0,58	41	-
3,15	20,00	60,75	7	14	5,14	73	s	0,47	39	-
3,45	20,00	66,75	8	16	5,87	78	s	0,49	39	-
3,75	20,00	72,75	8	16	5,55	69	s	0,47	39	-
4,05	20,00	78,75	10	20	6,94	82	s	0,51	40	-
4,35	20,00	84,75	9	18	6,25	70	s	0,48	39	-
4,65	20,00	90,75	7	14	4,86	52	s	0,41	37	-
4,95	20,00	96,75	11	22	7,64	78	s	0,51	40	-
5,25	20,00	102,75	9	18	5,93	58	s	0,44	38	-
5,55	20,00	108,75	38	76	25,02	236	g-s	0,89	45	-
5,85	20,00	114,75	17	34	11,19	102	s-g	0,59	41	-
6,15	20,00	120,75	16	32	10,54	92	s-g	0,57	41	-
6,45	20,00	126,75	18	36	11,85	100	s-g	0,59	41	-
6,75	20,00	132,75	19	38	11,90	98	s-g	0,59	41	-
7,05	20,00	138,75	21	42	13,15	105	s-g	0,61	42	-
7,35	20,00	144,75	22	44	13,78	106	s-g	0,62	42	-
7,65	20,00	150,75	21	42	13,15	99	s-g	0,60	41	-
7,95	20,00	156,75	24	48	15,03	110	s-g	0,63	42	-
8,25	20,00	162,75	26	52	15,52	110	s-g	0,64	42	-
8,55	20,00	168,75	32	64	19,11	132	s-g	0,70	43	-
8,85	20,00	174,75	32	64	19,11	129	s-g	0,69	43	-
9,15	20,00	180,75	34	68	20,30	134	s-g	0,71	43	-
9,45	20,00	186,75	35	70	20,90	135	s-g	0,71	43	-
9,75	20,00	192,75	35	70	19,97	126	s-g	0,69	43	-
10,05	20,00	198,75	40	80	22,82	141	s-g	0,73	44	-

Prof. [m]	γ' [kN/m ³]	σ'_{vo} [kPa]	N_p [-]	N_{SPT} [c/30 cm]	q_d [MPa]	q_{dn} [-]	Tipo terreno	D_r [-]	ϕ' [°]	c_u [kPa]
10,35	20,00	204,75	42	84	23,96	145	s-g	0,75	44	-
10,65	20,00	210,75	45	90	25,67	152	s-g	0,77	44	-
10,95	20,00	216,75	44	88	25,10	146	s-g	0,75	44	-

LEGENDA

γ' : Peso di volume efficace del terreno

σ'_{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 normalizzata [Olsen, 1984]

D_r : Densità relativa [Baldi, 1982]

ϕ' : angolo d'attrito efficace di picco [Robertson & Campanella, 1983]

c_u : Coesione non drenata [Begemann, 1963]

Tipo terreno [Olsen, '84] : g-s = ghiaie e sabbie

s-g = sabbie e ghiaie

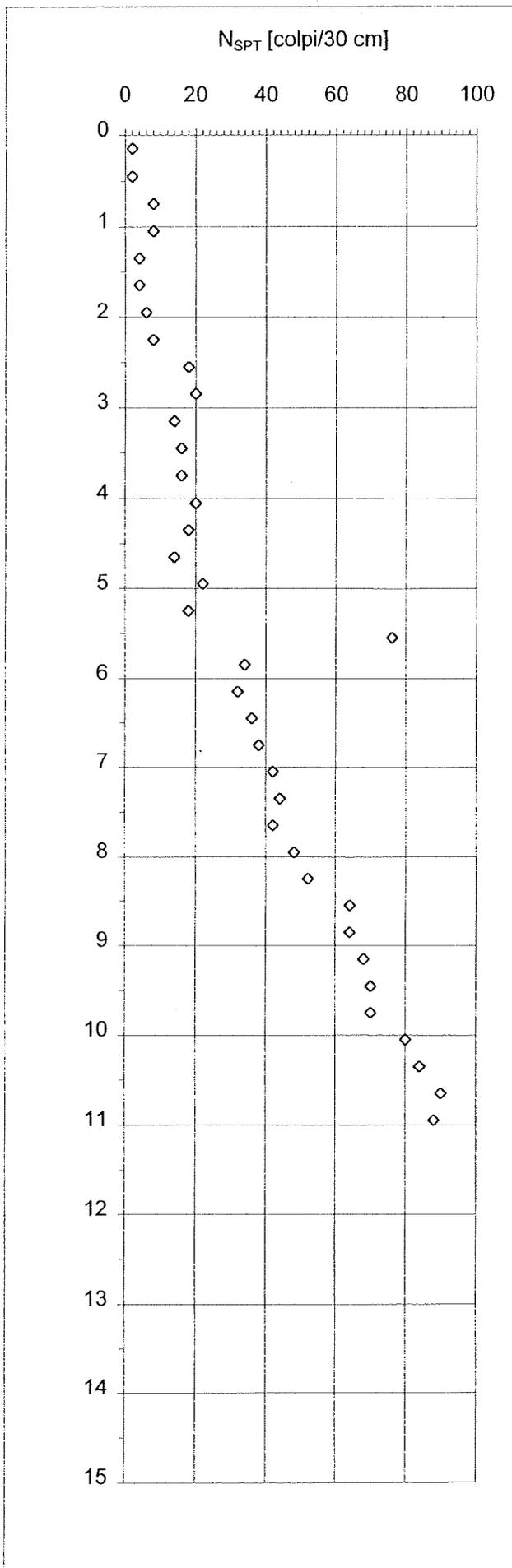
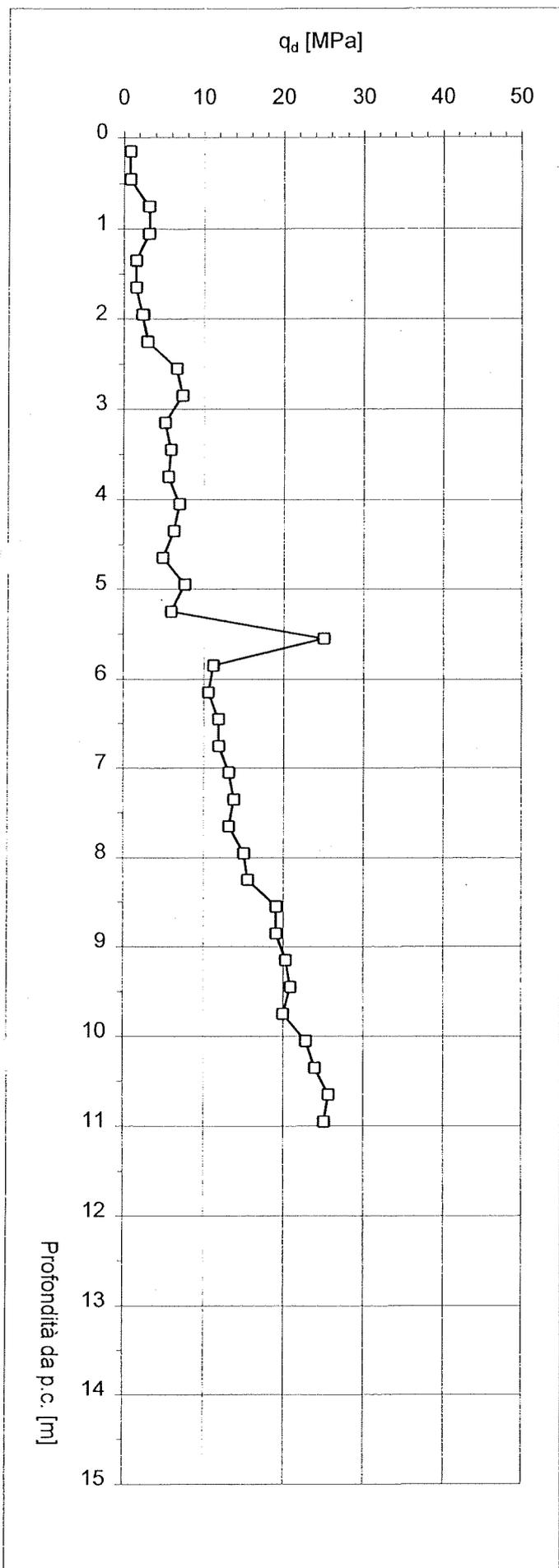
s = sabbie e sabbie limose

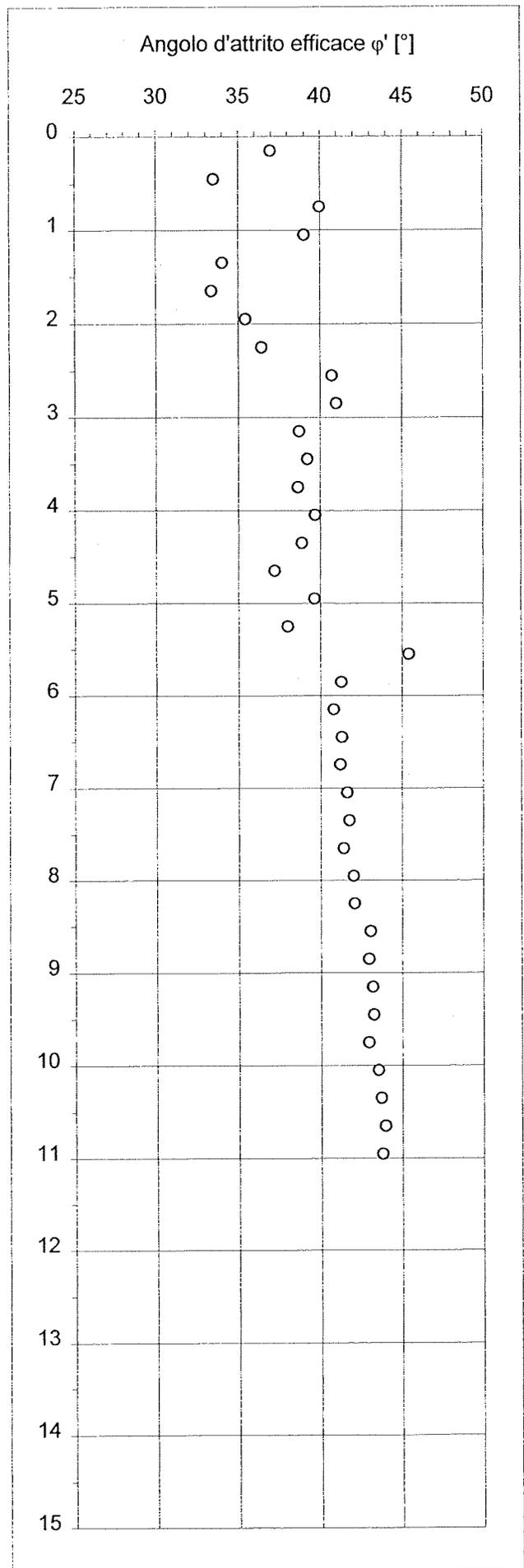
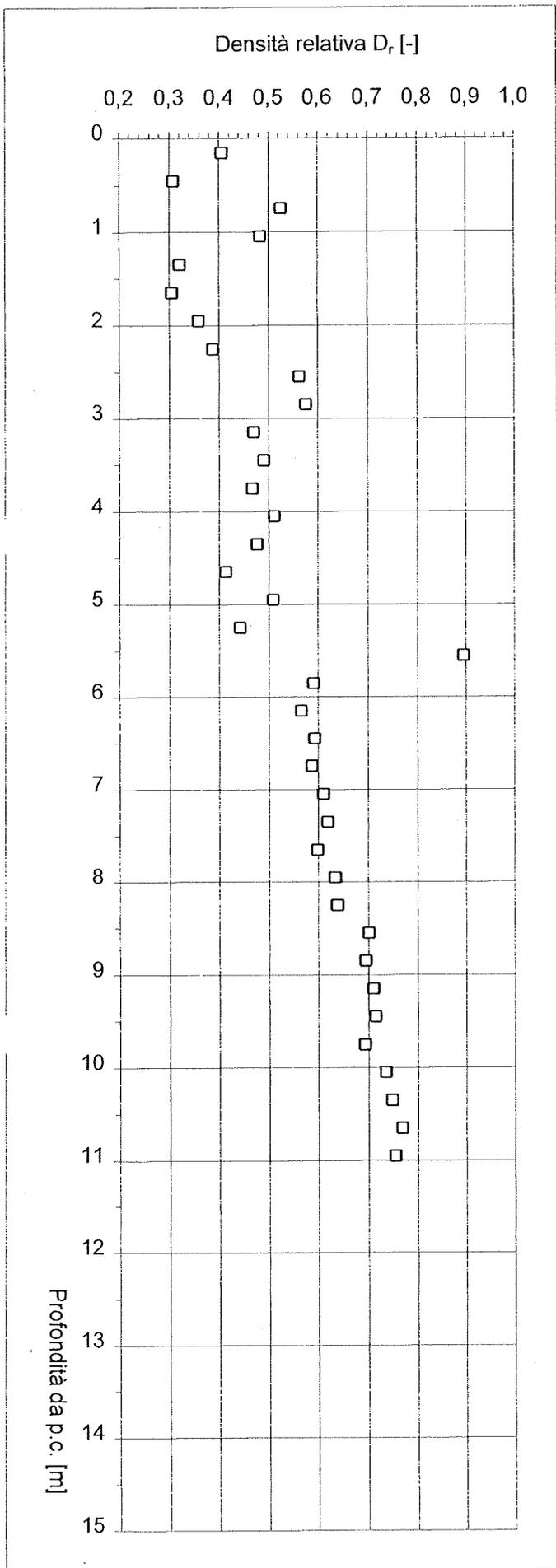
sl, sa, ls = sabbie limose, sabbie argillose, limi sabbiosi

ls, la = limi sabbiosi, limi argillosi

la, al = limi argillosi, argille limose

a-t = argille - torbe





ALLEGATO N.4

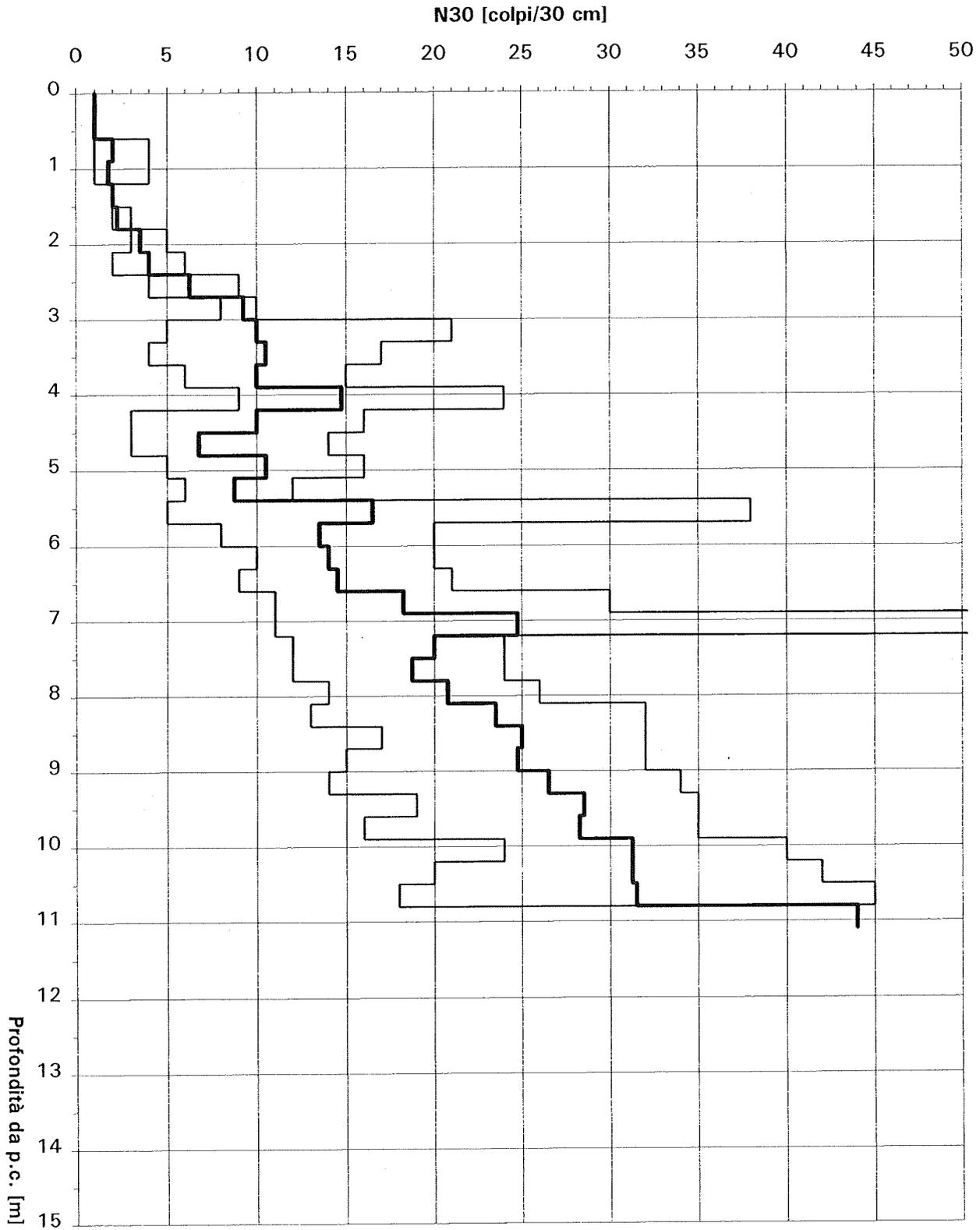
PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

- INVILUPPO DELLE RESISTENZE -

Inviluppo delle resistenze (P1, P2, P3, P4)

Committente IMPRESA BOLIS
Commessa Complesso residenziale "Al Chioso"

Località Robbiate (LC)
Data 17.12.96



ALLEGATO N.5

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

- RISULTATI -

CAPACITA' PORTANTE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Equazione di Brinch-Hansen (terreni incoerenti mediamente addensati)

Committente	IMPRESA BOLIS
Commessa:	Complesso residenziale "Al Chioso"
Localita':	Robbiate (LC)
Data:	18/12/96

Caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione

φ' [°]	D_r [-]	γ_n [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	γ'_r [kN/m ³]	D_f [m]	z_w [m]	D_w [m]	σ'_{vo} [kPa]
36	0,45	19,5	-	13,0	4,00	-	-	78

Fattori di capacità portante

φ'_r [°]	N_q (Prandtl) [-]	N_γ (Hansen) [-]
35	33,81	34,61

Fondazioni a plinto isolato

B [m]	L [m]	γ_c [kN/m ³]	s_γ [-]	D [m]	s_q [-]
0,80	0,80	19,5	0,60	0,3	1,70
1,00	1,00	19,5	0,60	0,3	1,70
1,20	1,20	19,5	0,60	0,3	1,70
1,40	1,40	19,5	0,60	0,3	1,70
1,60	1,60	19,5	0,60	0,3	1,70

q_{lim} [kPa]	F_s [-]	q_{amm} [kPa]
387	3	181
427		194
468		208
508		221
549		235

Fondazioni a trave rovescia

B [m]	γ_c [kN/m ³]	D [m]
0,80	19,5	0,3
1,00	19,5	0,3
1,20	19,5	0,3
1,40	19,5	0,3
1,60	19,5	0,3

q_{lim} [kPa]	F_s [-]	q_{amm} [kPa]
402	3	186
469		208
537		231
604		253
672		276

LEGENDA

φ'	=	angolo di attrito efficace
D_r	=	densità relativa
γ_n	=	peso di volume naturale del terreno sopra falda
γ_{sat}	=	peso di volume saturo del terreno sotto falda
γ'_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
σ'_{vo}	=	tensione verticale efficace alla quota di imposta della fondazione
φ'_r	=	angolo di attrito efficace ridotto in funzione della densità relativa
N_c, N_q, N_γ	=	fattori di capacità portante
B	=	larghezza della fondazione
L	=	lunghezza della fondazione
D	=	profondità di incasso della fondazione
s_q, s_γ	=	fattori di forma
q_{lim}	=	capacità portante limite
F_s	=	fattore di sicurezza
q_{amm}	=	capacità portante ammissibile

ALLEGATO N.6

VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI

- RISULTATI -

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

Metodo di Burland e Burbidge (1984)

Committente:	IMPRESA BOLIS
Commessa:	Complesso residenziale "Al Chioso"
Localita':	Robbiate (LC)
Data:	18/12/96

Parametri geotecnici dei terreni di fondazione

N_{SPT} [colpi/30cm]	I_c [-]	γ_n [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	D_f [m]	z_w [m]	h_w [m]	σ'_{vo} [kPa]
15	0,038	19,5	-	4,00	-	0,00	78,00

Fattore tempo

t [anni]	R [-]	R_3 [-]	f_t [-]
30	0,2	0,3	1,50

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	181	181	1,00	0,78	0,78	1,00	6,4
1,00	1,00	194	194	1,00	0,93	0,93	1,00	8,2
1,20	1,20	208	208	1,00	1,07	1,07	1,00	10,2
1,40	1,40	221	221	1,00	1,21	1,21	1,00	12,4
1,60	1,60	235	235	1,00	1,34	1,34	1,00	14,7

Fondazioni a trave rovescia

B [m]	L [m]	q [kPa]	q' [kPa]	f_s [-]	H [m]	z_i [m]	f_h [-]	S [mm]
0,80	15,00	186	186	1,52	0,78	0,78	1,00	10,1
1,00	15,00	208	208	1,51	0,93	0,93	1,00	13,7
1,20	15,00	231	231	1,50	1,07	1,07	1,00	17,6
1,40	15,00	253	253	1,49	1,21	1,21	1,00	22,0
1,60	15,00	276	276	1,48	1,34	1,34	1,00	26,6

LEGENDA

N_{SPT}	= resistenza alla penetrazione da prova S.P.T.
I_c	= indice di compressibilità
γ_n	= peso di volume naturale del terreno sopra falda
γ_{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
σ'_{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

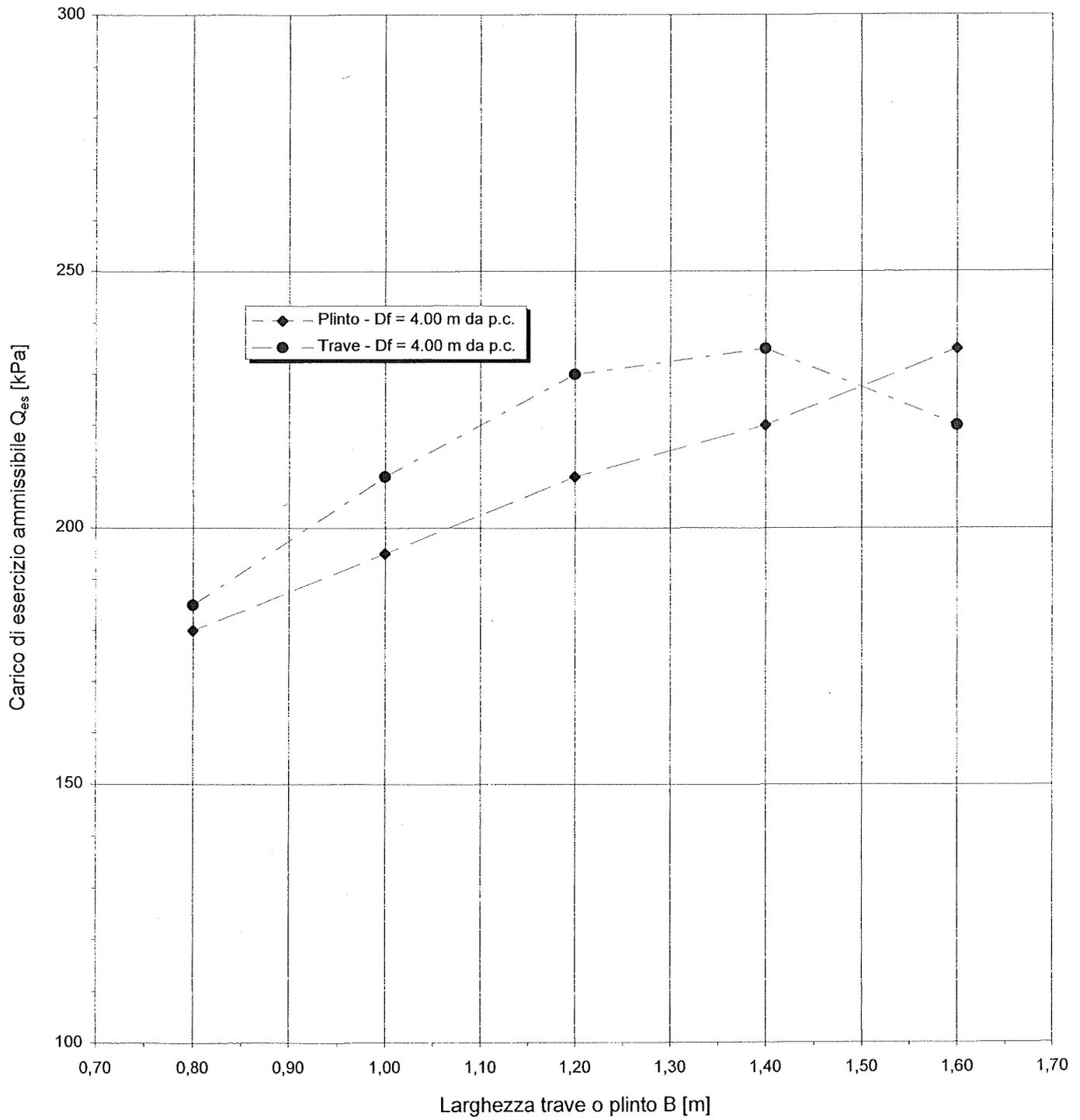
ALLEGATO N. 7

CARICHI DI ESERCIZIO MASSIMI

Tipologia fondazionale	Profondità di posa [m da p.c.]	Profondità di incasso [m]	Larghezza plinto o trave [m]	Carico di esercizio massimo [kPa]
Plinto	4.0	0.0	0.80	180
Plinto	4.0	0.0	1.00	195
Plinto	4.0	0.0	1.20	210
Plinto	4.0	0.0	1.40	220
Plinto	4.0	0.0	1.60	235
Trave	4.0	0.0	0.80	185
Trave	4.0	0.0	1.00	210
Trave	4.0	0.0	1.20	230
Trave	4.0	0.0	1.40	235
Trave	4.0	0.0	1.60	220

IMPRESA BOLIS
Complesso residenziale "Al Chioso"
Robbiate (LC)

Carichi di esercizio ammissibili



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

Metodo di Burland e Burbidge (1984)

Committente:	IMPRESA BOLIS
Commessa:	Complesso residenziale "Al Chioso"
Località:	Robbiate (LC)
Data:	18/12/96

Parametri geotecnici dei terreni di fondazione

N_{SPT} [colpi/30cm]	I_c [-]	γ_n [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	D_f [m]	z_w [m]	h_w [m]	σ'_{vo} [kPa]
15	0,038	19,5	-	4,00	-	0,00	78,00

Fattore tempo

t [anni]	R [-]	R_3 [-]	f_t [-]
30	0,2	0,3	1,50

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	181	181	1,00	0,78	0,78	1,00	6,4
1,00	1,00	194	194	1,00	0,93	0,93	1,00	8,2
1,20	1,20	208	208	1,00	1,07	1,07	1,00	10,2
1,40	1,40	221	221	1,00	1,21	1,21	1,00	12,4
1,60	1,60	235	235	1,00	1,34	1,34	1,00	14,7

Fondazioni a trave rovescia

B [m]	L [m]	q [kPa]	q' [kPa]	f_s [-]	H [m]	z_i [m]	f_h [-]	S [mm]
0,80	15,00	186	186	1,52	0,78	0,78	1,00	10,1
1,00	15,00	208	208	1,51	0,93	0,93	1,00	13,7
1,20	15,00	231	231	1,50	1,07	1,07	1,00	17,6
1,40	15,00	235	235	1,49	1,21	1,21	1,00	20,0
1,60	15,00	220	220	1,48	1,34	1,34	1,00	20,0

LEGENDA

N_{SPT}	= resistenza alla penetrazione da prova S.P.T.
I_c	= indice di compressibilità
γ_n	= peso di volume naturale del terreno sopra falda
γ_{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
σ'_{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