

38

3



GEOPLAN s.r.l.

Via C. Rota, 39
20052 Monza (MI)
Tel. 039/832781 Fax 039/835750
e-mail: geoplan@studio-geoplan.it

Rapp. 5214R06

Immobiliare Mirtillo
Monza

RELAZIONE GEOTECNICA

*Su terreno di fondazione per realizzazione
di un edificio residenziale in Monza
via S.Lucia*

OPERE IN CEMENTO ARMATO DENUNCIA N° 0635 COMUNE DI MONZA SETTORE EDILIZIA	OPERE IN CEMENTO ARMATO DEPOSITO IN DATA 19 LUG. 2006 COMUNE DI MONZA SETTORE EDILIZIA
---	--

Monza, 16 Gennaio 2006

1 PREMESSA

La presente Relazione Geotecnica viene redatta su incarico dell'Immobiliare Mirtillo di Monza che sta procedendo alla realizzazione di un edificio residenziale in via S. Lucia in Monza.

Vengono qui illustrati i risultati di un'indagine geotecnica finalizzata alle strutture di fondazione.

Il contenuto della presente ottempera, a meno dei fattori elencati di seguito, ai criteri espressi nel D.M. LL.PP. 11.03.88 e nella circolare LL.PP. n° 30483, emanati a norma dell'articolo 1 della Legge 64 /1974.

In tale relazione non viene considerato il problema della stabilità dei fronti di scavo che, dovendo interagire con strutture esistenti, dovrà essere oggetto di calcoli e valutazioni ulteriori.

1.1 CONDIZIONI GEOMORFOLOGICHE GENERALI

Il territorio comunale di Monza è, in gran parte, interessato da depositi fluvioglaciali collegati all'ultima delle glaciazioni quaternarie, quella würmiana. Si tratta per lo più di sabbie e ghiaie in matrice limosa con ciottoli eterometrici ed arrotondati.

I depositi fluvioglaciali würmiani affiorano ampiamente nelle aree di pianura, costituendone il livello fondamentale, e risultano incisi in prossimità dei corsi d'acqua principali.

Inoltre, l'abitato di Monza è attraversato dal corso del Fiume Lambro ed è, quindi, interessato anche da depositi alluvionali recenti di natura limoso-sabbiosa.

1.2 CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE REGIONALI

In accordo con i dati forniti dal Sistema Informativo Falda della Provincia di Milano, si ritiene che il livello freatico abbia una soggiacenza media di 25-30 m, con relative oscillazioni stagionali legate alle piogge. Dal dato piezometrico relativo all'anno 1995 non emergono significative variazioni della profondità della superficie freatica, avvenute nel corso dell'ultimo decennio.

2 INDAGINE GEOTECNICA

L'indagine geotecnica di campagna è consistita nell'esecuzione di tre prove penetrometriche dinamiche S.C.P.T. con penetrometro superpesante tipo Meardi A.G.I.; i relativi diagrammi di avanzamento con tabulati numerici ed elaborazioni varie sono contenuti in Allegato 1.

La Fig. 1 rappresenta l'ubicazione planimetrica dei punti di prova.

Le condizioni geotecniche del terreno sono illustrate nelle sezioni di Fig. 2, in cui il terreno di fondazione è stato suddiviso secondo quattro classi di resistenza alla penetrazione dinamica, e precisamente:

- ◆ $N < 5$: Limo sabbioso sciolto;
- ◆ $5 < N < 15$: Limo sabbioso-ghiaioso di media consistenza passante a sabbia con ghiaia;
- ◆ $N > 15$: Sabbia con ghiaia da mediamente consistente a compatta;
- ◆ $N > 100$: Lenti o strati di sabbia con ghiaia molto compatta.

2.1 CONDIZIONI STRATIGRAFICHE

La successione stratigrafica, illustrata graficamente nella Fig. 2, può essere così sintetizzata:

- da piano campagna e sino alla profondità di -0.60 m: limo sabbioso sciolto;
- da -0.60 m a -2.10÷2.70 m: limo sabbioso-ghiaioso di media consistenza passante a sabbia con ghiaia;
- da -2.10÷2.70 m a -4.80÷5.70 m: sabbia con ghiaia da mediamente consistente a compatta;
- a profondità superiori a -4.80÷5.70 m dal p.c., le prove effettuate interessano strati di sabbia con ghiaia molto compatta o parzialmente cementata, causa dell'arresto strumentale.

Le prove si concludono a profondità variabili tra -5.10 e -6.00 m dalla quota media del piano campagna.

2.2 CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE

Durante l'esecuzione dell'indagine non è stata rilevata presenza di acqua di falda.

3 PARAMETRI GEOTECNICI

Di seguito si riportano i parametri geotecnici medi degli strati di terreno sollecitati dalle fondazioni, ricavati dai risultati delle prove penetrometriche, e riferiti alla quota indicativa di imposta fondazioni di circa -3.70 m da piano campagna; si ipotizza l'utilizzo di fondazioni dirette continue.

Prova	Z _C	N _{SPT}	φ	γ	G	E	ν	M _E	σ'v0	D _r (%)
1	1.0	23.3	34.8	19.5	17.0	41.5	0.30	58.1	67.7	75
2	0.3	37.0	35.8	20.0	17.0	48.0	0.29	66.9	67.7	75
3	0.6	23.4	34.0	19.0	16.8	35.0	0.31	49.2	64.8	65

- dove:
- N_{SPT} = resistenza penetrometrica standard;
 - Z_C = spessore dello strato compressibile in m (*);
 - φ = angolo di attrito in gradi;
 - γ = peso di volume del terreno a quota fondazioni in kN/m³;
 - G = peso di volume del terreno scavato in kN/m³;
 - E = modulo di elasticità o di Young sec. Menzenbach-Malcev in MN/m²;
 - ν = modulo di Poisson = $(1 - \sin \phi) / (2 - \sin \phi)$ in condizioni di sforzi efficaci;
 - M_E = modulo di compressione = $E / 0.785(1 - \nu^2)$ sec. Norma SNV in MN/m²;
 - σ'v0 = tensione litostatica efficace in kPa;
 - D_r = densità relativa in % sec. Gibbs & Holz (1957).

(*) tale spessore è funzione della dimensione ipotizzata per la struttura fondale, di cui si eseguiranno le verifiche geotecniche

3.1 COSTANTE DI SOTTOFONDO

Può risultare utile per il progetto ingegneristico delle fondazioni avere un criterio di valutazione della costante di sottofondo; dalla relazione di VESIC (1961) si ha:

$$K_s = K'_s / B$$

con B = larghezza della fondazione;

$$K_s' = 0.65 \cdot 12 \sqrt{\frac{E_s \cdot B^4}{E_f \cdot J_f}} \cdot \frac{E_s}{1 - \nu^2}$$

dove: E_f = modulo di Young della fondazione;
 J_f = momento di inerzia della fondazione;
 E_s = modulo di Young del suolo;
 ν = coefficiente di Poisson del suolo
 B = larghezza della fondazione.

Secondo BOWLES è possibile utilizzare l'espressione semplificata:

$$K_s = \frac{E_s}{B \cdot (1 - \nu^2)}$$

Essa rappresenta una delle possibili espressioni analitiche la cui applicazione è resa possibile dai dati forniti dall'indagine penetrometrica, in particolare dai valori di N_{SPT} . Diversamente, una stima immediata, ma indicativa, del k_s si ottiene attraverso gli ordini di grandezza contenuti nella tabella seguente, variabili in funzione della diversa natura del terreno di fondazione.

terreno	K_s (kN/m ³)
Sabbia sciolta	4800÷16000
Sabbia mediamente compatta	9600÷80000
Sabbia compatta	64000÷128000
Sabbia argillosa mediamente compatta	32000÷80000
Sabbia limosa mediamente compatta	24000÷48000
Terreno argilloso	
$q_u < 200$ kPa	12000÷24000
$200 < q_u < 400$ kPa	24000÷48000
$q_u > 400$ kPa	>48000

(da: Joseph E. Bowles - *Fondazioni, progetto e analisi* - McGraw Hill - Milano, 1991)

Il confronto tra i due diversi approcci consente di restringere ulteriormente il campo di variabilità del parametro in questione.

Nel caso in esame, il terreno di fondazione è costituito da sedimenti sabbioso ghiaiosi da mediamente consistenti a compatti ed il valore del k_s calcolato è tale da ricadere in un campo di valori pari a 39000÷52500 kN/m³.

3.2 ORDINANZA 3274/2003: CATEGORIA DEL TERRENO DI FONDAZIONE

In data 23/09/2005 è stato pubblicato sulla G.U. n° 222 il testo del Decreto Ministeriale approvato il 14/09/05 relativo a "Norme Tecniche per le Costruzioni"(Ex Testo Unico).

Qui di seguito si riporta - secondo quanto contenuto nel testo integrato "Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici" dell'Ordinanza 3431/2005 ed in mancanza di una caratterizzazione sismica - una valutazione qualitativa della categoria di terreno corrispondente al sito esaminato.

Categoria	Definizione
C	<i>Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza</i> , con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < N_{SPT} < 50$, $70 < c_u < 250$ kPa).

Le Norme Tecniche dell'Ordinanza citata forniscono un ulteriore elemento utile per la progettazione costituito da 4 valori dell'accelerazione orizzontale di picco del suolo (a_g) sulla base dei quali applicare le norme progettuali e costruttive fornite dalla normativa. Sulla base dei valori di accelerazione orizzontale, il territorio nazionale è stato suddiviso nelle seguenti zone

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g)
1	0.35
2	0.25
3	0.15
4	0.05

Come riportato nell'elenco allegato al testo dell'Ordinanza, il territorio comunale di Monza ricade in zona 4.

4 CALCOLO PRESSIONE LIMITE

Il calcolo della pressione limite presuppone necessariamente l'esistenza di una determinata struttura di fondazione che, caricata con quella pressione limite, ne provoca la rottura generale.

Di seguito si ipotizzerà l'utilizzo di fondazioni dirette che, preferibilmente, potranno essere di tipo continuo e nastriforme.

Nel caso in esame è corretto l'utilizzo della Formula di MEYERHOF, applicata considerando il carico verticale su un terreno prevalentemente incoerente (coesione non drenata c_u nulla ed angolo di attrito ϕ maggiore di 10°); l'espressione per il calcolo della pressione limite Q_{ult} è la seguente (1):

$$Q_{ult} = \sigma'_{vo} \cdot N_q \cdot S_q \cdot d_q + 0.5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma \cdot d_\gamma$$

dove:

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan \phi}$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 \cdot \phi)$$

$$S_q = S_\gamma = 1 + 0.1 \cdot K_p \cdot B/L$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \sqrt{K_p} \cdot Z/B$$

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

con: e : base dei logaritmi neperiani = 2.718
 B : larghezza della fondazione = m 1.5 (indicativa)
 L : lunghezza della fondazione = m 5.0 (indicativa)
 Z : profondità di incastro della fondazione = m 0.50 (indicativa)

In Allegato 2 sono riportati i tabulati di calcolo delle formule di cui sopra, mentre di seguito se ne riportano i risultati.

Prova	Press. Lim. (kPa)	Press. Max amm. (kPa)
1	945	315
2	1135	378
3	812	271

Il valore di pressione massima ammissibile è dato dal rapporto tra pressione limite e fattore di sicurezza, che l'attuale normativa prevede minimo 3; il valore di pressione ammissibile viene verificato nel seguente capitolo in funzione del cedimento che si ritiene ammissibile per la struttura in progetto.

5 CALCOLO DEI CEDIMENTI

Il procedimento di calcolo qui utilizzato è stato recentemente messo a punto da BURLAND & BURBIDGE (1987) sulla base dei dati forniti dalle prove penetrometriche dinamiche standard in terreno prevalentemente incoerente (2).

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

nella quale l'indice di compressibilità I_c vale (3):

$$I_c = \frac{1.706}{N_{av}^{1.4}}$$

con N_{av} = resistenza dinamica alla penetrazione.

I vari fattori f dipendono dalla forma e profondità della fondazione e dal tempo di applicazione del carico, qui esteso per un periodo di 50 anni.

I tabulati di calcolo presenti in Allegato 3 mostrano i valori dei parametri introdotti nelle (2) e (3) che conducono ai seguenti risultati di seguito tabulati:

Prove	σ_m	S	S'	S _t
1	200	5	7	12
2	200	2	2	4
3	200	5	8	13

dove: σ_m = pressione di contatto ammissibile in kPa
 S = cedimento immediato in mm
 S' = cedimento secondario in mm
 S_t = cedimento totale in mm.

6 CONCLUSIONI

In base a quanto sopra esposto sui risultati dell'indagine geotecnica svolta in via S. Lucia a Monza per conto dell'Immobiliare Mirtillo di Monza, relativamente al progetto di fondazioni di un edificio residenziale, si può concludere quanto segue:

- ❖ ipotesi di imposta fondazioni a - 3.70 m dalla quota media di piano
- ❖ **fondazioni dirette strutturate in modo continuo e nastriforme**
- ❖ pressione media di contatto ammissibile: $\sigma_m = 200 \text{ kPa}$
- ❖ cedimenti immediati variabili tra 2 e 5 mm
- ❖ cedimenti totali nel tempo variabili tra 4 e 13 mm
- ❖ cedimenti differenziali dell'ordine di 1 cm

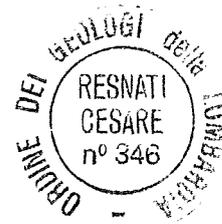
6.1 SUGGERIMENTI OPERATIVI

L'indagine effettuata ha riscontrato la presenza di terreno non particolarmente addensato avente uno spessore di circa 0.50 m al di sotto della quota di imposta fondazione, in corrispondenza della prova 1. Non si esclude, dunque, visto anche il carattere puntuale dell'indagine, che questa tipologia di terreno possa localmente interessare la fascia di influenza della fondazioni anche altrove.

Si consiglia, pertanto, di ispezionare attentamente il fondo scavo per accertare la presenza di lenti limose particolarmente compressibili, che andranno eventualmente asportate e sostituite con strati di ghiaia compatta (#).

(#) I materiali riportati per tali operazioni dovranno essere conformi ai criteri espressi nella recente Legge Lunardi del 21.12.2001 n° 443 pubblicata sulla G.U. 299 del 27.12.2001: Delega del governo in materia di infrastrutture ed insediamenti produttivi strategici ed altri interventi per il rilancio delle attività produttive; si vedano in particolare i commi 17-18 e 19.

Il tecnico incaricato: dr.geol. Cesare Resnati
Iscritto all'Ordine Geologi Lombardia n° 346



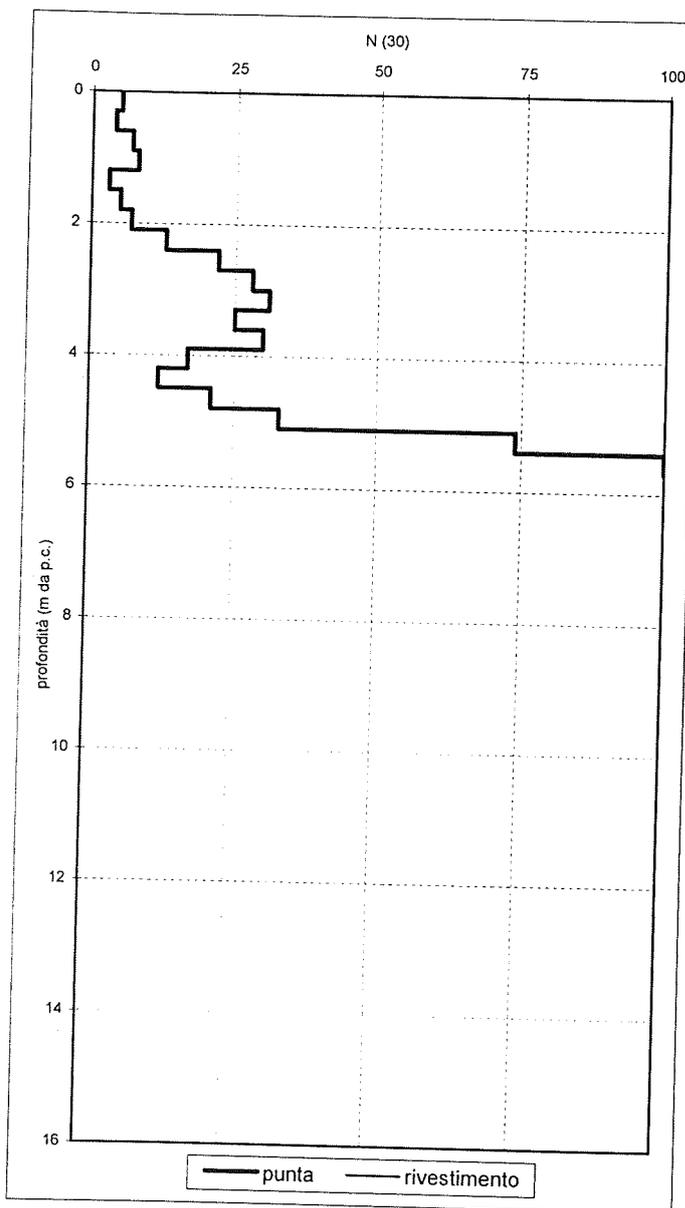
FIGURE

ALLEGATO 1
Prove penetrometriche

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA S.C.P.T.

Numero prova: 1 Data esecuzione: 16.01.06
 Rapporto: 5214R06 Quota: p.c.
 Committente: Immobiliare Mirtillo
 Cantiere: Monza (MI), via S. Lucia

m da p.c.	punta	rivestimento
0,00		
0,30	5	
0,60	4	
0,90	7	
1,20	8	
1,50	3	
1,80	5	
2,10	7	
2,40	13	
2,70	22	
3,00	28	
3,30	31	
3,60	25	
3,90	30	
4,20	17	
4,50	12	
4,80	21	
5,10	33	
5,40	74	
5,70	100	
6,00		
6,30		
6,60		
6,90		
7,20		
7,50		
7,80		
8,10		
8,40		
8,70		
9,00		
9,30		
9,60		
9,90		
10,20		
10,50		
10,80		
11,10		
11,40		
11,70		
12,00		
12,30		
12,60		
12,90		
13,20		
13,50		
13,80		
14,10		
14,40		
14,70		
15,00		



CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PENETROMETRO TIPO MEARDI A.G.I.

Peso del maglio: 73 kg
 Altezza di caduta: 75 cm
 Angolo al vertice della punta : 60°
 Diametro del cono: 50.8 mm
 Peso delle aste: 4.6 kg/m
 Diametro est. del rivestimento: 48 mm
 Peso del rivestimento: 5.3 kg/m

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA S.C.P.T.

Numero prova: 2

Data esecuzione: 16.01.06

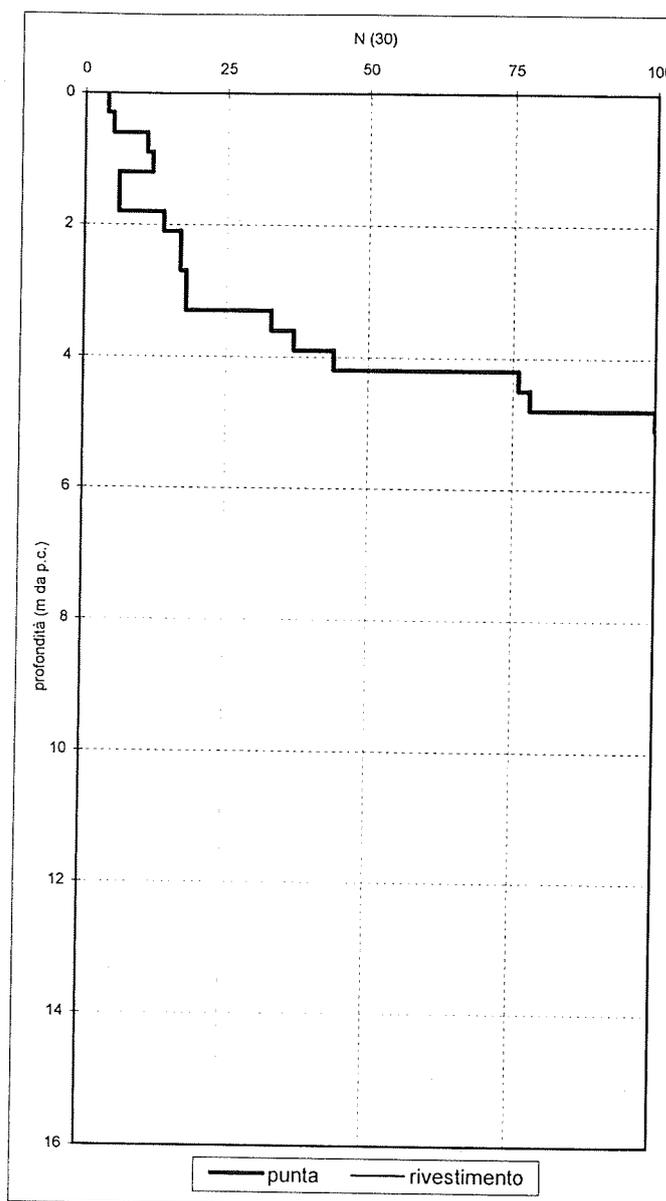
Rapporto: 5214R06

Quota: p.c.

Committente: Immobiliare Mirtillo

Cantiere: Monza (MI), via S. Lucia

m da p.c.	punta	rivestimento
0,00		
0,30	4	
0,60	5	
0,90	11	
1,20	12	
1,50	6	
1,80	6	
2,10	14	
2,40	17	
2,70	17	
3,00	18	
3,30	18	
3,60	33	
3,90	37	
4,20	44	
4,50	76	
4,80	78	
5,10	100	
5,40		
5,70		
6,00		
6,30		
6,60		
6,90		
7,20		
7,50		
7,80		
8,10		
8,40		
8,70		
9,00		
9,30		
9,60		
9,90		
10,20		
10,50		
10,80		
11,10		
11,40		
11,70		
12,00		
12,30		
12,60		
12,90		
13,20		
13,50		
13,80		
14,10		
14,40		
14,70		
15,00		

**CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PENETROMETRO TIPO MEARDI A.G.I.**

Peso del maglio: 73 kg
 Altezza di caduta: 75 cm
 Angolo al vertice della punta : 60°
 Diametro del cono: 50.8 mm
 Peso delle aste: 4.6 kg/m
 Diametro est. del rivestimento: 48 mm
 Peso del rivestimento: 5.3 kg/m

ALLEGATO 2
Calcolo capacità portante

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE**FORMULA DI MEYERHOF**Committente: **Immobiliare Mirtillo**Rapporto: **5214R06**Cantiere: **Monza (MI), via S.Lucia**

	1	2	3		
B larghezza della fondazione in m	1,50	1,50	1,50		
L lunghezza della fondazione in m	5,00	5,00	5,00		
Z profondità di incastro in m	0,50	0,50	0,50		
γ_1 peso di volume terreno scavato in kN/m^3	17,00	17,00	16,80		
γ_2 peso di volume terreno in posto in kN/m^3	19,50	20,00	19,00		
ϕ angolo di attrito in $^\circ$	34,80	35,80	34,00		
c coesione in kPa	0,00	0,00	0,00		
β angolo di inclinazione del carico in $^\circ$	0,00	0,00	0,00		
k_p coefficiente di spinta passiva	3,659	3,819	3,537		
N_q fattore di capacità portante	32,480	36,808	29,440		
N_γ fattore di capacità portante	35,858	42,857	31,146		
N_c fattore di capacità portante	45,294	49,649	42,164		
s_c fattore di forma	1,220	1,229	1,212		
s_q fattore di forma	1,110	1,115	1,106		
s_γ fattore di forma	1,110	1,115	1,106		
d_c fattore di profondità	1,128	1,130	1,125		
d_q fattore di profondità	1,064	1,065	1,063		
d_γ fattore di profondità	1,064	1,065	1,063		
i_c fattore di inclinazione	1,000	1,000	1,000		
i_q fattore di inclinazione	1,000	1,000	1,000		
i_γ fattore di inclinazione	1,000	1,000	1,000		
Q_{ult} pressione limite in MPa	0,945	1,135	0,812		
Q_{amm} pressione ammissibile max. in MPa	0,315	0,378	0,271		

Legenda:

1: prova 1

2: prova 2

3: prova 3

ALLEGATO 3
Calcolo dei cedimenti

CALCOLO DEI CEDIMENTI**METODO DI BURLAND E BURBIDGE (1984)**Committente: *Immobiliare Mirtillo*Rapporto: *5214R06*Cantiere: *Monza (MI), via S.Lucia*

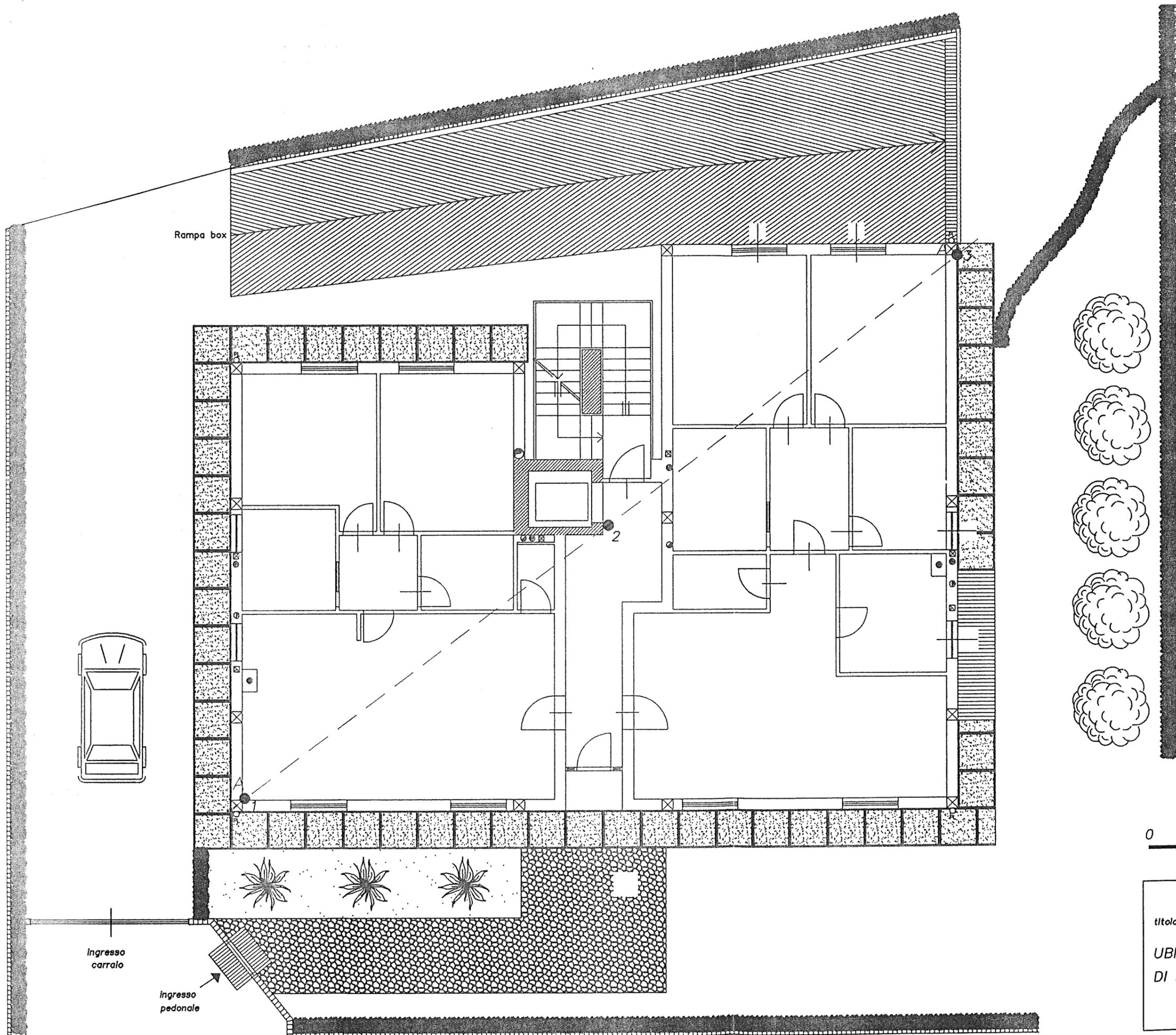
	1	2	3		
q' pressione efficace lorda in kPa	200,00	200,00	200,00		
s' tensione verticale efficace in kPa	62,90	62,90	62,16		
γ peso di volume in kN/m ³	17,00	17,00	16,80		
h profondità delle fondazioni in m	3,70	3,70	3,70		
B larghezza della fondazione in m	1,50	1,50	1,50		
L lunghezza della fondazione in m	5,00	5,00	5,00		
H spessore dello strato compressibile in m	1,00	0,30	0,60		
Zi profondità significativa in m	2,00	1,00	1,00		
t tempo in anni	50	50	50		
Ic indice di compressibilità	0,02	0,01	0,02		
N _{AV} media (N _{SPT})	23	37	23		
Fs fattore di forma	1,35	1,35	1,35		
Fh fattore di compressione	0,75	0,51	0,84		
Ft fattore tempo	1,54	1,54	1,54		
S cedimento immediato in mm	4,513	1,606	5,040		
S' cedimento nel tempo in mm	6,969	2,480	7,783		
St cedimento totale in mm	11,482	4,087	12,823		

Legenda:

1: prova 1

2: prova 2

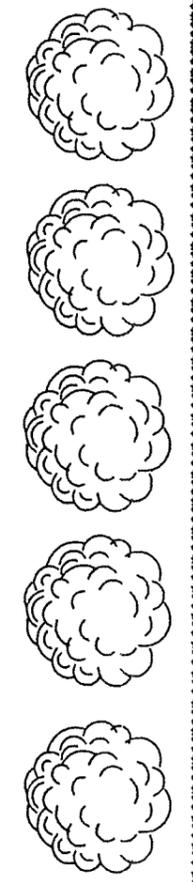
3: prova 3



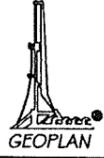
Rampa box

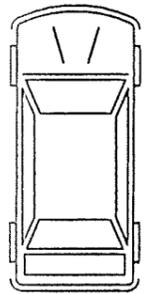
LEGENDA:

- Prova penetrometrica
- — — Traccia di sezione



0 1 2 m

rapporto	5214R06	 Azione GEOPLAN
data	GEN 2006	
titolo UBICAZIONE DEI PUNTI DI INDAGINE		figura 1
		5214u



Ingresso carralo

Ingresso pedonale