

GEOPLAN s.r.l.

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

50

16

Rapp. 5680R08

Il Borgo S.r.l.
Milano

RELAZIONE GEOTECNICA

*Su terreno di fondazione per realizzazione
di box interrati in Monza
via Marsala 44*

Monza, 31 gennaio 2008

1 PREMESSA

La presente Relazione Geotecnica viene redatta su incarico della società Il Borgo S.r.l. di Milano, che sta procedendo alla realizzazione di box interrati in via Marsala, 44, in Monza.

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

Le normative di riferimento per il presente rapporto sono le seguenti:

- ✓ D.M. LL.PP. 11.03.88 e nella circolare LL.PP. n° 30483, emanati a norma dell'articolo 1 della Legge 64 /1974;
- ✓ "Norme tecniche per le costruzioni" (ex T.U.), pubblicato su Gazzetta Ufficiale n°222 del 23.09.05, supplemento ordinario n°159;
- ✓ D.G.R. 22.12.05 n° 8/1566, pubblicata su B.U.R.L. 11.01.06 – 3° supplemento straordinario.

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.

2 MODELLO GEOLOGICO DEL SITO

2.1 CONDIZIONI REGIONALI

2.1.1 GEOMORFOLOGIA

Il territorio comunale di Monza sorge, in prevalenza, su 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.

Il centro abitato, inoltre, è attraversato dal Fiume Lambro ed è, quindi, interessato anche da terreni alluvionali post-glaciali, appartenenti al cosiddetto "Alluvium Recente ed Attuale" del suddetto corso d'acqua; si tratta di sedimenti ghiaiosi e sabbiosi, cui si intercalano frequentemente lenti d'argilla e limo.

L'area ove ricade l'intervento in progetto si trova sui depositi fluvioglaciali würmiani.

2.1.2 IDROGEOLOGIA

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 30-35 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.

2.2 ASSETTO DI DETTAGLIO

2.2.1 INDAGINE GEOTECNICA

L'indagine geotecnica di campagna è consistita nell'esecuzione di quattro 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 cinque classi di resistenza alla penetrazione dinamica, e precisamente:

- ◆ $N < 2$: Limo sabbioso molto sciolto;
- ◆ $2 < N < 5$: 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.

2.2.2 CONDIZIONI STRATIGRAFICHE

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

- da piano campagna e sino alla profondità di $-0.60 \div 1.80$ m: limo sabbioso sciolto o molto sciolto;
- da $-0.60 \div 1.80$ m a $-2.10 \div 2.70$ m: limo sabbioso-ghiaioso di media consistenza passante a sabbia con ghiaia;
- da $-2.10 \div 2.70$ m a $-4.50 \div 8.40$ m: limo sabbioso sciolto;
- da $-4.50 \div 8.40$ m a $-5.40 \div 9.30$ m: limo sabbioso-ghiaioso di media consistenza passante a sabbia con ghiaia;
- da $-5.40 \div 9.30$ m a $-6.00 \div 9.60$ m: sabbia con ghiaia da mediamente consistente a compatta;
- a profondità superiori a $-6.00 \div 9.60$ m dal p.c., le prove effettuate interessano strati di sabbia con ghiaia molto compatta localmente passante a conglomerato, causa dell'arresto strumentale.

Le prove si concludono a profondità variabili tra -6.30 e -9.90 m dalla quota media del piano campagna.

2.2.3 CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE

Durante l'esecuzione dell'indagine è stata rilevata presenza di acqua a quote variabili tra -3.30 e -3.90 m da piano campagna. Dato il valore della soggiacenza a scala regionale, superiore a 30 m, dovrebbe trattarsi di accumuli idrici di modesta entità, di natura locale e temporanea: accade, infatti, frequentemente che, in queste tipologie di terreno, le acque meteoriche restino intrappolate (o comunque soffrano di un drenaggio molto lento) all'interno degli orizzonti limosi poco permeabili e creino delle piccole falde sospese che poi si esauriscono nel tempo.

Nella verifica geotecnica che segue si terrà conto, prudenzialmente, di un valore di soggiacenza pari a 3.60 m circa da piano campagna.

2.3 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 - 7.50 m da piano campagna; si ipotizza l'utilizzo di fondazioni dirette strutturate secondo un graticcio di travi rovesce.

(*) in seguito al riscontro di terreno ghiaioso compatto se non addirittura cementato in corrispondenza delle prove 2 e 3, queste sono state escluse dalle valutazioni che seguono

| Prova | Z _C | N _{SPT} | φ | γ | G | E | ν | M _E | σ' _{v0} | D _r (%) |
|-------|----------------|------------------|------|------|------|------|------|----------------|------------------|--------------------|
| 1 | 0.3 | 8.0 | 36.2 | 10.0 | 11.3 | 52.0 | 0.29 | 72.3 | 88.5 | 51 |
| 4 | 1.3 | 6.8 | 28.5 | 6.5 | 11.0 | 7.0 | 0.34 | 10.1 | 86.7 | 47 |

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

2.3.1 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;

$$K'_s = 0.65 \cdot \sqrt[3]{\frac{E_s \cdot B^4}{E_f \cdot J_f}} \cdot \frac{E_s}{1 - \mu^2}$$

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

Secondo BOWLES è possibile utilizzare l'espressione semplificata:

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

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 sabbiosi da sciolti a mediamente consistenti ed il valore del k_s calcolato è tale da ricadere in un campo di valori pari a 8000÷57000 kN/m³.

2.4 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 | <u>Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza</u> , 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.

Da ultimo, la banca dati della Regione Lombardia riporta, per ciascun Comune, un *valore di soglia* da raffrontare al *Fattore di amplificazione (F_a)* della risposta sismica dei terreni. Gli intervalli di tempo in cui è calcolato tale parametro sono scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti sul territorio: in particolare l'intervallo $0.1 \div 0.5$ s è riferito a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre per strutture più alte e flessibili si considera l'arco di tempo $0.5 \div 1.5$ s.

Per i comuni ricadenti in classe 4 i valori di F_a da utilizzare sono quelli tabulati nella Banca Dati Regionale, in particolare per il Comune di Monza, per i terreni ricadenti in categoria C, e per la tipologia di edificio di progetto il valore di soglia è 1.3.

3 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 strutturate secondo un graticcio di travi rovesce.

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):

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

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 2.0 (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 | 824 | 275 |
| 4 | 191 | 64 |

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.

4 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).

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

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 | 64 | 1 | 1 | 2 |
| 4 | 64 | 2 | 4 | 6 |

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.

5 CONCLUSIONI

In base a quanto sopra esposto sui risultati dell'indagine geotecnica svolta in via Marsala 44 a Monza (MI) per conto della società Il Borgo S.r.l. di Milano, relativamente al progetto di fondazioni di box interrati, si può concludere quanto segue:

- ❖ ipotesi di imposta fondazioni a - 7.50 m dalla quota media di piano campagna
- ❖ **fondazioni dirette strutturate secondo un graticcio di travi rovesce (BxL = 2.0 x 5.0 m)**
- ❖ pressione media di contatto ammissibile: $\sigma_m = 64 \text{ kPa}$
- ❖ cedimenti immediati variabili tra 0(*) e 2 mm
- ❖ cedimenti totali nel tempo variabili tra 0(*) e 6 mm
- ❖ cedimenti differenziali dipendenti dal grado di rigidità della struttura

(*) in corrispondenza di terreno ghiaioso molto compatto si ipotizzano valori di cedimento pressoché nulli in seguito alla posa in opera della struttura fondale

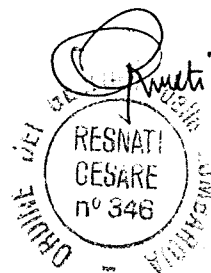
5.1 SUGGERIMENTI OPERATIVI

La presenza di terreno particolarmente compressibile in corrispondenza della prova 4 suggerisce di adottare un comportamento prudente nei confronti del giudizio di stabilità delle fondazioni a medio e lungo termine. Per questo si ritiene indispensabile fare ricorso a strutture di fondazione particolarmente rigide, come ad esempio un graticcio di travi rovesce dal quale si impostano i muri perimetrali e di spina portanti, così da realizzare una sorta di struttura scatolare dotata di notevole inerzia strutturale, che possa agevolmente assorbire i teorici cedimenti differenziali stimati.

Inoltre, in seguito al riscontro della presenza di una falda sospesa (o, più probabilmente di "ristagni" d'acqua) si consiglia di prevedere opere di drenaggio e/o impermeabilizzazione al fine di ovviare a fenomeni d'infiltrazione che potrebbero interessare i locali interrati.

Si ritiene infine che un supplemento di indagine geotecnica, volta a meglio definire l'andamento del tetto dello strato ghiaioso individuato a quote differenti, possa consentire di ottimizzare il dimensionamento delle strutture di fondazione, mediante mirati sterri e riporti costipati del terreno a fondo scavo.

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

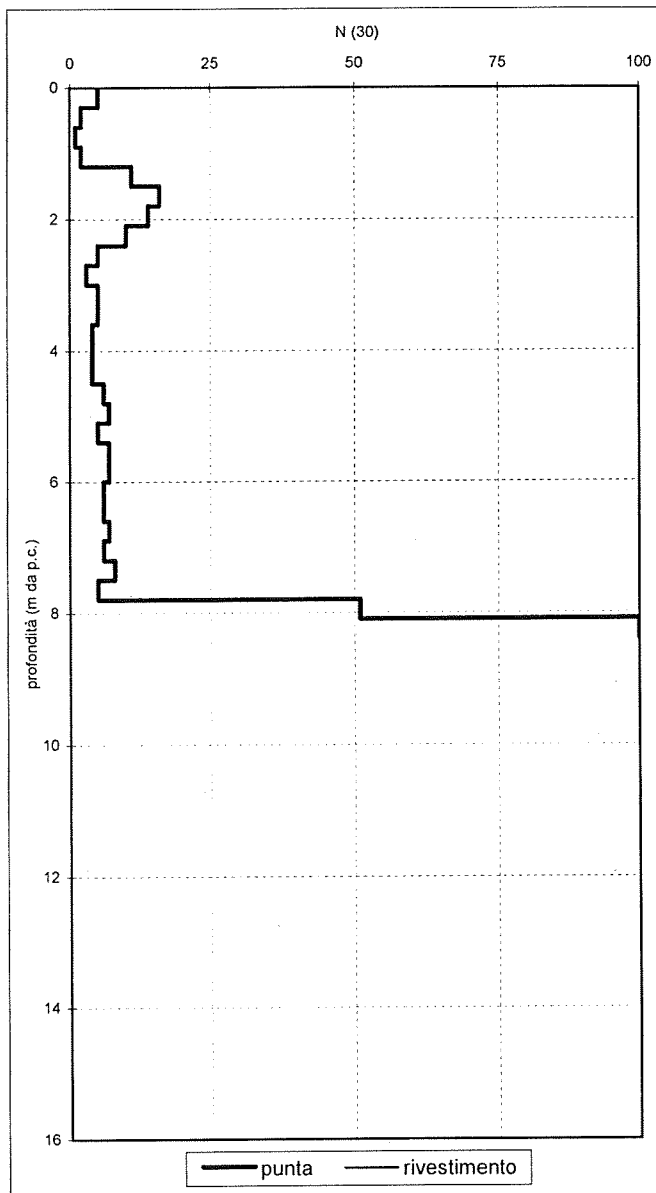


FIGURE

ALLEGATO 1
Prove penetrometriche

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA S.C.P.T.Numero prova: **1**Data esecuzione: **21.01.08**Rapporto: **5680R08**Quota: **p.c.**Committente: **Il Borgo S.r.l.**Cantiere: **Monza (MI), via Marsala 44**

| m da p.c. | punta | rivestimento |
|-----------|-------|--------------|
| 0,00 | | |
| 0,30 | 5 | |
| 0,60 | 2 | |
| 0,90 | 1 | |
| 1,20 | 2 | |
| 1,50 | 11 | |
| 1,80 | 16 | |
| 2,10 | 14 | |
| 2,40 | 10 | |
| 2,70 | 5 | |
| 3,00 | 3 | |
| 3,30 | 5 | |
| 3,60 | 5 | |
| 3,90 | 4 | |
| 4,20 | 4 | |
| 4,50 | 4 | |
| 4,80 | 6 | |
| 5,10 | 7 | |
| 5,40 | 5 | |
| 5,70 | 7 | |
| 6,00 | 7 | |
| 6,30 | 6 | |
| 6,60 | 6 | |
| 6,90 | 7 | |
| 7,20 | 6 | |
| 7,50 | 8 | |
| 7,80 | 5 | |
| 8,10 | 51 | |
| 8,40 | 100 | |
| 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: 21.01.08

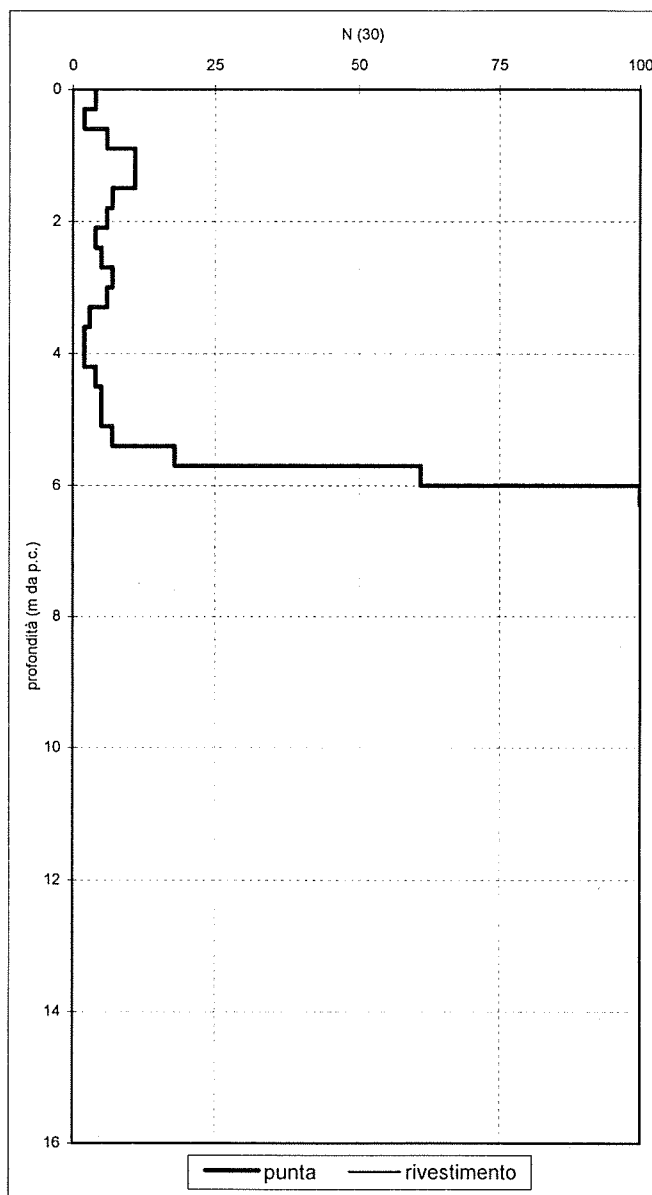
Rapporto: 5680R08

Quota: p.c.

Committente: Il Borgo S.r.l.

Cantiere: Monza (MI), via Marsala 44

| m da p.c. | punta | rivestimento |
|-----------|-------|--------------|
| 0,00 | | |
| 0,30 | 4 | |
| 0,60 | 2 | |
| 0,90 | 6 | |
| 1,20 | 11 | |
| 1,50 | 11 | |
| 1,80 | 7 | |
| 2,10 | 6 | |
| 2,40 | 4 | |
| 2,70 | 5 | |
| 3,00 | 7 | |
| 3,30 | 6 | |
| 3,60 | 3 | |
| 3,90 | 2 | |
| 4,20 | 2 | |
| 4,50 | 4 | |
| 4,80 | 5 | |
| 5,10 | 5 | |
| 5,40 | 7 | |
| 5,70 | 18 | |
| 6,00 | 61 | |
| 6,30 | 100 | |
| 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: 4

Data esecuzione: 21.01.08

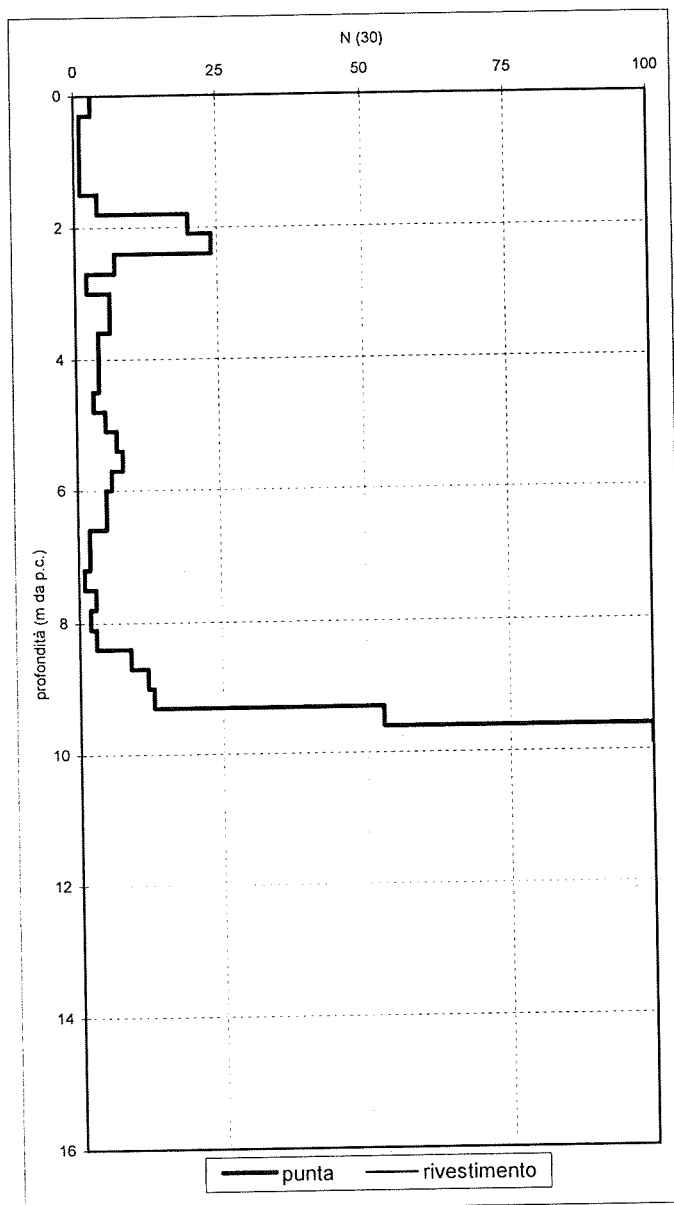
Rapporto: 5680R08

Quota: p.c.

Committente: Il Borgo S.r.l.

Cantiere: Monza (MI), via Marsala 44

| m da p.c. | punta | rivestimento |
|-----------|-------|--------------|
| 0,00 | | |
| 0,30 | 3 | |
| 0,60 | 1 | |
| 0,90 | 1 | |
| 1,20 | 1 | |
| 1,50 | 1 | |
| 1,80 | 4 | |
| 2,10 | 20 | |
| 2,40 | 24 | |
| 2,70 | 7 | |
| 3,00 | 2 | |
| 3,30 | 6 | |
| 3,60 | 6 | |
| 3,90 | 4 | |
| 4,20 | 4 | |
| 4,50 | 4 | |
| 4,80 | 3 | |
| 5,10 | 5 | |
| 5,40 | 7 | |
| 5,70 | 8 | |
| 6,00 | 6 | |
| 6,30 | 5 | |
| 6,60 | 5 | |
| 6,90 | 2 | |
| 7,20 | 2 | |
| 7,50 | 1 | |
| 7,80 | 3 | |
| 8,10 | 2 | |
| 8,40 | 3 | |
| 8,70 | 9 | |
| 9,00 | 12 | |
| 9,30 | 13 | |
| 9,60 | 53 | |
| 9,90 | 100 | |
| 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

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE**FORMULA DI MEYERHOF**

Committente:

Il Borgo S.r.l.

Rapporto:

5680R08

Cantiere:

Monza (MI), via Marsala

| | 1 | 2 | | | |
|---|--------|--------|--|--|--|
| B larghezza della fondazione in m | 2,00 | 2,00 | | | |
| L lunghezza della fondazione in m | 5,00 | 5,00 | | | |
| Z profondità di incastro in m | 1,00 | 1,00 | | | |
| γ_1 peso di volume terreno scavato in kN/m ³ | 11,30 | 11,00 | | | |
| γ_2 peso di volume terreno in posto in kN/m ³ | 10,00 | 6,50 | | | |
| ϕ angolo di attrito in ° | 36,20 | 28,50 | | | |
| c coesione in kPa | 0,00 | 0,00 | | | |
| β angolo di inclinazione del carico in ° | 0,00 | 0,00 | | | |
| k_p coefficiente di spinta passiva | 3,885 | 2,825 | | | |
| N_q fattore di capacità portante | 38,725 | 15,554 | | | |
| N_γ fattore di capacità portante | 46,058 | 12,169 | | | |
| N_c fattore di capacità portante | 51,545 | 26,806 | | | |
| s_c fattore di forma | 1,311 | 1,226 | | | |
| s_q fattore di forma | 1,155 | 1,113 | | | |
| s_γ fattore di forma | 1,155 | 1,113 | | | |
| d_c fattore di profondità | 1,197 | 1,168 | | | |
| d_q fattore di profondità | 1,099 | 1,084 | | | |
| d_γ fattore di profondità | 1,099 | 1,084 | | | |
| i_c fattore di inclinazione | 1,000 | 1,000 | | | |
| i_q fattore di inclinazione | 1,000 | 1,000 | | | |
| i_γ fattore di inclinazione | 1,000 | 1,000 | | | |
| Q_{ult} pressione limite in MPa | 1,140 | 0,302 | | | |
| Q_{amm} pressione ammissibile max. in MPa | 0,380 | 0,101 | | | |

Legenda:

1: prova 1

2: prova 4

ALLEGATO 3
Calcolo dei cedimenti

CALCOLO DEI CEDIMENTI
METODO DI BURLAND E BURBIDGE (1984)

Committente:

Il Borgo S.r.l.

Rapporto:

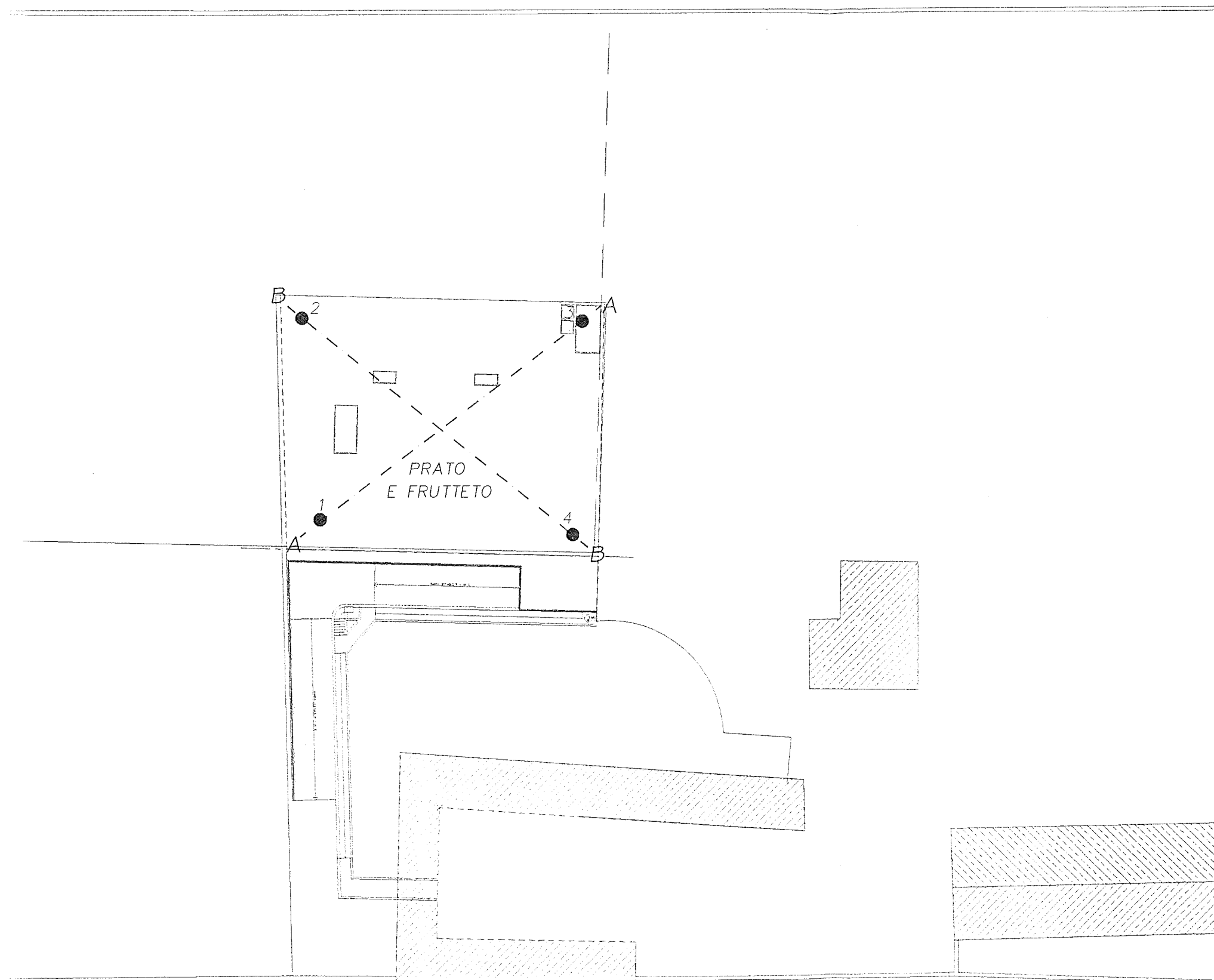
5680R08

Cantiere:

Monza (MI), via Marsala

| | 1 | 2 | | | |
|--|--------|--------|--|--|--|
| q' pressione efficace lorda in kPa | 100,00 | 100,00 | | | |
| s' tensione verticale efficace in kPa | 84,75 | 82,50 | | | |
| γ peso di volume in kN/m ³ | 11,30 | 11,00 | | | |
| h profondità delle fondazioni in m | 7,50 | 7,50 | | | |
| B larghezza della fondazione in m | 2,00 | 2,00 | | | |
| L lunghezza della fondazione in m | 5,00 | 5,00 | | | |
| H spessore dello strato compressibile in m | 0,30 | 1,34 | | | |
| Zi profondità significativa in m | 1,34 | 1,34 | | | |
| t tempo in anni | 50 | 50 | | | |
| Ic indice di compressibilità | 0,09 | 0,12 | | | |
| N _{AV} media (N _{SPT}) | 8 | 7 | | | |
| F _s fattore di forma | 1,29 | 1,29 | | | |
| F _h fattore di compressione | 0,40 | 1,00 | | | |
| F _t fattore tempo | 1,54 | 1,54 | | | |
| S cedimento immediato in mm | 3,435 | 11,221 | | | |
| S' cedimento nel tempo in mm | 5,306 | 17,330 | | | |
| St cedimento totale in mm | 8,741 | 28,551 | | | |

Legenda:**1:** prova 1**2:** prova 4



LEGENDA:



Prova penetrometrica

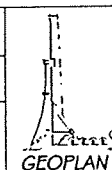


Traccia di sezione

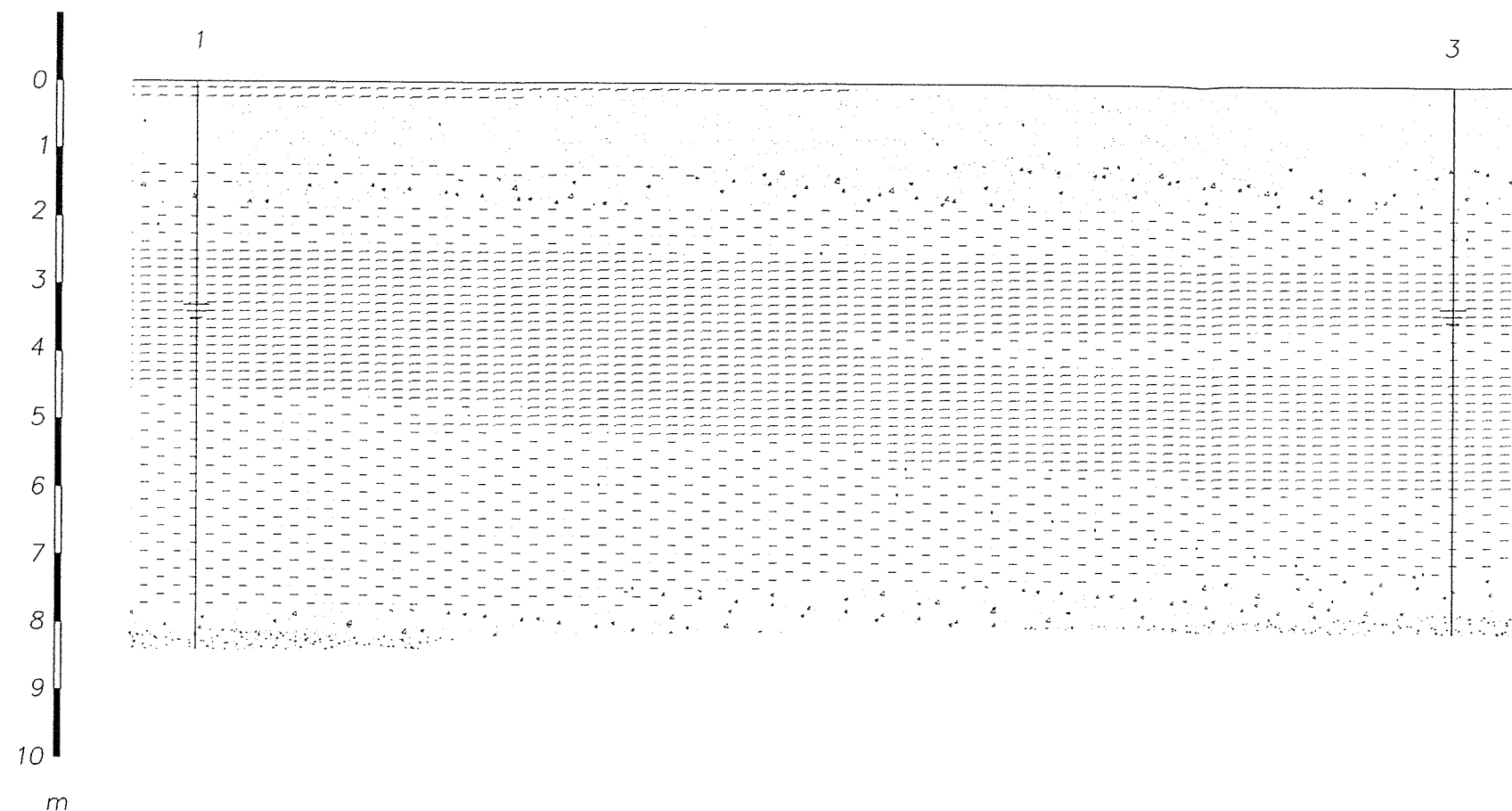
VIA MAURI

0 5 10 m


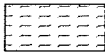
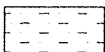
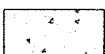


VIA MARSALA

| | | | |
|-------------------------------------|----------|----------|---|
| titolo | rapporto | 5680R08 |  |
| | data | GEN 2008 | |
| UBICAZIONE DEI PUNTI DI INDAGINE | | | figura |
| | | | 1 |
| | | | 5680u |

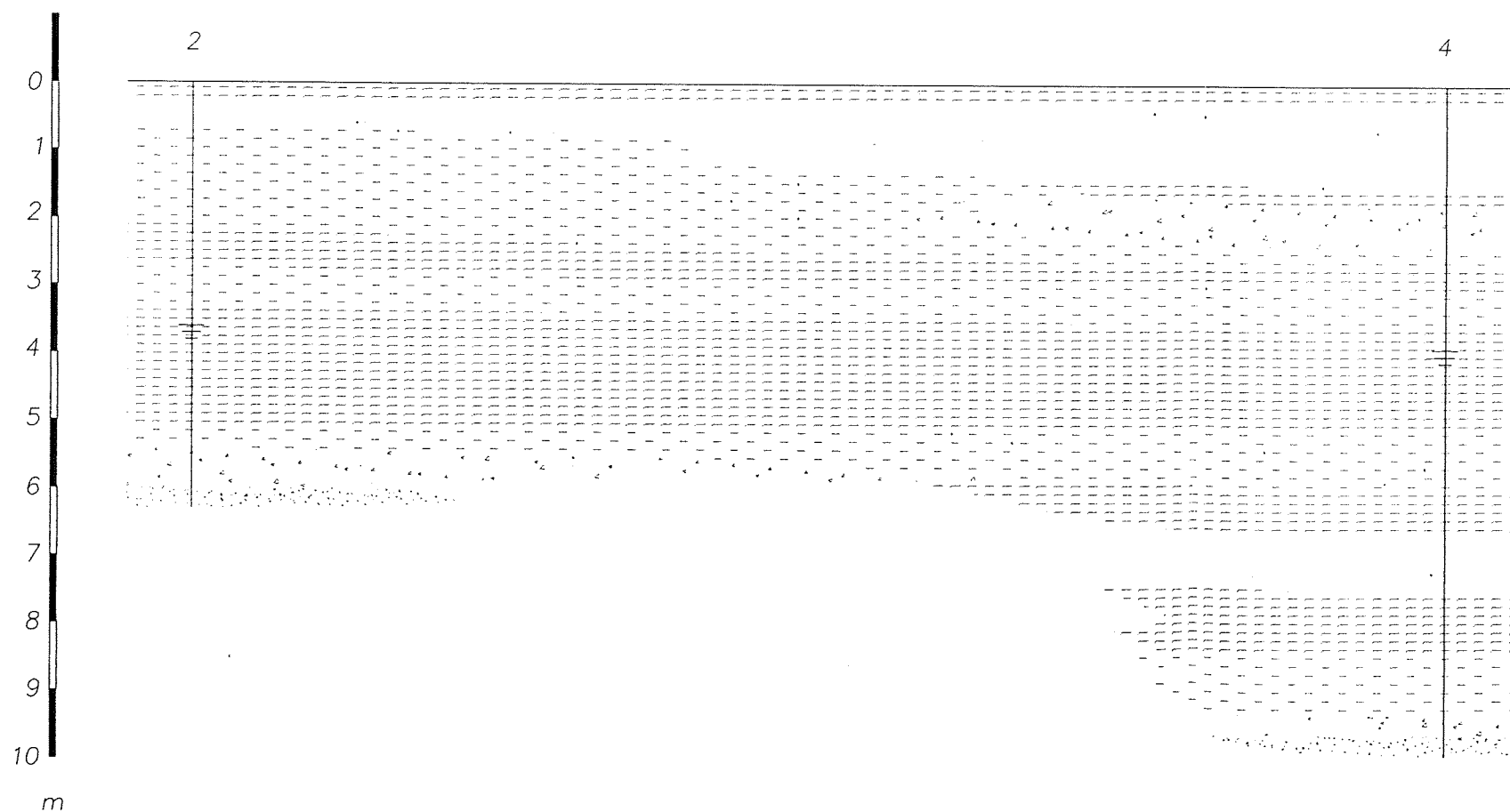
SEZIONE AA



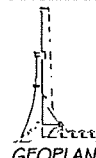
LEGENDA:

-  $N < 2$: limo sabbioso estremamente sciolto
-  $2 < N < 5$: limo sabbioso sciolto
-  $5 < N < 15$: limo sabbioso-ghiaioso di media consistenza passante a sabbia e ghiaia
-  $N > 15$: sabbia e ghiaia da mediamente consistente a compatta
-  $N > 100$: lenti o strati di sabbia con ghiaia molto compatta; possibile conglomerato
-  Presenza d'acqua

SEZIONE BB



0 2 4 m

| | | | |
|---------------------|----------|----------|---|
| titolo | rapporto | 5680R08 |  |
| | data | GEN 2008 | |
| SEZIONI GEOTECNICHE | | | figura |
| | | | 2 |
| | | | 5680s |