

FUSINA S.R.L.

INDAGINI NEL SOTTOSUOLO

**COMMITTENTE:
CRS HOME SRL - MONZA**

3563_21

**“PIANO INTEGRATO DI INTERVENTO BETTOLINO”
IN VIA GARIBALDI E VIA DOLOMITI A BRUGHERIO (MB)
- RELAZIONE GEOTECNICA (R2) AI SENSI DEL D.M. 17/01/2018/NTC2018 -**

MONZA, 23 APRILE 2021

Via Boccioni, 6 - 20900 Monza (MB)
Tel. 039/2028619 – Fax 039/2230311 – Cell. 348/7213807 – E-mail info@fusinasrl.it
C.F. e P.IVA 03014210961 - R.E.A. 1624114

1.	PREMESSA.....	2
2.	RIFERIMENTI.....	3
3.	METODOLOGIA DI ESECUZIONE DELLE INDAGINI	3
4.	SOGGIACENZA DELLA FALDA	7
5.	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO – TECNICA DEI TERRENI.....	7
6.	PERMEABILITA' DEL TERRENO	10
7.	PROGETTO	11
8.	CALCOLO DELLA RESISTENZA DEL TERRENO – FONDAZIONI DIRETTE	13
9.	CALCOLO DEI CEDIMENTI – FONDAZIONI DIRETTE.....	17
10.	COEFFICIENTE DI REAZIONE DEL SOTTOFONDO DI WINKLER – FONDAZIONI DIRETTE	19
11.	CALCOLO DELLA RESISTENZA – FONDAZIONI INDIRETTE (PALI).....	20
12.	APPROFONDIMENTO SISMICO DI PRIMO LIVELLO	23
13.	APPROFONDIMENTO SISMICO DI SECONDO LIVELLO.....	27
14.	ALLEGATI	28

1. PREMESSA

La società *CRS Home S.r.l. di Monza* ci ha affidato l'incarico per l'esecuzione di un'indagine geognostica in supporto al progetto di realizzazione di nuovi edifici residenziali e di un nuovo edificio commerciale presso il P.I.I Bettolino a Brugherio (MB), nei comparti di via Garibaldi e via Dolomiti.

Il programma delle indagini ha previsto l'esecuzione di n.5 prove penetrometriche dinamiche continue SCPT e n. 2 prove di permeabilità a carico variabile nel Comparto di via Garibaldi, n. 4 prove penetrometriche dinamiche e n. 1 prova di permeabilità nel Comparto di via Dolomiti. Tali indagini sono state da noi eseguite in data 31 marzo 2021. Inoltre, vengono prese in considerazione anche n. 22 prove penetrometriche dinamiche, eseguite nell'area di via Garibaldi nel 2004 dalla società *Geotechnical System Srl* di Monza.

Infine, per identificare la categoria sismica di sottosuolo, così come richiesto dal vigente D.M. 17/01/2018 (NTC 2018), prendiamo in considerazione una prova sismica MASW, da noi eseguita nel giugno 2017 nel comparto di via Garibaldi in supporto alla realizzazione degli edifici denominati "R1" e "R2".

L'interpretazione delle indagini, in ottemperanza a quanto previsto dalla normativa del D.M. 17/01/2018, è stata finalizzata principalmente alla definizione delle caratteristiche stratigrafiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione.

L'obiettivo è stato quello di fornire ai progettisti tutti i valori necessari affinché venga da essi verificata la relazione $R_d > E_d$, come indicato nelle NTC 2018 paragrafo 2.3.

Fanno parte della presente relazione tecnica i seguenti allegati:

- ubicazione delle indagini del marzo 2021;
- ubicazione delle indagini del 2004;
- stralcio della carta di pericolosità sismica locale;
- grafici delle prove penetrometriche del marzo 2021;
- grafici delle prove penetrometriche del 2014;
- elaborato grafico della prova sismica del 2017.

2. RIFERIMENTI

Normative

- P.G.T. comunale;
- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni – D.M. 17 Gennaio 2018;
- Circolare esplicativa delle NTC 2018.

Riferimenti bibliografici

- Skempton A.W. (1986). *“Standard Penetration Test Procedures”* Géotechnique 36, n°2.
- Cestelli Guidi C. (1980). *“Geotecnica e Tecnica delle Fondazioni”*. Settima Edizione, Hoepli. Vol. 2, pp. 144-188.
- Cestari F. (1990). *“Prove Geotecniche in Sito”*. Geo-Graph. Pp. 207-284.
- R. Lancellotta (1993). *“Geotecnica”*. Zanichelli.

3. METODOLOGIA DI ESECUZIONE DELLE INDAGINI

Metodologia di esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche continue (SCPT)

La prova penetrometrica standard (Standard Cone Penetration Test) consiste nel misurare il numero di colpi necessario ad infiggere per 30 cm nel terreno una punta conica collegata alla superficie da una batteria di aste.

Le misure vengono fatte senza soluzione di continuità a partire da piano campagna: ogni 30 cm di profondità si rileva perciò un valore del numero di colpi necessario all'infissione.

Caratteristiche tecniche:

- altezza di caduta della mazza: 75 cm;
- peso della mazza: 73 kg;
- punta conica: conicità 60°, $\phi = 51$ mm;
- aste: $\phi = 34$ mm.

Il risultato viene dato in forma di grafico, con una linea rappresentante la resistenza che il terreno ha opposto alla penetrazione alla punta (RP).



Esecuzione delle prove penetrometriche.

Metodologia di esecuzione delle prove di permeabilità a carico variabile

Come già citato in premessa, sono state eseguite n.3 prove di permeabilità a carico variabile utilizzando i rivestimenti in dotazione al penetrometro.

In particolare, è stato misurato l'abbassamento del livello di acqua immessa nei tubi in funzione del tempo.

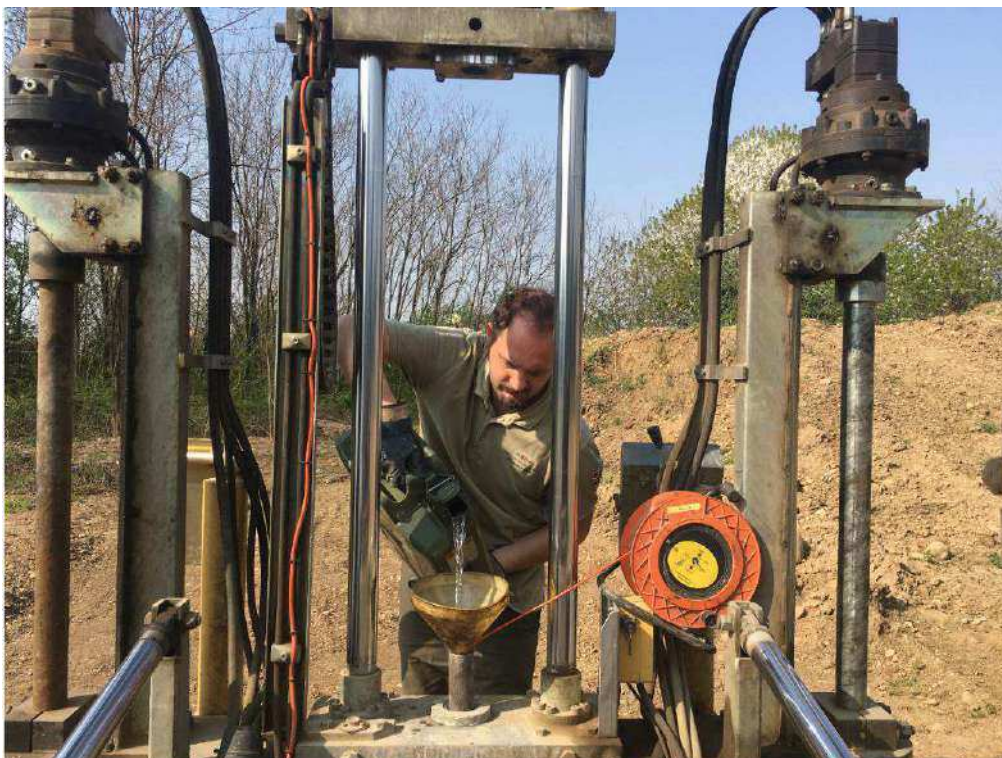
Tali prove hanno simulato le condizioni di effettivo drenaggio del terreno e sono state utilizzate per definire sperimentalmente il coefficiente di permeabilità del terreno a diverse profondità:

- la prova I1 (porzione orientale di via Garibaldi) è stata eseguita con una tasca da – 2,5 a – 2 metri;
- la prova I2 (porzione occidentale di via Garibaldi) è stata eseguita con una tasca da – 5,5 a – 5 metri;
- la prova I3 (via Dolomiti) è stata eseguita con una tasca da – 4,5 a – 4 metri.

Durante le prove si è provveduto a misurare, tramite freatimetro, il livello idraulico nei tubi di rivestimento, che hanno dimensioni note, ad intervalli di tempo regolari (vedi elaborati allegati). Le prove sono durate 15 minuti ciascuna.



Esecuzione della prova I1.



Esecuzione della prova I2.



Esecuzione della prova I3.

Metodologia di esecuzione della prova sismica MASW

Lo scopo dell'indagine è stato quello di ottenere la stratigrafia di velocità delle onde trasversali Vs da cui ricavare il parametro Vs30.

Le caratteristiche della prova sono:

Stendimento geofonico (m)	Energizzazioni (n.)	Geofoni (n.)
46	8	24

Analisi multicanale delle onde superficiali

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali. L'intero processo comprende tre passi: l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente, come è stato nel nostro caso.

In allegato sono riportati i risultati della prova MASW. Nel riquadro principale dell'elaborato si osserva la stratigrafia delle Vs ricavata dalla prova, nonché le curve di dispersione misurate e calcolate. A destra è visibile il sismogramma mentre in basso è riportato il valore del parametro **Vs30** calcolato pari a **368 m/s**.

4. SOGGIACENZA DELLA FALDA

Durante l'esecuzione delle prove non è stata rilevata la presenza di acqua di falda freatica, che in questa zona si attesta ad una profondità di circa 11-12 metri dal piano campagna, come si evince dalla "Carta idrogeologica" del PGT comunale (vedi Tav. 2).

Visti i dati riguardanti l'oscillazione della falda nel corso degli anni, ricavati dal PGT comunale e dai documenti dei comuni limitrofi, e vista la quota di scavo per le fondazioni in progetto (circa – 5 metri e circa – 8,5 metri dal piano marciapiedi), si esclude un'interferenza tra la superficie freatica e le stesse fondazioni.

5. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO – TECNICA DEI TERRENI

Le prove penetrometriche, da noi effettuate a marzo 2021, hanno rilevato un andamento geo-meccanico omogeneo su entrambi i comparti indagati: dal piano campagna a circa – 1,5/2,5 metri, il terreno è costituito da sabbia e ghiaia in matrice limosa scarsamente addensata (unità geotecnica 1); oltre tale profondità, il terreno presenta ghiaia sabbiosa molto compatta (unità geotecnica 2).

Le prove penetrometriche, eseguite dalla società *Geotechnical System Srl* di Monza nel 2004, sono conformi con quanto appena indicato. Tuttavia, alcune di queste ultime prove denotano un grado di addensamento scarso fino a profondità di circa 4 metri. Oltre tale profondità, tutte le prove rilevano un terreno prevalentemente ghiaioso-sabbioso con un buon grado di addensamento.

I parametri geotecnici indicati nel seguito sono stati ottenuti indirettamente, mediante correlazioni empiriche, a partire dai risultati delle prove penetrometriche.

I valori adottati come rappresentativi delle caratteristiche geotecniche dei terreni investigati sono quelli consigliati da diversi Autori (Peck, Hanson e Thornburn, 1953; K. Terzaghi e R.B. Peck, 1976; G. Sanglerat, 1979; J.E. Bowles, 1982) e sono stati definiti in modo moderatamente cautelativo.

I valori delle resistenze all'avanzamento delle prove penetrometriche dinamiche sono stati correlati ai valori di N_{SPT} , utilizzati per la valutazione dei parametri di resistenza e deformabilità, mediante la seguente relazione:

$$N_{spt} = 1,5 \times N_{scpt}$$

I valori di resistenza alla penetrazione dinamica ricavati dalle prove in sito sono stati normalizzati in funzione della profondità, del tipo di attrezzatura utilizzata e delle caratteristiche granulometriche generali dei terreni, secondo la seguente equazione:

$$N'(60) = N_{SPT} \times 1.08 \times C_r \times C_d \times C_n$$

dove: $N'(60)$ = valore di resistenza normalizzato

C_r = fattore di correzione funzione della profondità

C_d = fattore di correzione funzione del diametro del foro

C_n = fattore di correzione funzione della granulometria del terreno

1.08 = valore di correzione funzione delle caratteristiche di restituzione dell'energia sviluppata dall'attrezzatura

La stima del valore della densità relativa (Dr) è stata eseguita secondo le equazioni proposte da Skempton (1986):

$$Dr \cong \sqrt{N_{60}/60}$$

La valutazione del valore dell'angolo d'attrito mobilizzabile, in termini di sforzi efficaci, è stata effettuata sulla base delle correlazioni proposte da Shmertmann, 1977.

Sono state quindi riconosciute due unità geotecniche, suddivise per spessore e aventi le seguenti caratteristiche meccaniche:

- Dal piano campagna a circa – 2,5/4 m
Unità 1
 $N_{SPT} = 6-7$
 $\Phi = 28^\circ$
 $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$
 $D_r = 22 \%$
 $c', c_u = 0 \text{ kN/m}^2$
- Oltre – 2,5/4 m
Unità 2
 $N_{SPT} = 35$
 $\Phi = 34^\circ$
 $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
 $D_r = 70 \%$
 $c', c_u = 0 \text{ kN/m}^2$

N.B.: N_{SPT} = numero colpi/30 cm;
 Φ = angolo di attrito del materiale;
 γ = peso di volume;
 D_r = densità relativa;
 c', c_u = coesione efficace e coesione non drenata.

Modulo Elastico

BURLAND & BURBIDGE (1985): questa correlazione è valida per tutti i tipi di suolo ed il modulo si ricava in funzione di N_{spt}

$$\text{Per } N_{spt} = 4 \Rightarrow E = (1,6 \div 2,4) \cdot N_{spt}$$

$$\text{Per } N_{spt} = 10 \Rightarrow E = (2,2 \div 3,4) \cdot N_{spt}$$

$$\text{Per } N_{spt} = 30 \Rightarrow E = (3,7 \div 5,6) \cdot N_{spt}$$

$$\text{Per } N_{spt} = 60 \Rightarrow E = (4,6 \div 7,0) \cdot N_{spt}$$

Valori indicativi del modulo elastico, in Kg/cm²

Terreno	Valore massimo di E	Valore minimo di E
Argilla molto molle	153	20.4
Argilla molle	255	51
Argilla media	510	153
Argilla dura	1020	510
Argilla sabbiosa	2550	255
Loess	612	153
Sabbia limosa	204	51
Sabbia sciolta	255	102
Sabbia compatta	816	510
Argilloscisto	51000	1530
Limo	204	20.4
Sabbia e ghiaia sciolta	1530	510
Sabbia e ghiaia compatte	2040	1020

Quindi, per le unità individuate si ottiene:

- Unità 1 → circa 20 Mpa = 203 kg/cm²;
- Unità 2 → circa 150 Mpa = 1529 kg/cm².

6. PERMEABILITA' DEL TERRENO

Nella nostra relazione geologica (R1+R3) riportiamo gli elaborati grafici delle tre prove di permeabilità eseguite.

I risultati delle prove eseguite sono i seguenti:

- Prova I1 (via Garibaldi), da – 2,5 a – 2 metri → $k = 4,88 \times 10^{-4}$ m/s;
- Prova I2 (via Garibaldi), da – 5,5 a – 5 metri → $k = 1,50 \times 10^{-3}$ m/s;
- Prova I3 (via Dolomiti), da – 4,5 a – 4 metri → $k = 1,70 \times 10^{-3}$ m/s.

Pertanto, fino ad almeno – 2,5 metri, il coefficiente di permeabilità del terreno denota un drenaggio difficoltoso, mentre oltre tale profondità il drenaggio è discreto e i terreni sono permeabili.

7. PROGETTO

Sulla base delle indicazioni forniteci dai progettisti, riportiamo le caratteristiche principali dell'intervento edilizio.

Il progetto prevede la realizzazione di diversi edifici. Alcuni saranno costituiti da n. 1/2 piani interrati e n. 4/5/7 piani fuori terra, (nella presente relazione si valuta anche la possibilità di realizzazione di edifici da n. 2 piani interrati e n. 15 piani fuori terra).

Per il calcolo delle resistenze agli stati limite (capitolo 7), consideriamo le seguenti ipotesi di fondazione:

a) Via Dolomiti, edifici con n. 1 piano interrato e n. 4 piani fuori terra:

- Fondazioni di tipo “dirette continue nastriformi”, con piano di posa a circa – 5,05 m da piano marciapiede, altezza minima delle fondazioni = 0,60 m, larghezza minima delle fondazioni = 1,70 m.
- Fondazione di tipo “diretta a platea”, con piano di posa a circa – 5,05 m da piano marciapiede, altezza minima della platea = 0,50 m, dimensioni in pianta della platea = 925 m².

b) Via Garibaldi, edifici con n. 1 piano interrato e n. 5 piani fuori terra:

- Fondazioni di tipo “dirette continue nastriformi”, con piano di posa a circa – 5,15 m da piano marciapiede, altezza minima delle fondazioni = 0,70 m, larghezza minima delle fondazioni = 1,80 m.
- Fondazione di tipo “diretta a platea”, con piano di posa a circa – 5,15 m da piano marciapiede, altezza minima della platea = 0,60 m, dimensioni in pianta della platea = 925 m².

c) Via Garibaldi, edifici con n. 1 piano interrato e n. 7 piani fuori terra:

- Fondazioni di tipo “dirette continue nastriformi”, con piano di posa a circa – 5,25 m da piano marciapiede, altezza minima delle fondazioni = 0,80 m, larghezza minima delle fondazioni = 2,00 m.
- Fondazione di tipo “diretta a platea”, con piano di posa a circa – 5,25 m da piano marciapiede, altezza minima della platea = 0,70 m, dimensioni in pianta della platea = 950 m².

d) Via Garibaldi, edifici con n. 2 piani interrati e n. 7 piani fuori terra:

- Fondazioni di tipo “dirette continue nastriformi”, con piano di posa a circa – 8,25 m da piano marciapiede, altezza minima delle fondazioni = 0,80 m, larghezza minima delle fondazioni = 2,00 m.
- Fondazione di tipo “diretta a platea”, con piano di posa a circa – 8,25 m da piano marciapiede, altezza minima delle fondazioni = 0,70 m, dimensioni in pianta della platea = 950 m².

e) Edifici con n. 2 piani interrati e n. 15 piani fuori terra:

- Fondazione di tipo “diretta a platea”, con piano di posa a circa – 8,45 m da piano marciapiede, altezza minima della platea = 1,00 m, dimensioni in pianta della platea = 700 m².
- Fondazioni di tipo “indirette - pali trivellati”, con lunghezza utile di 12 metri e diametro 1000 mm.

8. CALCOLO DELLA RESISTENZA DEL TERRENO – FONDAZIONI DIRETTE

Per il calcolo della resistenza del terreno R_d , la normativa impone l'utilizzo di coefficienti parziali riduttivi, da applicare ai valori caratteristici dei parametri meccanici del terreno, secondo due approcci (6.4.2.1 – NTC2018). Le verifiche devono essere effettuate nei confronti dei seguenti stati limite:

SLU di tipo geotecnico (GEO) e SLU di tipo strutturale (STR), accertando che la condizione $E_d \leq R_d$, dove E_d è il valore di progetto dell'azione e R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi. Si è scelto di utilizzare l'approccio 2, dove è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

Approccio 2: (azioni A1 + materiali M1 + resistenze R3)

Una volta conosciuti ed elaborati i parametri geotecnici, calcoliamo il carico limite; la valutazione è eseguita sulla base dell'equazione proposta da *Brinch-Hansen (1970)*; l'equazione adottata, nella sua forma più generale, è la seguente:

$$R_k = 0.5 \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma + c N_c s_c d_c + q N_q s_q d_q$$

dove:

R_k	[kPa]	= resistenza a rottura;
γ	[kN/mc]	= peso di volume;
B	[m]	= larghezza della fondazione;
c	[kPa]	= coesione;
q	[kPa]	= $\gamma \times D$ = sovraccarico dovuto al rinterro;
D	[m]	= profondità di incasso della fondazione;
N_γ, N_c, N_q	[-]	= fattori di capacità portante;
$s_\gamma s_c, s_q$	[-]	= fattori forma;
d_γ, d_c, d_q	[-]	= fattori profondità.

Per l'effetto sismico abbiamo utilizzato il metodo *Paolucci & Pecker (1997)*.

Per le fondazioni indicate al capitolo precedente si ottengono i seguenti risultati:

		<i>Condizioni statiche, carico limite R_k</i>	<i>Condizioni sismiche, carico limite R_k</i>
Via Dolomiti	a) Edifici con n. 1 piano interrato e n. 4 piani fuori terra	Nastriformi = 6,90 kg/cm ²	Nastriformi = 6,83 kg/cm ²
		Platea = 6,19 kg/cm ²	Platea = 6,12 kg/cm ²
Via Garibaldi	b) Edifici con n. 1 piano interrato e n. 5 piani fuori terra	Nastriformi = 7,31 kg/cm ²	Nastriformi = 7,24 kg/cm ²
		Platea = 6,35 kg/cm ²	Platea = 6,28 kg/cm ²
	c) Edifici con n. 1 piano interrato e n. 7 piani fuori terra	Nastriformi = 8,60 kg/cm ²	Nastriformi = 8,53 kg/cm ²
		Platea = 6,51 kg/cm ²	Platea = 6,44 kg/cm ²
	d) Edifici con n. 2 piani interrati e n. 7 piani fuori terra	Nastriformi = 9,25 kg/cm ²	Nastriformi = 9,18 kg/cm ²
		Platea = 6,83 kg/cm ²	Platea = 6,76 kg/cm ²
	e) Edifici con n. 2 piani interrati e n. 15 piani fuori terra	Platea = 11,34 kg/cm ²	Platea = 11,27 kg/cm ²

Per il calcolo del valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico, l'approccio impone il coefficiente parziale $R_3 = 2,3$.

Ne consegue che la resistenza di progetto R_d (Stato Limite Ultimo) che non deve essere superata dalle azioni di progetto E_d è:

		<i>Condizioni statiche, R_d (SLU)</i>	<i>Condizioni sismiche, R_d (SLU)</i>
Via Dolomiti	a) Edifici con n. 1 piano interrato e n. 4 piani fuori terra	Nastriformi = 3,00 kg/cm ²	Nastriformi = 2,97 kg/cm ²
		Platea = 2,69 kg/cm ²	Platea = 2,66 kg/cm ²
Via Garibaldi	b) Edifici con n. 1 piano interrato e n. 5 piani fuori terra	Nastriformi = 3,18 kg/cm ²	Nastriformi = 3,15 kg/cm ²
		Platea = 2,76 kg/cm ²	Platea = 2,73 kg/cm ²
	c) Edifici con n. 1 piano interrato e n. 7 piani fuori terra	Nastriformi = 3,74 kg/cm ²	Nastriformi = 3,71 kg/cm ²
		Platea = 2,83 kg/cm ²	Platea = 2,80 kg/cm ²
	d) Edifici con n. 2 piani interrati e n. 7 piani fuori terra	Nastriformi = 4,02 kg/cm ²	Nastriformi = 3,99 kg/cm ²
		Platea = 2,97 kg/cm ²	Platea = 2,94 kg/cm ²
	e) Edifici con n. 2 piani interrati e n. 15 piani fuori terra	Platea = 4,93 kg/cm ²	Platea = 4,90 kg/cm ²

Per il calcolo dei cedimenti, prendiamo in considerazione il carico di esercizio (Stato Limite di Esercizio), ovvero considerando le azioni non amplificate dai coefficienti A1. Dividiamo quindi il valore di progetto R_d per il valore medio dei coefficienti di amplificazione delle azioni (A1), che, nel caso dell'approccio considerato, possiamo quantificare in **1,4**.

Verificheremo quindi i cedimenti per una pressione sul terreno da parte delle fondazioni pari a:

		<i>Stato Limite di Esercizio, SLE</i>
Via Dolomiti	a) Edifici con n. 1 piano interrato e n. 4 piani fuori terra	Nastriformi = 2,12 kg/cm ²
		Platea = 1,90 kg/cm ²
Via Garibaldi	b) Edifici con n. 1 piano interrato e n. 5 piani fuori terra	Nastriformi = 2,25 kg/cm ²
		Platea = 1,95 kg/cm ²
	c) Edifici con n. 1 piano interrato e n. 7 piani fuori terra	Nastriformi = 2,65 kg/cm ²
		Platea = 2,00 kg/cm ²
	d) Edifici con n. 2 piani interrati e n. 7 piani fuori terra	Nastriformi = 2,85 kg/cm ²
		Platea = 2,10 kg/cm ²
	e) Edifici con n. 2 piani interrati e n. 15 piani fuori terra	Platea = 3,50 kg/cm ²

9. CALCOLO DEI CEDIMENTI – FONDAZIONI DIRETTE

Si specifica che le resistenze calcolate nel precedente capitolo per tutte le platee sono governate dai cedimenti tollerabili. Infatti, con le dimensioni delle platee utilizzate, si otterrebbero delle resistenze maggiori del terreno ma i cedimenti sarebbero molto alti.

Pertanto, abbiamo diminuito la resistenza “ammissibile” del terreno, in modo da ottenere cedimenti compatibili col tipo di struttura. Viste le caratteristiche granulometriche grossolane dei terreni di fondazione, i cedimenti calcolati per le platee si dissiperanno gradualmente durante le fasi di realizzazione degli edifici stessi (soprattutto per gli edifici più alti).

Per il calcolo dei cedimenti utilizziamo il metodo di *Burland & Burbidge*, basato su un’analisi statistica di oltre 200 casi reali, comprendenti fondazioni di dimensioni variabili tra 0.8 e 135 m. L’espressione per il calcolo dei cedimenti è la seguente:

$$s = f_s \cdot f_H \cdot f_t \cdot \left[\sigma'_{vo} \cdot B^{0.7} \cdot \frac{I_c}{3} + (q' - \sigma'_{vo}) \cdot B^{0.7} \cdot I_c \right],$$

dove: q' = pressione efficace lorda (kPa),

σ'_{vo} = tensione verticale efficace alla quota di imposta della fondazione (kPa),

B = larghezza della fondazione (m),

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.

I valori dei cedimenti forniti dall’equazione sopra esposta sono espressi in mm.

Il valore medio di I_c è dato da:

$$I_c = \frac{1.706}{N_{AV}^{1.4}},$$

dove N_{AV} rappresenta la media dei valori N_{SPT} all’interno di una profondità significativa, z_i , deducibile da dati tabulati da *Burland & Burbidge (1984)* e reperibili in letteratura tecnica.

Se lo strato compressibile ha uno spessore H inferiore ai valori di z_i , nell’equazione per il calcolo del cedimento se ne tiene conto tramite il fattore f_H dalla seguente relazione:

$$f_H = \frac{H}{z_i} \cdot \left(2 - \frac{H}{z_i} \right).$$

Il fattore di forma f_s è dato da:

$$f_s = \left(\frac{1.25 \cdot L / B}{L / B + 0.25} \right)^2.$$

Infine, il fattore correttivo f_t è dato da:

$$f_t = \left(1 + R_3 + R \cdot \log \frac{t}{3} \right),$$

in cui t = tempo espresso in anni (≥ 3);

R_3 = costante pari a 0,3 nel caso di carichi statici.

Calcolo dei cedimenti - Burland & Burbidge (1984) COME PRESSIONI SI PRENDONO IN CONSIDERAZIONE LE RESISTENZE ALLO SLE			
		Tempo, 0 sec	Tempo, 15 anni
Via Dolomiti	a) Edifici con n. 1 piano interrato e n. 4 piani fuori terra	Nastriformi $s_i = 6$ mm	Nastriformi $s_t = 9$ mm
		Platea $s_i = 20$ mm	Platea $s_t = 25$ mm
Via Garibaldi	b) Edifici con n. 1 piano interrato e n. 5 piani fuori terra	Nastriformi $s_i = 7$ mm	Nastriformi $s_t = 10$ mm
		Platea $s_i = 20$ mm	Platea $s_t = 25$ mm
	c) Edifici con n. 1 piano interrato e n. 7 piani fuori terra	Nastriformi $s_i = 9$ mm	Nastriformi $s_t = 13$ mm
		Platea $s_i = 20$ mm	Platea $s_t = 25$ mm
	d) Edifici con n. 2 piani interrati e n. 7 piani fuori terra	Nastriformi $s_i = 13$ mm	Nastriformi $s_t = 18$ mm
		Platea $s_i = 21$ mm	Platea $s_t = 25$ mm
	e) Edifici con n. 2 piani interrati e n. 15 piani fuori terra	Platea $s_i = 40$ mm	Platea $s_i = 55$ mm

10. COEFFICIENTE DI REAZIONE DEL SOTTOFONDO DI WINKLER – FONDAZIONI DIRETTE

La costante di Winkler per carichi verticali viene valutata tramite una metodologia suggerita da Joseph E. Bowles sulla base della capacità portante della fondazione e dei cedimenti.

<i>coefficiente Winkler</i>		
Via Dolomiti	a) Edifici con n. 1 piano interrato e n. 4 piani fuori terra	Nastriformi = 3,33 kg/cm ³
		Platea = 2,47 kg/cm ³
Via Garibaldi	b) Edifici con n. 1 piano interrato e n. 5 piani fuori terra	Nastriformi = 3,18 kg/cm ³
		Platea = 2,54 kg/cm ³
	c) Edifici con n. 1 piano interrato e n. 7 piani fuori terra	Nastriformi = 2,88 kg/cm ³
		Platea = 2,60 kg/cm ³
	d) Edifici con n. 2 piani interrati e n. 7 piani fuori terra	Nastriformi = 2,23 kg/cm ³
		Platea = 2,73 kg/cm ³
	e) Edifici con n. 2 piani interrati e n. 15 piani fuori terra	Platea = 2,06 kg/cm ³

11. CALCOLO DELLA RESISTENZA – FONDAZIONI INDIRETTE (PALI)

Le verifiche devono essere effettuate nei confronti dei seguenti stati limite:

SLU di tipo geotecnico (GEO) e SLU di tipo strutturale (STR), accertando che la condizione $Ed \leq Rd$, dove Ed è il valore di progetto dell'azione e Rd è il valore di progetto di della resistenza del sistema geotecnico.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Si è scelto di utilizzare l'approccio 2, dove è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

Approccio 2: (azioni A1 + materiali M1 + resistenze R3)

Occorre tener conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II delle NTC 2018 per le azioni e i parametri geotecnici:

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(a)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_Y	γ_Y	1,0	1,0

Per un palo trivellato, il valore di progetto R_d della resistenza si ottiene a partire dal valore caratteristico R_k applicando i coefficienti parziali γ_R della Tab. 6.4.II. (6.4.3.1.1 NTC 2018).

Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Per il calcolo della resistenza di progetto di ciascun palo è stata utilizzata la teoria di Berezantzev, di seguito riassunta:

Portanza per carichi verticali di pali in c.a. verticali trivellati:

TEORIA DI BEREZANTZEV

RIFERIMENTI TEORICI: MANUALE DELL'ING. ESAC - CREMONESE

PORTANZA LATERALE:

$$s = s_0 + k \cdot \mu \cdot qz$$

t. coerenti n.c. e misti (*)	$s_0=0$	$k=1-\sin(\varphi_i)$	$\mu=\tan(\varphi_i)$	tensioni effettive: d' fi' c'
ter. coerenti preconsolidati:	$s_0=0,3 \cdot C_u$	$k=0$	$\mu=0$	tensioni totali
terreni incoerenti sciolti:	$s_0=0$	$k=0,5$	$\mu=\tan(\varphi_i)$	tensioni effettive
terreni incoerenti densi:	$s_0=0$	$k=0,4$	$\mu=\tan(\varphi_i)$	tensioni effettive

(*) terreni coerenti normalmente consolidati, terreni misti argillosi-limosi-sabbiosi

PORTANZA ALLA PUNTA:

$$p = N_c \cdot C + N_q \cdot qz$$

terreni incoerenti: usare le tensioni effettive

terreni coerenti: usare le tensioni totali

Note: Per i pali di grande diametro sono stati usati valori di N_q cautelativi per ridurre gli elevati cedimenti.

I valori di N_q per pali di medio diametro sono stati raccordati a quelli relativi ai pali di grande diametro, nell'intervallo dei diametri da 0,50m a 0,87m

L'interpolazione si esegue sui valori di PP. Il diametro superiore ha una PP $\geq 1,2 \cdot PP(d=0,50)$

(*) Pressione verticale del terreno alla profondità della testa del palo.

Da non confondere con il carico trasmesso dalla struttura sulla testa del palo.

Esempio: testa del palo posta alla profondità di 2m dal piano campagna, densità terreno 18 kN/m³.

$$qz = 2m \cdot 18 \text{ kN/m}^3 = 36 \text{ kN/m}^2 = 3600 \text{ daN/m}^2$$

Nella pagina seguente riportiamo il prospetto analitico del calcolo effettuato, in cui si evince che la resistenza in compressione massima di ciascun palo è di circa 157942 daN, pari a circa 177 tonnellate.

PORTANZA PER CARICHI VERTICALI DEI PALI TRIVELLATI
(Teoria di Berezantzev)

Riferimento: Pali Fondaz. L = 12m d = 1m

Lunghezza palo	m	12,00
Diametro palo	m	1,00
Peso del palo: Pg=	daN	23.550

STRATIGRAFIA:

	tipologia:	denominazione
strato 1	incoerente sciolto	sabbia e ghiaia in matrice limosa
strato 2	incoerente denso	ghiaia sabbiosa
strato 3		0
strato 4		0
strato 5		0

pressione verticale terreno qz alla quota di testa del palo (daN/m ²	0
---	--------------------	----------

PORTANZA LATERALE: PL= AI * (so + k*mu*qz)

		strato 1	strato 2	strato 3	strato 4	strato 5
lunghezza	m	4	8	0	0	0
densità	daN/m ³	1700	1900	0	0	0
Angolo Attrito	(°)	28,0	34,0	0,0	0,0	0,0
Coesione	daN/cm ²	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
s _o	daN/cm ²	0,000	0,000			
k		0,500	0,400			
μ		0,531	0,674			
q _z	daN/m ²	3400	14400			
Portanza laterale	daN	11.338	97.522			
PORTANZA LATERALE LIMITE: PL					108.860daN	
PORTANZA LATERALE: PLc = PL / (1,15*1,6)					59.163daN	

PORTANZA ALLA PUNTA: PP = Ap * (Nc*C+Nq*qz) (Teoria di Berezantzev)

Strato 2	ghiaia sabbiosa	
densità	daN/m ³	1900
Ang. Attrito	(°)	34,0
Coesione	daN/cm ²	0
Nq		15,3
Nc		21,2
q _z	daN/m ²	22000
PORTANZA ALLA PUNTA LIMITE: PP		264.231daN
PORTANZA ALLA PUNTA: PPc = PP / (1,35*1,6)		122.329daN

PORTANZA TOTALE TERRENO IN COMPRES.: Ptot = PLc+ PPc	181.492daN
---	-------------------

CARICO MAX IN COMPRES. SUL PALO: Pc,comp = Ptot - Pg	157.942daN
---	-------------------

CARICO MAX IN TRAZIONE SUL PALO: Pc,traz = Pg + PL/(1,25*1,6)	77.980daN
--	------------------

12. APPROFONDIMENTO SISMICO DI PRIMO LIVELLO

Nella relazione geologica (R1+R3) da noi redatta al fine di verificare la fattibilità geologica dell'intervento in oggetto, abbiamo svolto la caratterizzazione sismica del sito, che qui riportiamo nei suoi valori più significativi.

PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE:

Secondo la classificazione sismica vigente (Delibera Giunta regionale 11 luglio 2014 - n. X/2129), il comune di Brugherio risulta inserito in zona sismica 3.

Come riportato nella "Carta di pericolosità sismica locale", allegata al P.G.T. comunale, le aree di intervento sono poste nell'ambito dello scenario di pericolosità sismica locale Z4a.

Per la valutazione numerica degli effetti di amplificazione sismica sito-specifica la procedura di cui al punto 1.4.4 dell'Allegato B alla D.G.R. 30 novembre 2011 n. IX/2616 "Sintesi delle procedure", prevede l'applicazione di tre livelli di approfondimento sismico con grado di dettaglio crescente in funzione della zona sismica di appartenenza, come illustrato nella tabella seguente:

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1^ livello fase pianificatoria	2^ livello fase pianificatoria	3^ livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	<ul style="list-style-type: none">- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale;- Nelle zone PSL Z1 e Z2.
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	<ul style="list-style-type: none">- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale;- Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

PSL = Pericolosità Sismica Locale

Nel caso specifico, considerando che gli edifici in progetto interferiranno con l'urbanizzato, è richiesto l'approfondimento sismico di 2° livello, oltre a quello di 1° livello.

PARAMETRI SISMICI:**Comparto via Garibaldi****Sito in esame.**

latitudine: 45,545412
longitudine: 9,295161
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 11818 Lat: 45,5617 Lon: 9,2814 Distanza: 2102,516
Sito 2 ID: 11819 Lat: 45,5641 Lon: 9,3525 Distanza: 4925,978
Sito 3 ID: 12041 Lat: 45,5142 Lon: 9,3560 Distanza: 5874,681
Sito 4 ID: 12040 Lat: 45,5117 Lon: 9,2848 Distanza: 3830,557

I parametri delle azioni sismiche di progetto proprie del sito sono i seguenti:

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.206	2.55	0.172
S.L.D.	50.0	0.265	2.54	0.198
S.L.V.	475.0	0.569	2.623	0.282
S.L.C.	975.0	0.706	2.641	0.295

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.309	0.2	0.0063	0.0032
S.L.D.	0.3975	0.2	0.0081	0.0041
S.L.V.	0.8535	0.2	0.0174	0.0087
S.L.C.	1.059	0.2	0.0216	0.0108

Comparto via Dolomiti**Sito in esame**

latitudine: 45,546674445465
longitudine: 9,28297377055388
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 11818 Lat: 45,5617 Lon: 9,2814 Distanza: 1671,107
Sito 2 ID: 11819 Lat: 45,5641 Lon: 9,3525 Distanza: 5750,967
Sito 3 ID: 12041 Lat: 45,5142 Lon: 9,3560 Distanza: 6738,218
Sito 4 ID: 12040 Lat: 45,5117 Lon: 9,2848 Distanza: 3888,369

I parametri delle azioni sismiche di progetto proprie del sito sono i seguenti:

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.196	2.551	0.17
S.L.D.	50.0	0.255	2.542	0.197
S.L.V.	475.0	0.559	2.624	0.282
S.L.C.	975.0	0.696	2.642	0.295

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.294	0.2	0.006	0.003
S.L.D.	0.3825	0.2	0.0078	0.0039
S.L.V.	0.8385	0.2	0.0171	0.0086
S.L.C.	1.044	0.2	0.0213	0.0106

- vita nominale degli edifici V_n (2.4.1 - NTC2018) maggiore di 50 anni;
- classe d'uso "II" (2.4.2 – NTC2018);
- vita di riferimento V_r per le azioni sismiche è pari a $V_n \times C_u$ (coefficiente d'uso = 1 per classe d'uso II) = 50 anni;
- le NTC2018 raccomandano fortemente la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s ; a tale scopo prendiamo in considerazione la prova sismica MASW del 2017, il cui risultato è stato $V_{s30} = 368$ m/s; pertanto, questo territorio presenta caratteristiche conformi alla categoria sismica di sottosuolo B, secondo la Tabella 3.2.II del D.M. 17/01/2018 (NTC 2018). **tuttavia, l'approfondimento sismico di secondo livello porta a dover considerare la categoria sismica di sottosuolo C, in quanto i fattori di amplificazione calcolati per la categoria B del sito superano le soglie imposte dalla Regione Lombardia. Si sottolinea che tutti i parametri sismici indicati nel presente paragrafo sono già riferiti alla categoria sismica C.**
- come condizione topografica al contorno, deve essere considerata la categoria T1, propria dei terreni pianeggianti.

Verifica alla liquefazione:

Nel caso in esame, i terreni di fondazione non sono da ritenersi suscettibili a fenomeni di liquefazione in quanto è verificata la condizione 1) di cui al paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC 2018, ossia " $a_{max} < 0,1g$ ".

In particolare, per entrambi i comparti, l'accelerazione massima a_{max} per lo stato limite SLV, amplificata del coefficiente 1,5 per la categoria sismica C, risulta pari a 0,08 g, quindi inferiore a 0,1 g

Pertanto, non vi è la presenza degli elementi predisponenti perché si verifichi il fenomeno della liquefazione in caso di evento sismico.

13. APPROFONDIMENTO SISMICO DI SECONDO LIVELLO

Attraverso il secondo livello di approfondimento sono stati calcolati i fattori di amplificazione propri del sito, necessari alla verifica della categoria sismica di sottosuolo.

Tali valori sono stati confrontati con i valori di soglia forniti dalla Regione Lombardia, che per il comune di Brugherio, categoria sismica B, sono pari a 1,4 per il periodo compreso tra 0.1 e 0.5 s e pari a 1,7 per il periodo compreso tra 0.5 e 1.5 s.

Poiché risulta:

- **$Fa_{0.1 \div 0.5 s} = 1,68 > 1,4 \rightarrow$** Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) > Soglia comunale (FAS);
- **$Fa_{0.5 \div 1.5 s} = 1,52 < 1,7 \rightarrow$** Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) < Soglia comunale (FAS).

Ne consegue che:

- Sulla base dell'applicazione del 2° livello di approfondimento sismico di cui alla D.G.R. IX/2616/2011, la categoria di sottosuolo ricavata secondo le procedure contenute nella normativa antisismica non è sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica propri del sito.
- La normativa prevede che, nel caso di Fa di sito calcolato > Fa di soglia comunale, venga eseguita una analisi sismica di 3° livello in fase di progettazione edilizia o che, in alternativa, venga utilizzato lo spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo superiore fino alla verifica Fa sito < Fa soglia (tale condizione, per un periodo compreso tra 0.1 e 0.5 s, viene raggiunta utilizzando una categoria di sottosuolo di tipo C, il cui Fa di soglia è di 1,8, quindi >1,68).
- **Pertanto, per il progetto dei nuovi edifici va considerata la categoria sismica di sottosuolo C.**

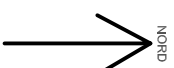
Dott. Geol. Fabio Fusina

Fabio Fusina



14. ALLEGATI

PROVA SISIMICA MASW (2017)



DATA:
APRILE 2021

TAV. 6B - UBICAZIONE PROVE 2004

Committente: STUDIO SARDI
Lavoro: NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
Località: BRUGHERIO (MI) - VIA GARIBOLDI

GEOTECHNICAL SYSTEMS

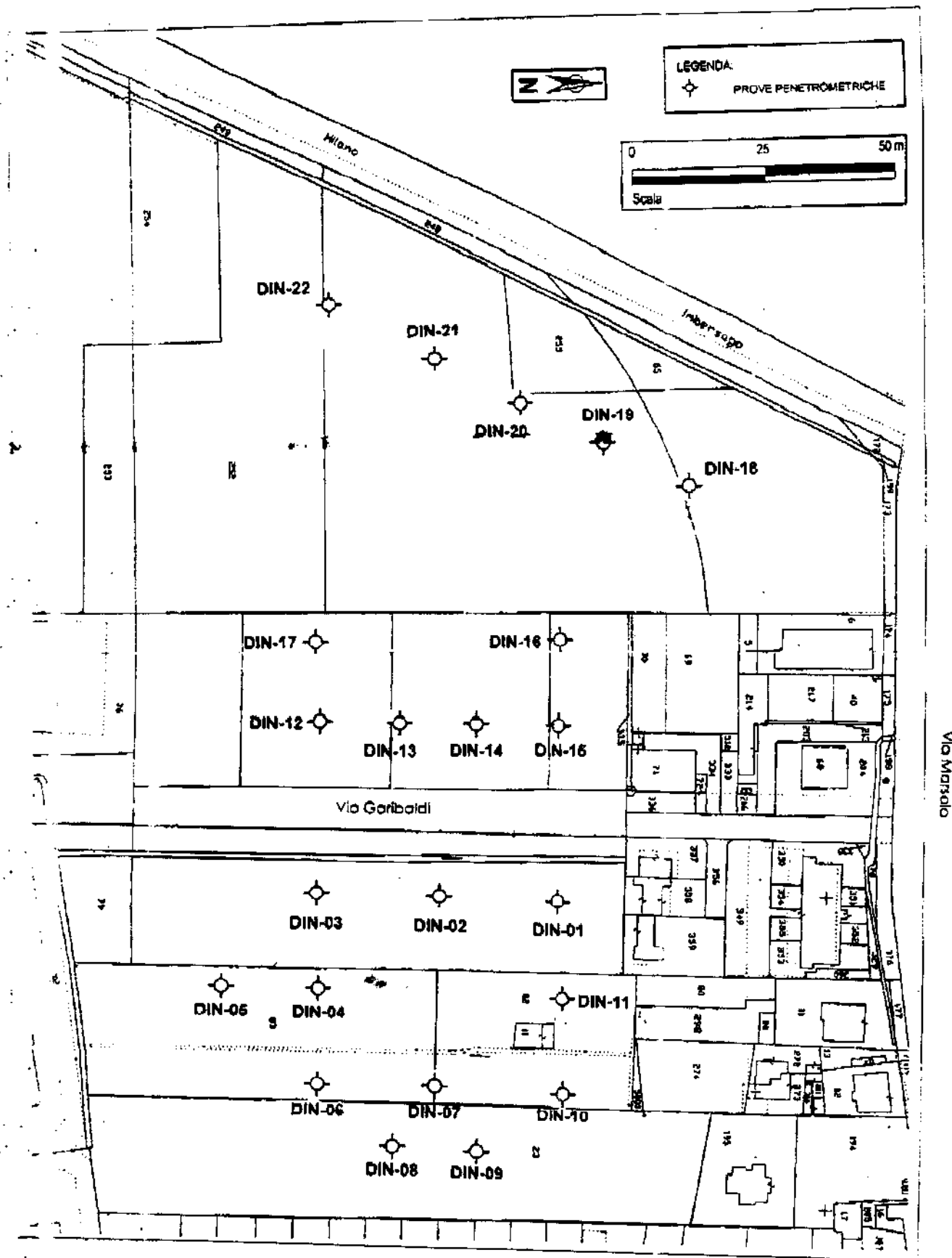
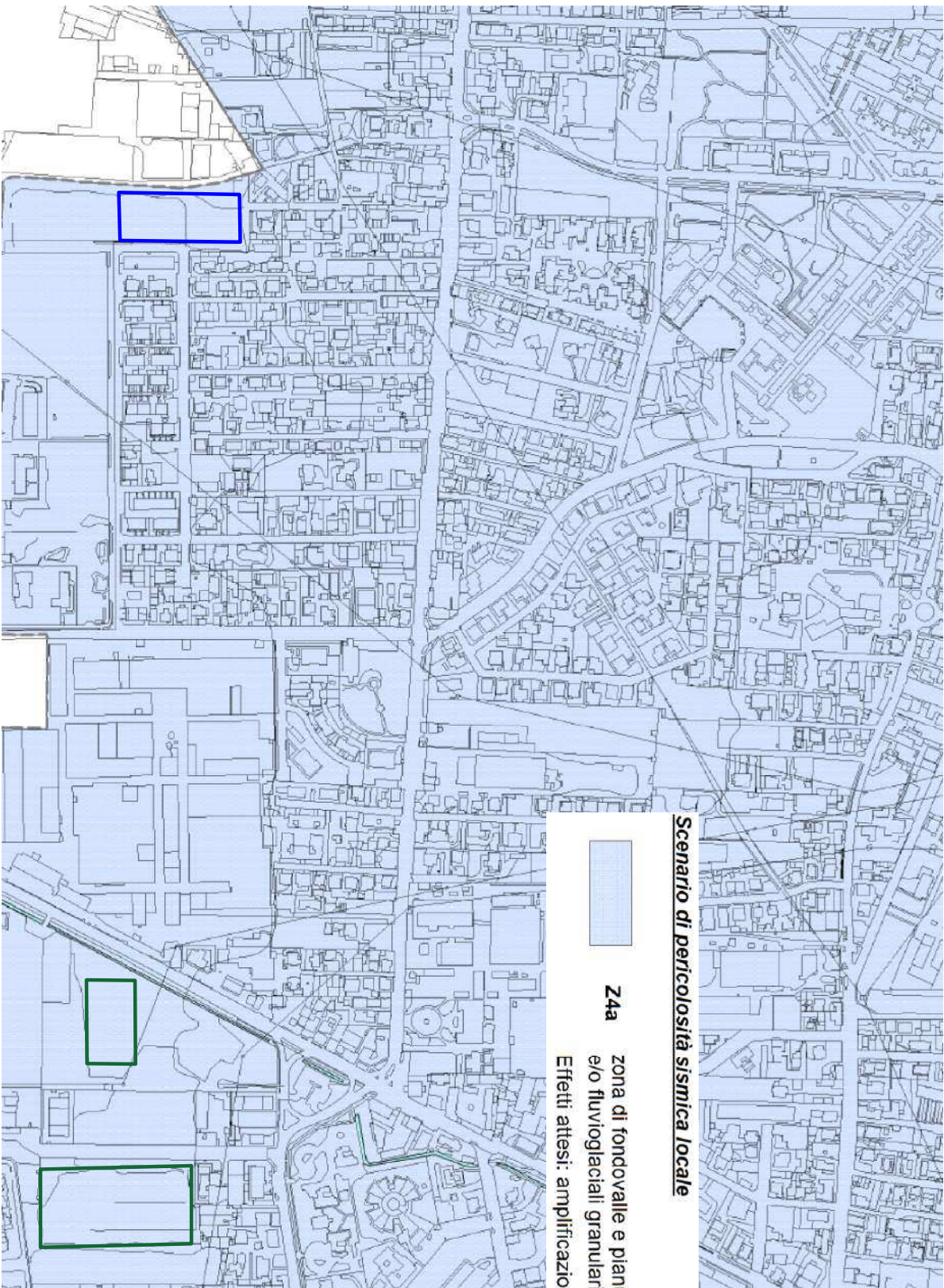


FIGURA 02

UBICAZIONE PLANIMETRICA INDAGINI ESEGUITE



Scenario di pericolosità sismica locale



Z4a

zona di fondovalle e pianura con presenza di depositi alluvionali
e/o fluvio glaciali granulari e/o coesivi

Effetti attesi: amplificazioni litologiche e geometriche

COMPARTO
VIA GARIBALDI

COMPARTO
VIA DOLOMITI



FUSINA S.R.L. Via Bozzardi, 6 - 20900 Monza Tel. 039/2029619 - Fax 039/2230311 - Cell. 346/7213807 Email info@fusina.it
COMMITTENTE: GRS HOME S.R.L. - MONZA
CANTIERE: BRUGHERIO (MB) - P.L.I. BETTOLINO
TITOLO: STRALCIO DELLA CARTA DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE
DATA: APRILE 2021

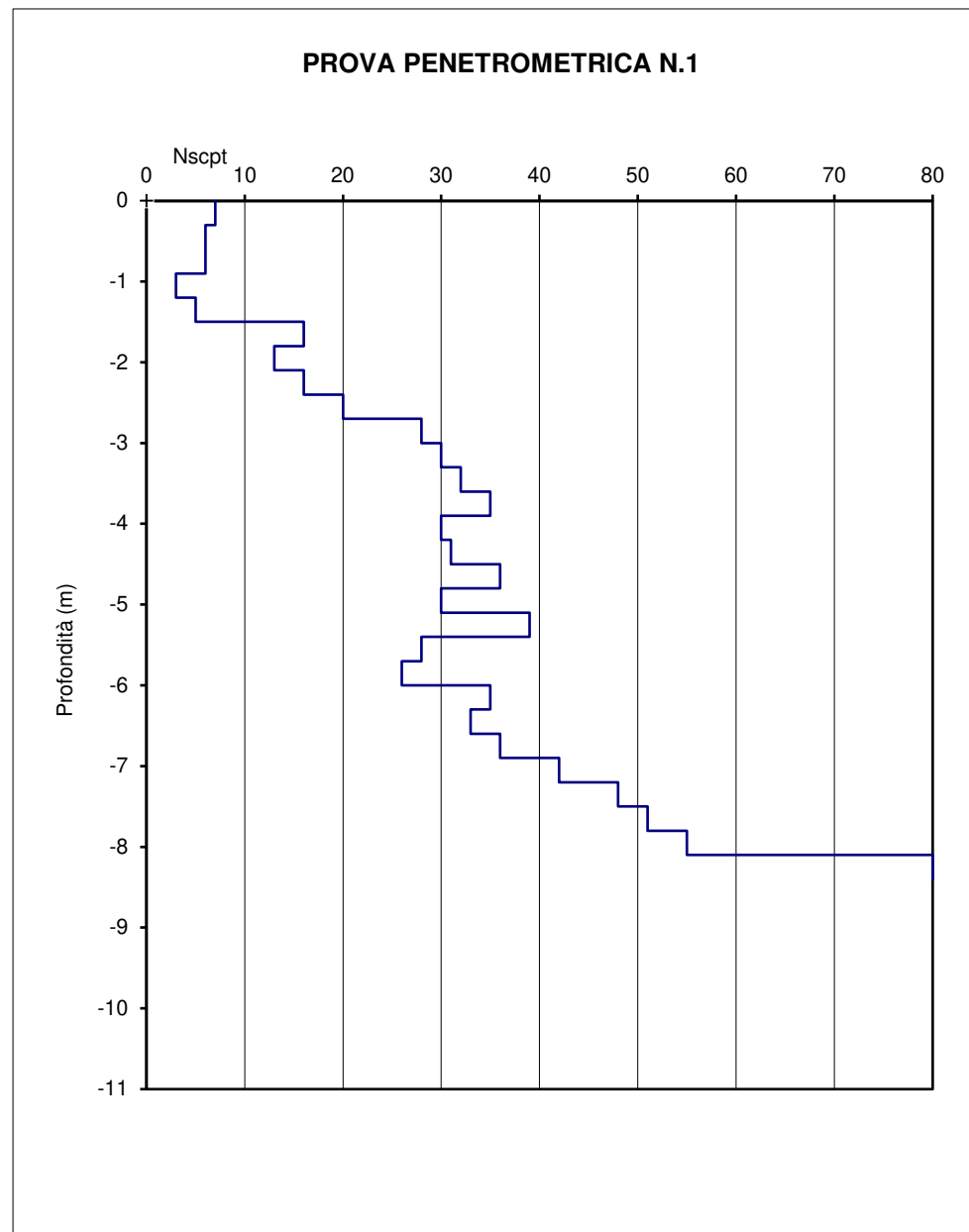
PROVE PENETROMETRICHE
MARZO 2021

COMMITTENTE: CRS HOME S.R.L. - MONZA
 CANTIERE DI BRUGHERIO (MB) - VIA GARIBALDI E VIA DOLOMITI
 PROFONDITA' DELLA FALDA : NON RILEVATA
 DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE : 31/03/2021

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	7	
	6	
	6	
	3	
-1,5	5	
	16	
	13	
	16	
	20	
-3	28	
	30	
	32	
	35	
	30	
-4,5	31	
	36	
	30	
	39	
	28	
-6	26	
	35	
	33	
	36	
	42	
-7,5	48	

Profondità	RP	RL
	51	
	55	
	R	
-9		
-10,5		
-12		
-13,5		
-15		



FUSINA S.R.L.

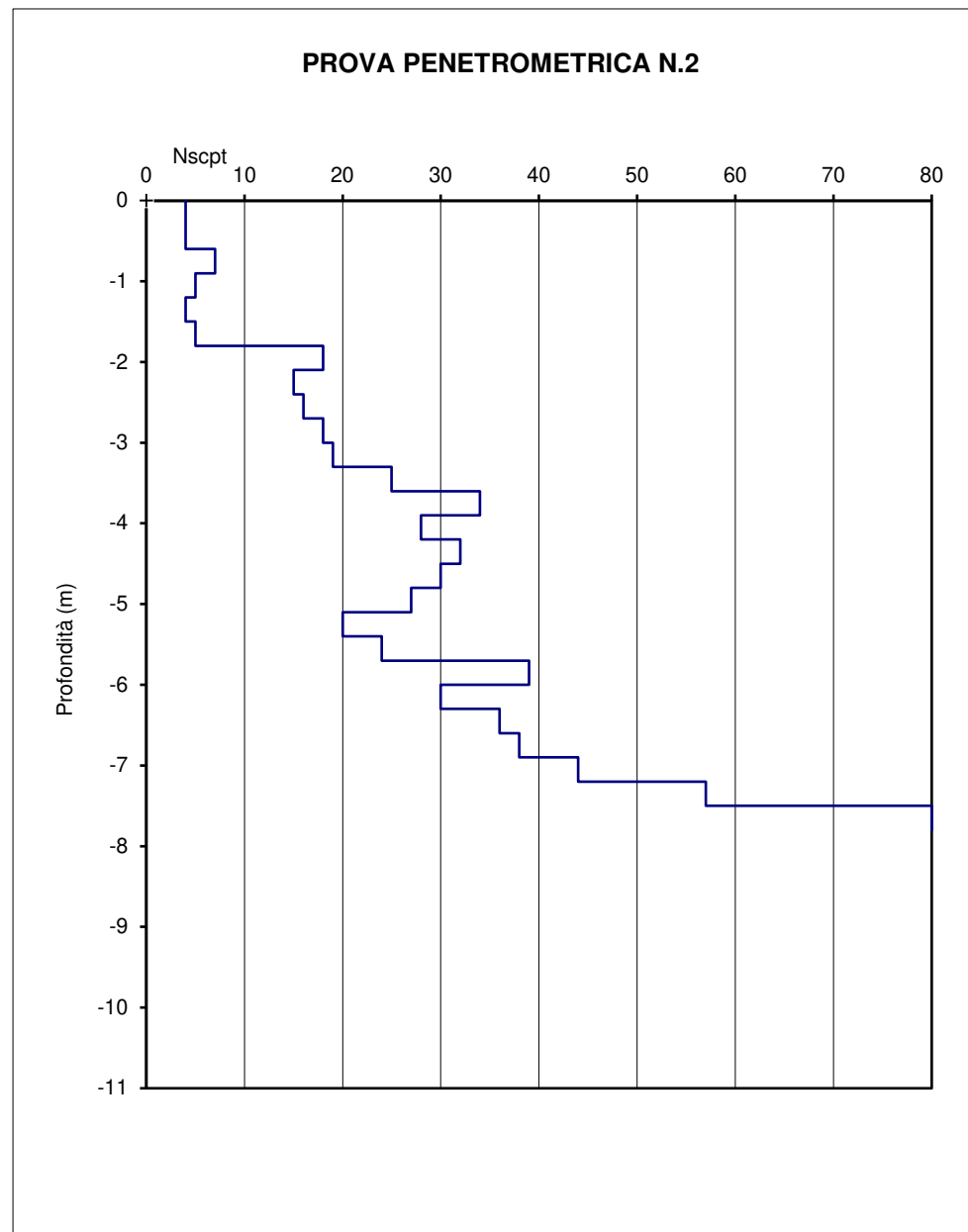
Via Boccioni, 6 - 20052 Monza
 tel. 039/2028619

COMMITTENTE: CRS HOME S.R.L. - MONZA
 CANTIERE DI BRUGHERIO (MB) - VIA GARIBALDI E VIA DOLOMITI
 PROFONDITA' DELLA FALDA : NON RILEVATA
 DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE : 31/03/2021

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	4	
	4	
	7	
	5	
-1,5	4	
	5	
	18	
	15	
	16	
-3	18	
	19	
	25	
	34	
	28	
-4,5	32	
	30	
	27	
	20	
	24	
-6	39	
	30	
	36	
	38	
	44	
-7,5	57	

Profondità	RP	RL
	R	
-9		
-10,5		
-12		
-13,5		
-15		



FUSINA S.R.L.

Via Boccioni, 6 - 20052 Monza
 tel. 039/2028619

COMMITTENTE: CRS HOME S.R.L. - MONZA

CANTIERE DI BRUGHERIO (MB) - VIA GARIBALDI E VIA DOLOMITI

PROFONDITA' DELLA FALDA : NON RILEVATA

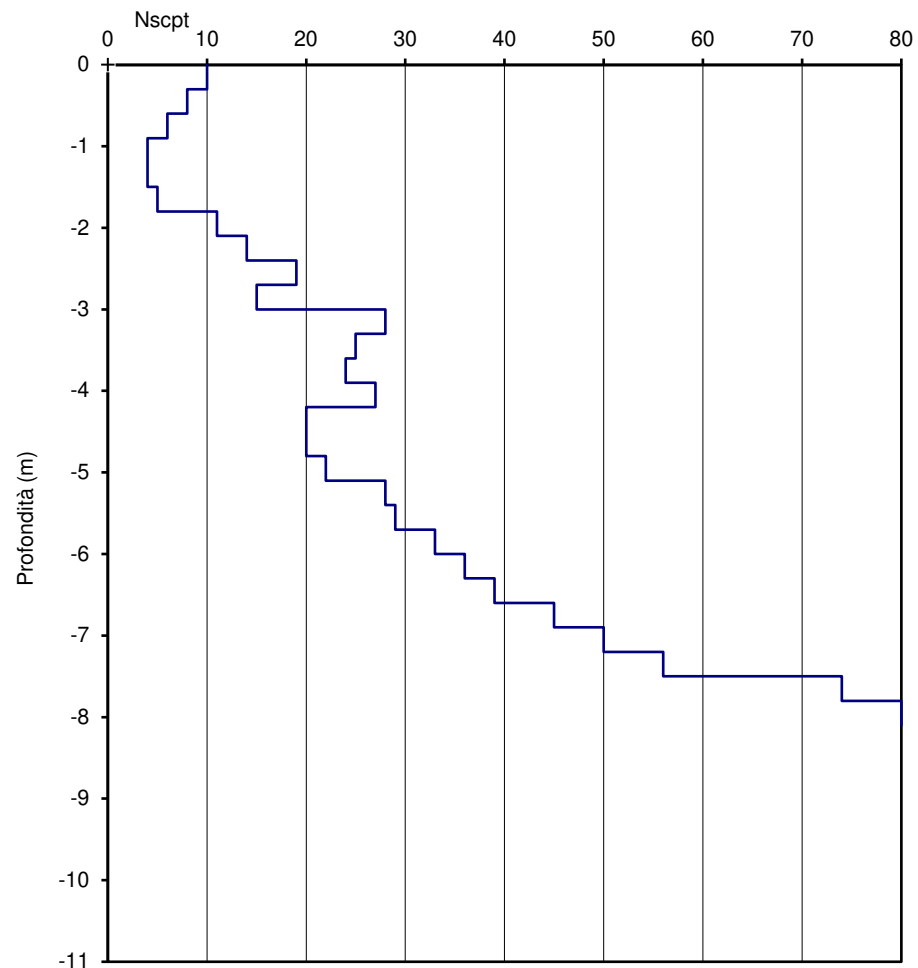
DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE : 31/03/2021

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	10	
	8	
	6	
	4	
-1,5	4	
	5	
	11	
	14	
	19	
-3	15	
	28	
	25	
	24	
	27	
-4,5	20	
	20	
	22	
	28	
	29	
-6	33	
	36	
	39	
	45	
	50	
-7,5	56	

Profondità	RP	RL
	74	
	R	
-9		
-10,5		
-12		
-13,5		
-15		

PROVA PENETROMETRICA N.3



FUSINA S.R.L.

Via Boccioni, 6 - 20052 Monza

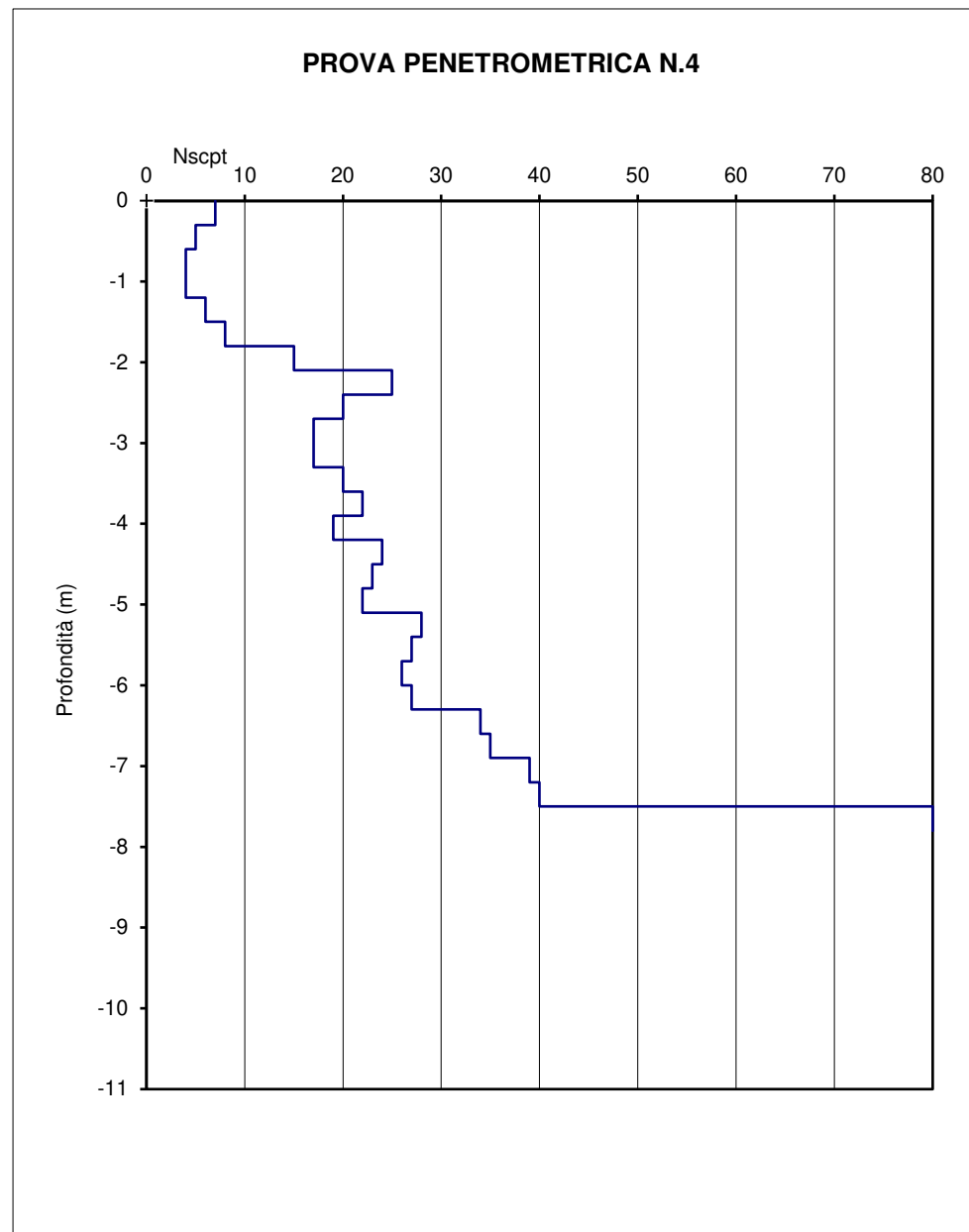
tel. 039/2028619

COMMITTENTE: CRS HOME S.R.L. - MONZA
 CANTIERE DI BRUGHERIO (MB) - VIA GARIBALDI E VIA DOLOMITI
 PROFONDITA' DELLA FALDA : NON RILEVATA
 DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE : 31/03/2021

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	7	
	5	
	4	
	4	
-1,5	6	
	8	
	15	
	25	
	20	
-3	17	
	17	
	20	
	22	
	19	
-4,5	24	
	23	
	22	
	28	
	27	
-6	26	
	27	
	34	
	35	
	39	
-7,5	40	

Profondità	RP	RL
	R	
-9		
-10,5		
-12		
-13,5		
-15		



FUSINA S.R.L.

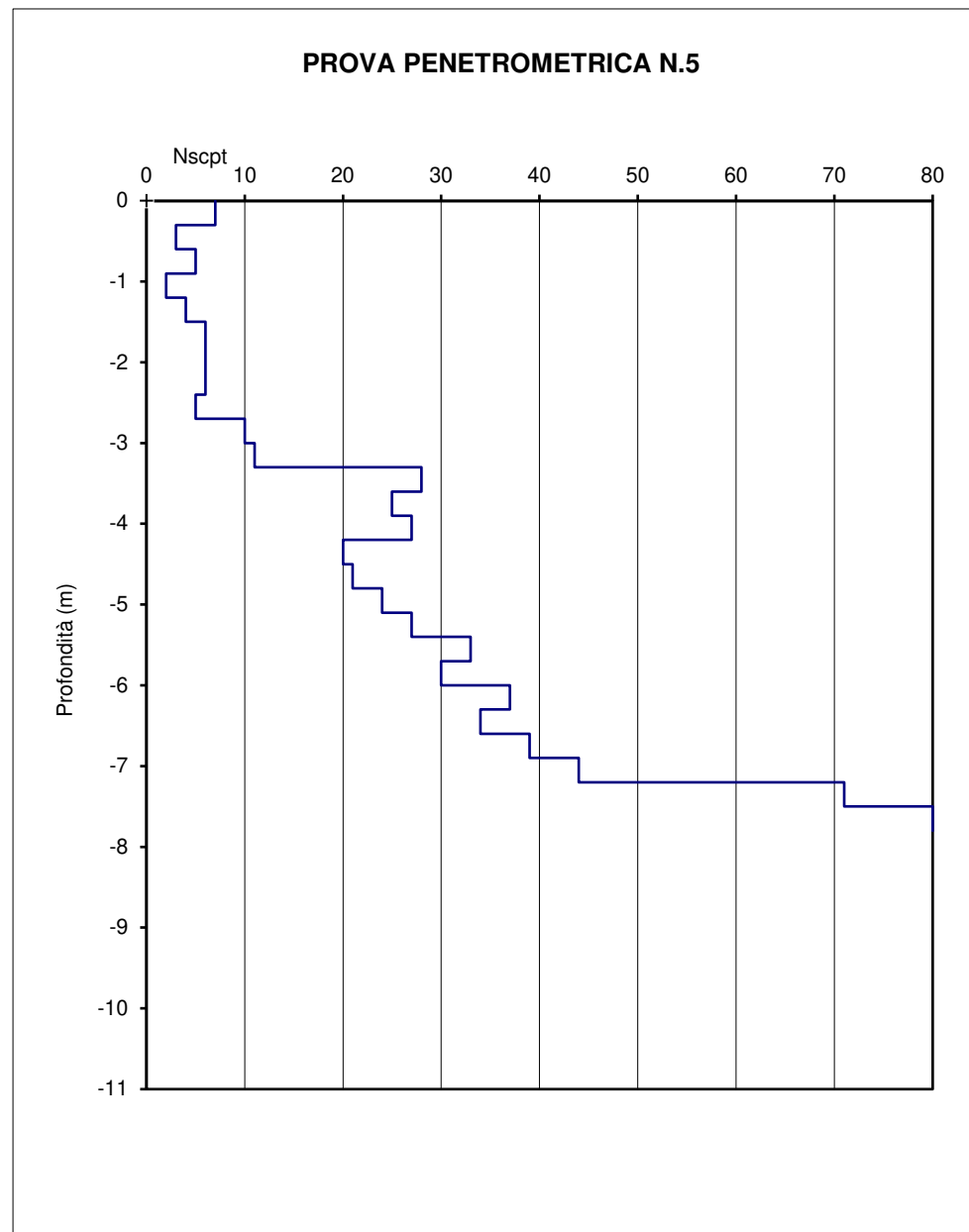
Via Boccioni, 6 - 20052 Monza
 tel. 039/2028619

COMMITTENTE: CRS HOME S.R.L. - MONZA
 CANTIERE DI BRUGHERIO (MB) - VIA GARIBALDI E VIA DOLOMITI
 PROFONDITA' DELLA FALDA : NON RILEVATA
 DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE : 31/03/2021

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	7	
	3	
	5	
	2	
-1,5	4	
	6	
	6	
	6	
	5	
-3	10	
	11	
	28	
	25	
	27	
-4,5	20	
	21	
	24	
	27	
	33	
-6	30	
	37	
	34	
	39	
	44	
-7,5	71	

Profondità	RP	RL
	R	
-9		
-10,5		
-12		
-13,5		
-15		



FUSINA S.R.L.

Via Boccioni, 6 - 20052 Monza
 tel. 039/2028619

COMMITTENTE: CRS HOME S.R.L. - MONZA

CANTIERE DI BRUGHERIO (MB) - VIA GARIBALDI E VIA DOLOMITI

PROFONDITA' DELLA FALDA : NON RILEVATA

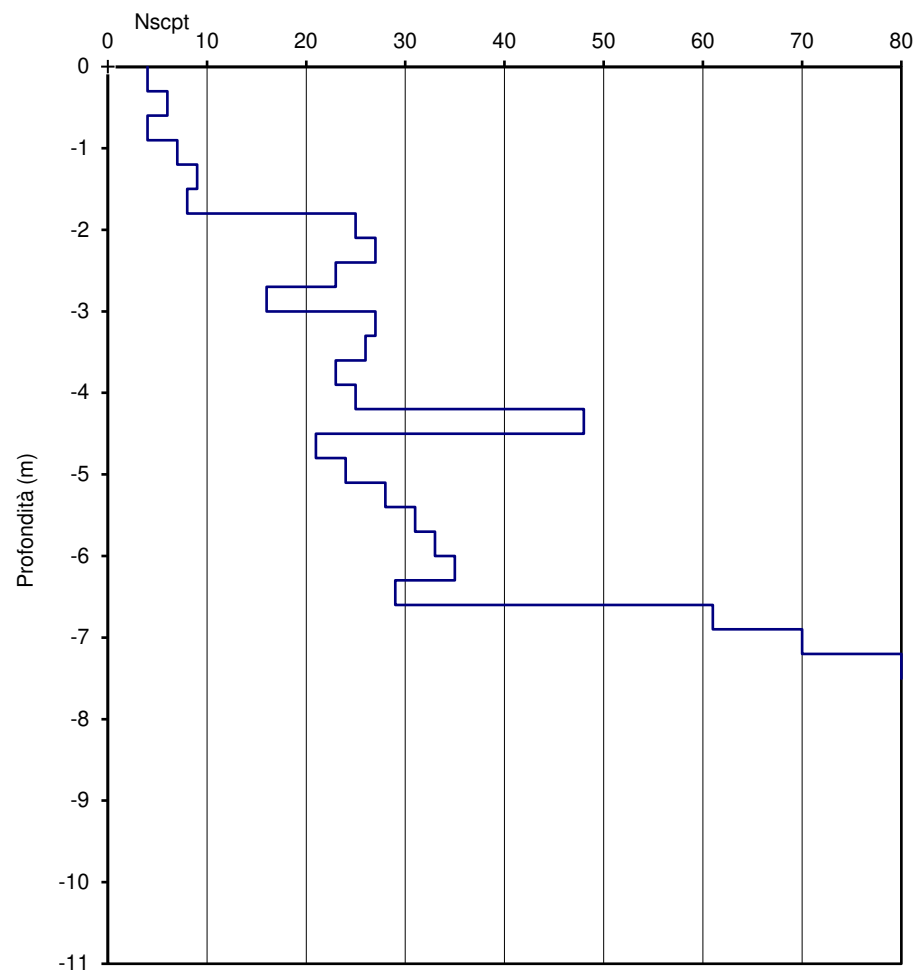
DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE : 31/03/2021

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	4	
	6	
	4	
	7	
-1,5	9	
	8	
	25	
	27	
	23	
-3	16	
	27	
	26	
	23	
	25	
-4,5	48	
	21	
	24	
	28	
	31	
-6	33	
	35	
	29	
	61	
	70	
-7,5	R	

Profondità	RP	RL
-9		
-10,5		
-12		
-13,5		
-15		

PROVA PENETROMETRICA N.6



FUSINA S.R.L.

Via Boccioni, 6 - 20052 Monza

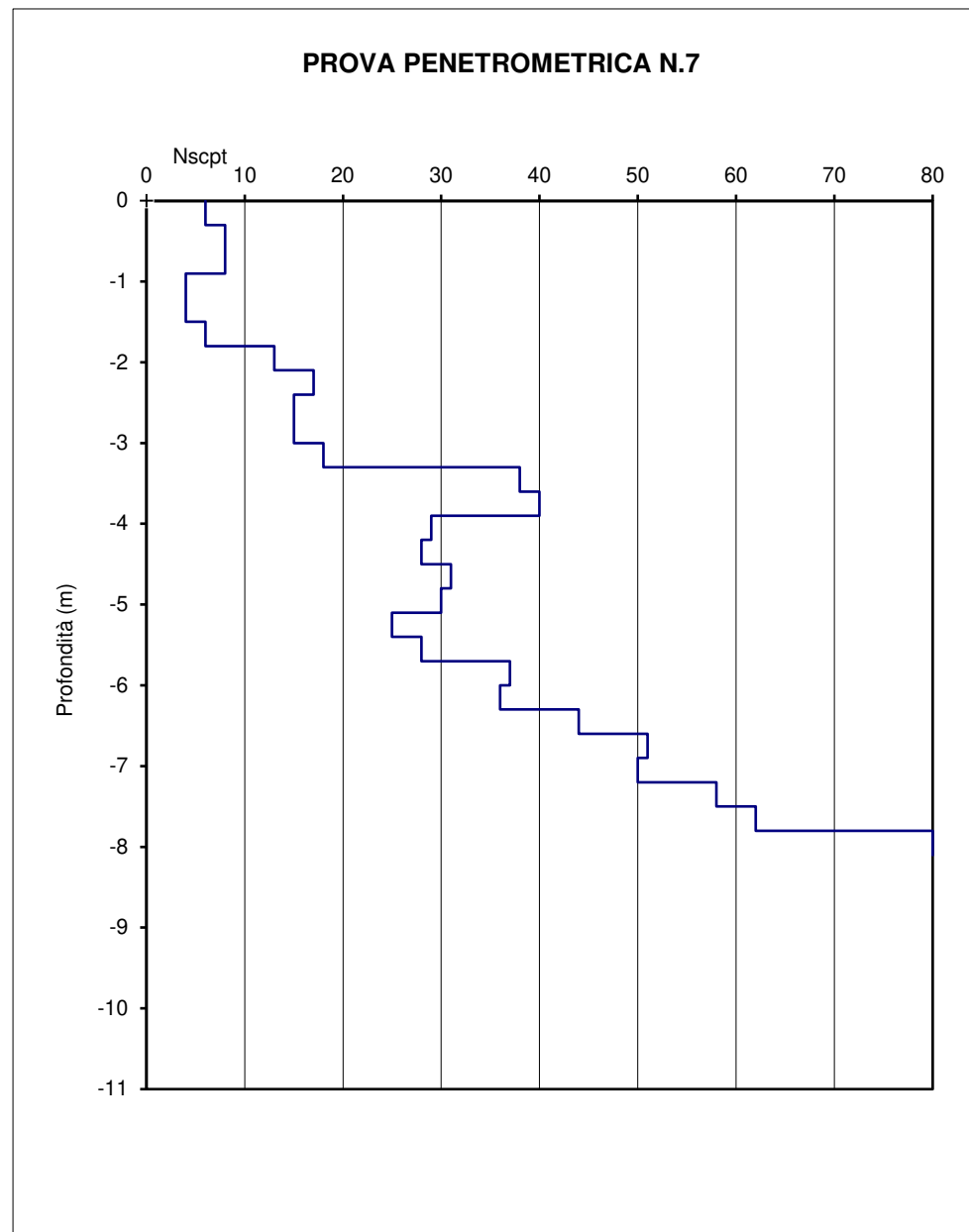
tel. 039/2028619

COMMITTENTE: CRS HOME S.R.L. - MONZA
 CANTIERE DI BRUGHERIO (MB) - VIA GARIBALDI E VIA DOLOMITI
 PROFONDITA' DELLA FALDA : NON RILEVATA
 DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE : 31/03/2021

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	6	
	8	
	8	
	4	
-1,5	4	
	6	
	13	
	17	
	15	
-3	15	
	18	
	38	
	40	
	29	
-4,5	28	
	31	
	30	
	25	
	28	
-6	37	
	36	
	44	
	51	
	50	
-7,5	58	

Profondità	RP	RL
	62	
	R	
-9		
-10,5		
-12		
-13,5		
-15		



FUSINA S.R.L.

Via Boccioni, 6 - 20052 Monza
 tel. 039/2028619

COMMITTENTE: CRS HOME S.R.L. - MONZA

CANTIERE DI BRUGHERIO (MB) - VIA GARIBALDI E VIA DOLOMITI

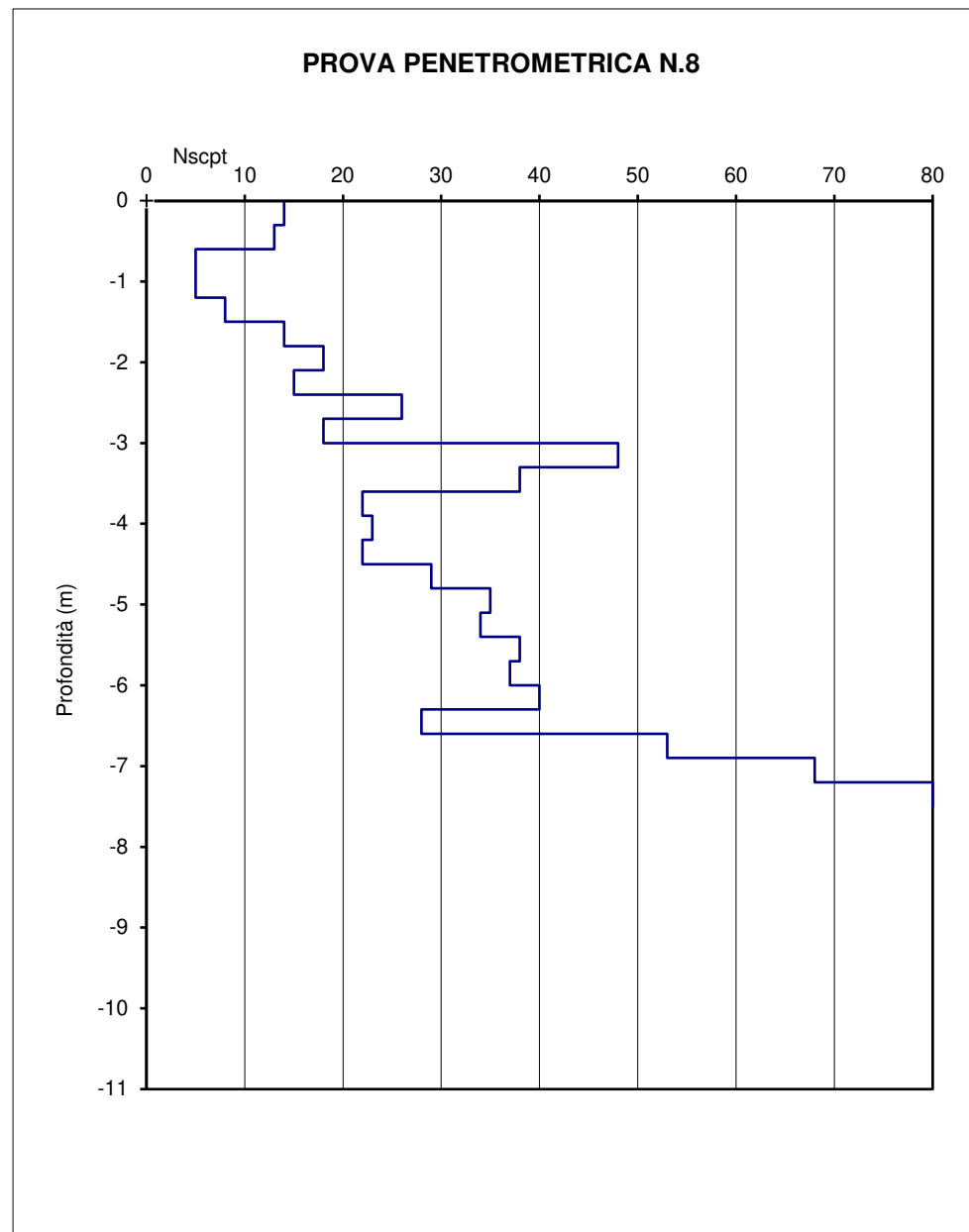
PROFONDITA' DELLA FALDA : NON RILEVATA

DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE : 31/03/2021

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	14	
	13	
	5	
	5	
-1,5	8	
	14	
	18	
	15	
	26	
-3	18	
	48	
	38	
	22	
	23	
-4,5	22	
	29	
	35	
	34	
	38	
-6	37	
	40	
	28	
	53	
	68	
-7,5	R	

Profondità	RP	RL
-9		
-10,5		
-12		
-13,5		
-15		



FUSINA S.R.L.

Via Boccioni, 6 - 20052 Monza

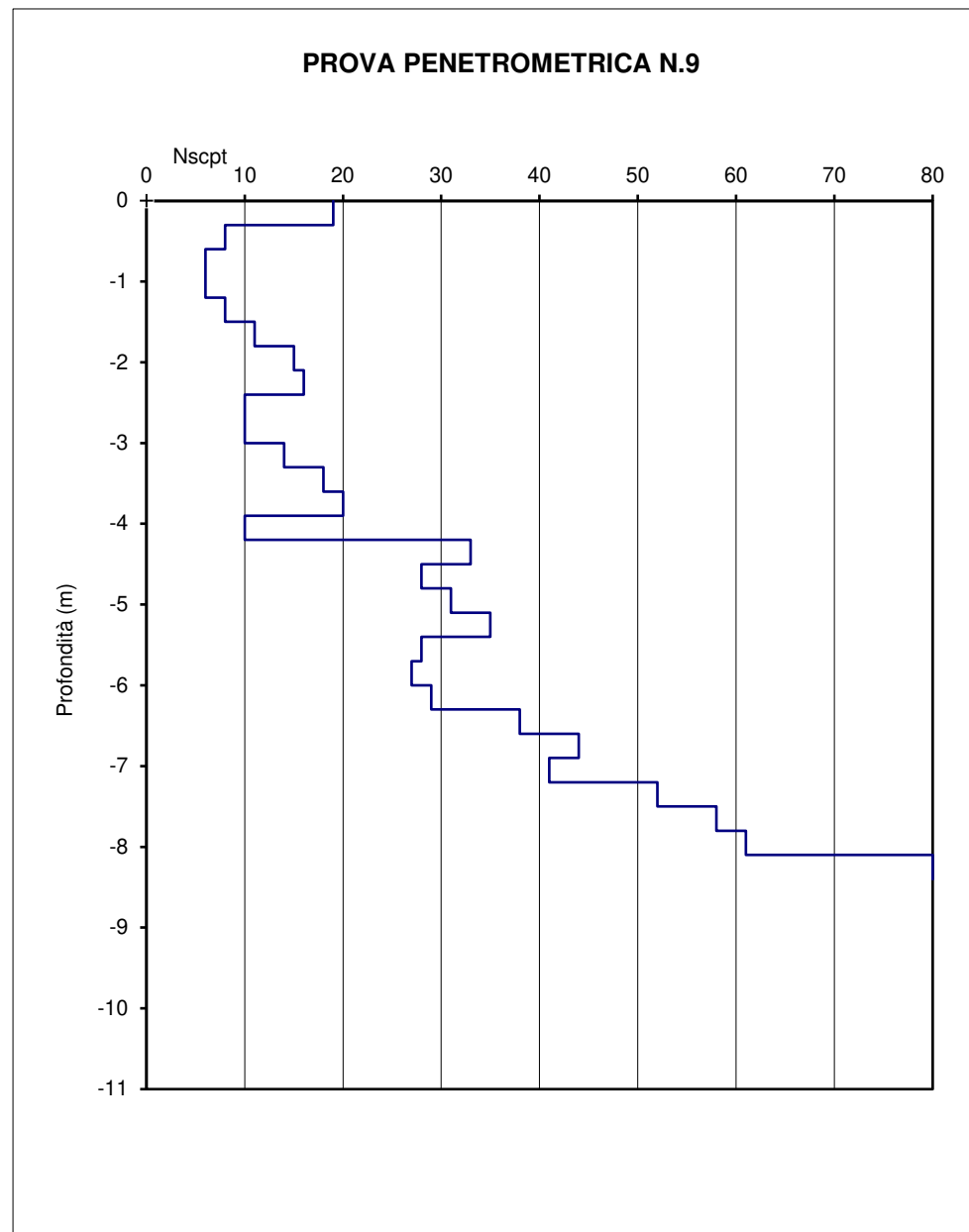
tel. 039/2028619

COMMITTENTE: CRS HOME S.R.L. - MONZA
 CANTIERE DI BRUGHERIO (MB) - VIA GARIBALDI E VIA DOLOMITI
 PROFONDITA' DELLA FALDA : NON RILEVATA
 DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE : 31/03/2021

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	19	
	8	
	6	
	6	
-1,5	8	
	11	
	15	
	16	
	10	
-3	10	
	14	
	18	
	20	
	10	
-4,5	33	
	28	
	31	
	35	
	28	
-6	27	
	29	
	38	
	44	
	41	
-7,5	52	

Profondità	RP	RL
	58	
	61	
	R	
-9		
-10,5		
-12		
-13,5		
-15		



FUSINA S.R.L.

Via Boccioni, 6 - 20052 Monza
 tel. 039/2028619

PROVE PENETROMETRICHE
2004

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

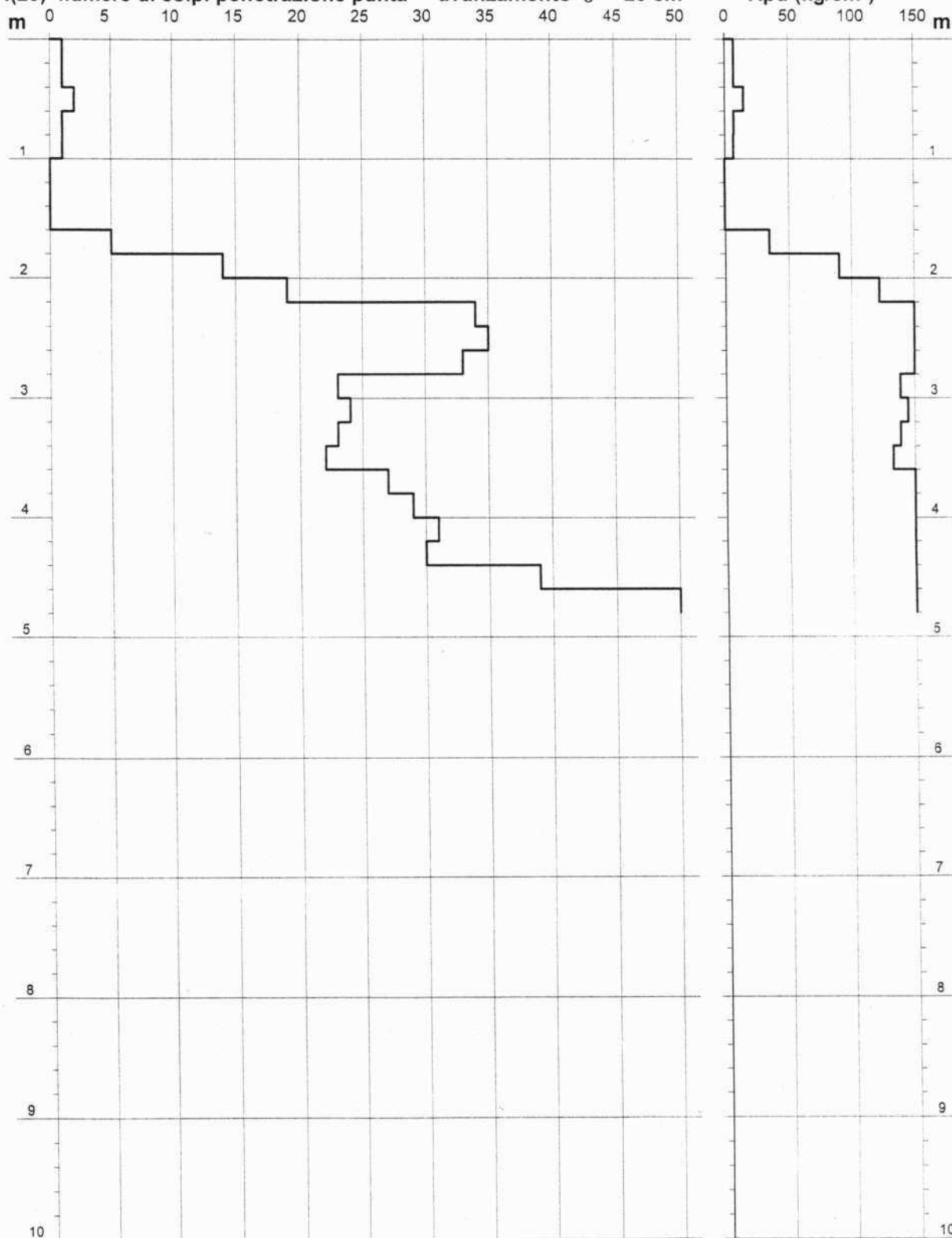
Scala 1: 50

- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- data : 08/11/2004
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

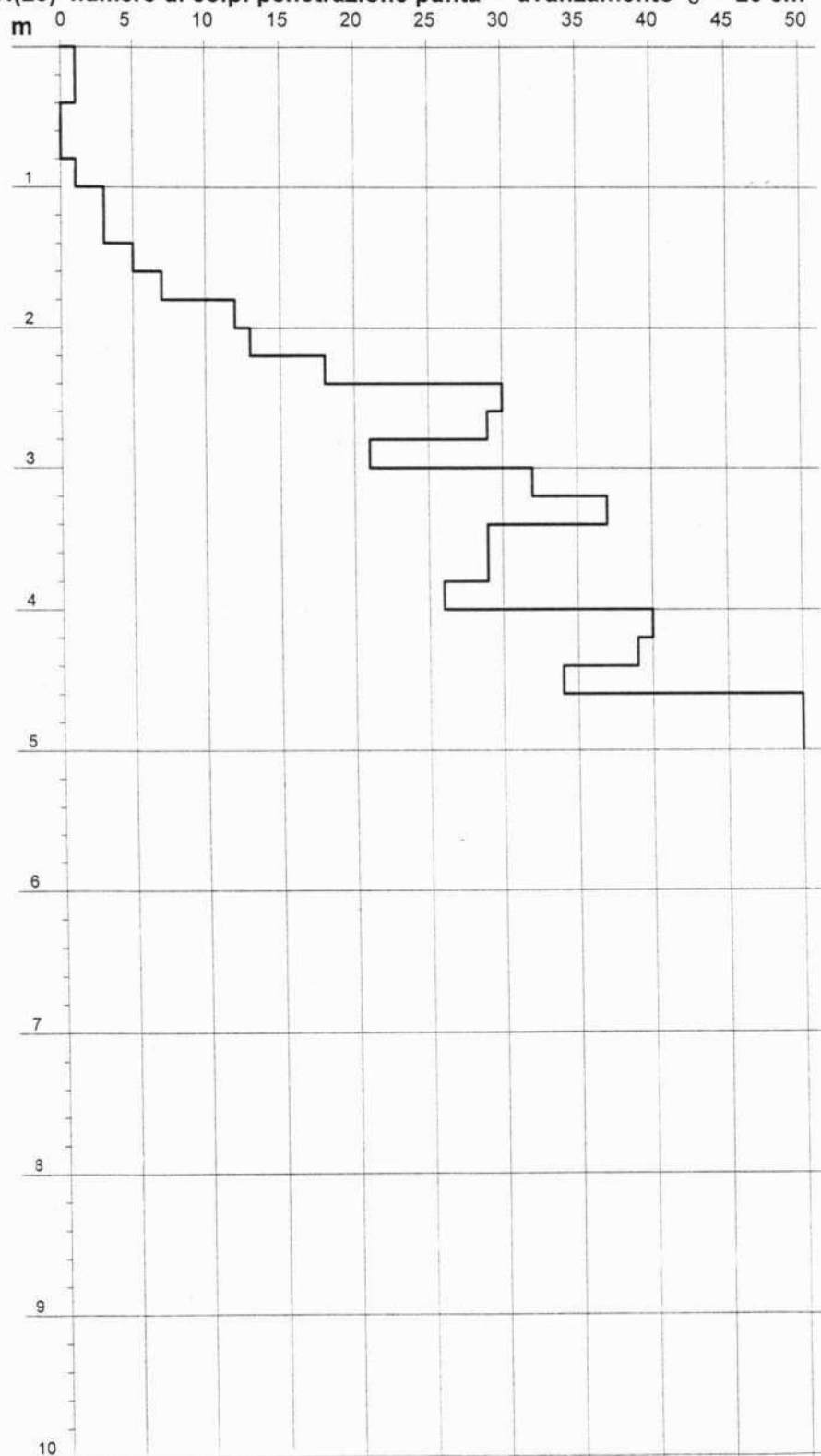
DIN 2

Scala 1: 50

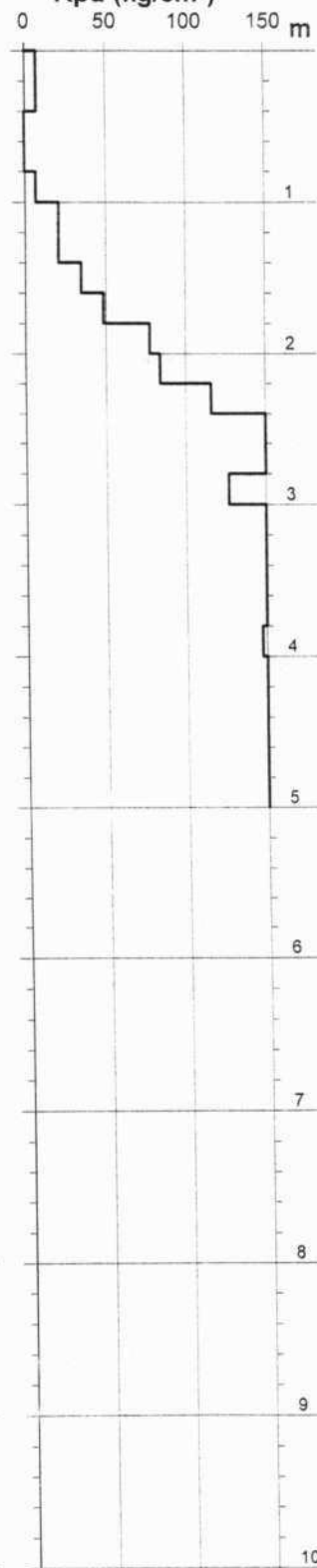
- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- data : 08/11/2004
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm



Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 3

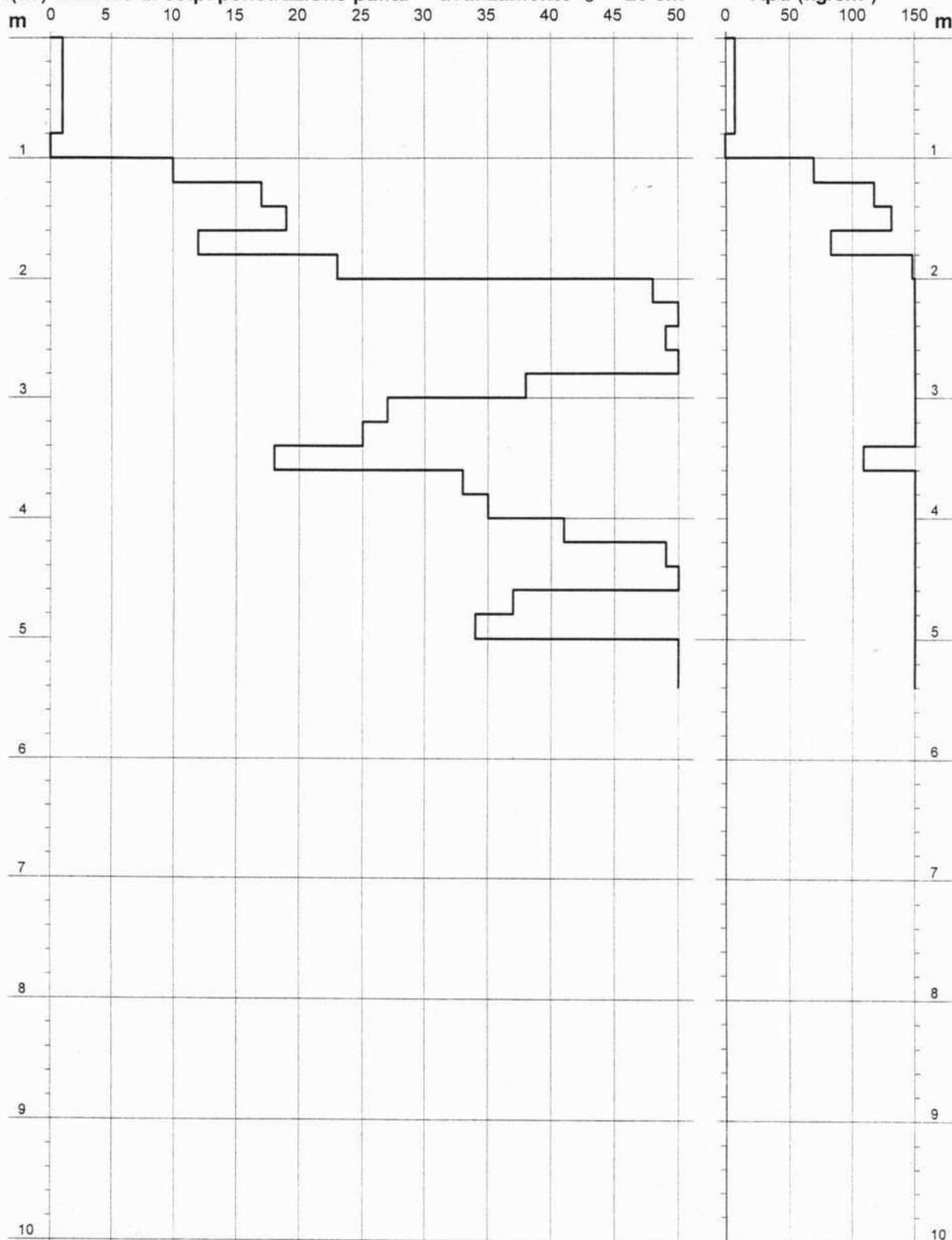
Scala 1: 50

- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- data : 08/11/2004
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

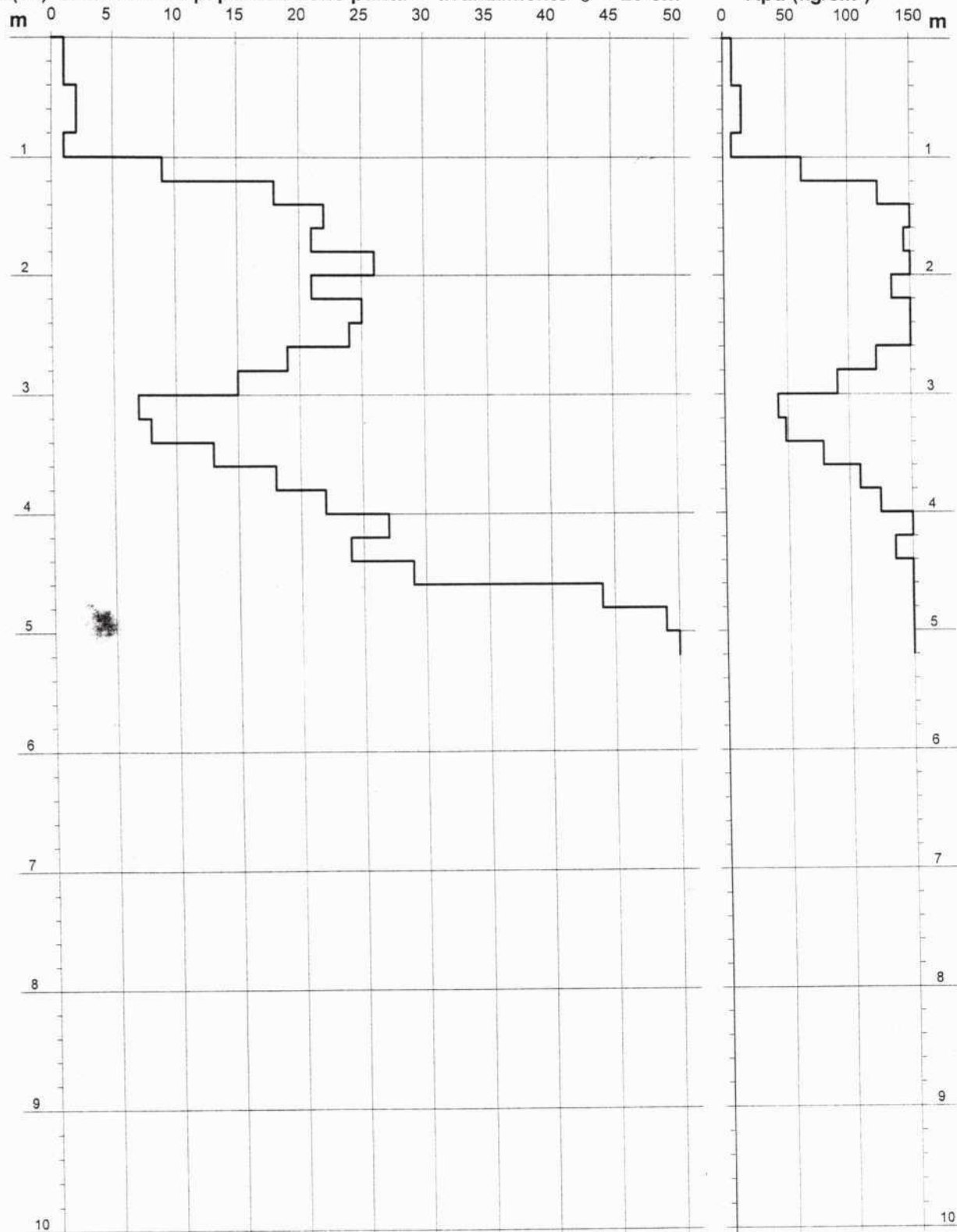
DIN 4

Scala 1: 50

- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- data : 08/11/2004
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

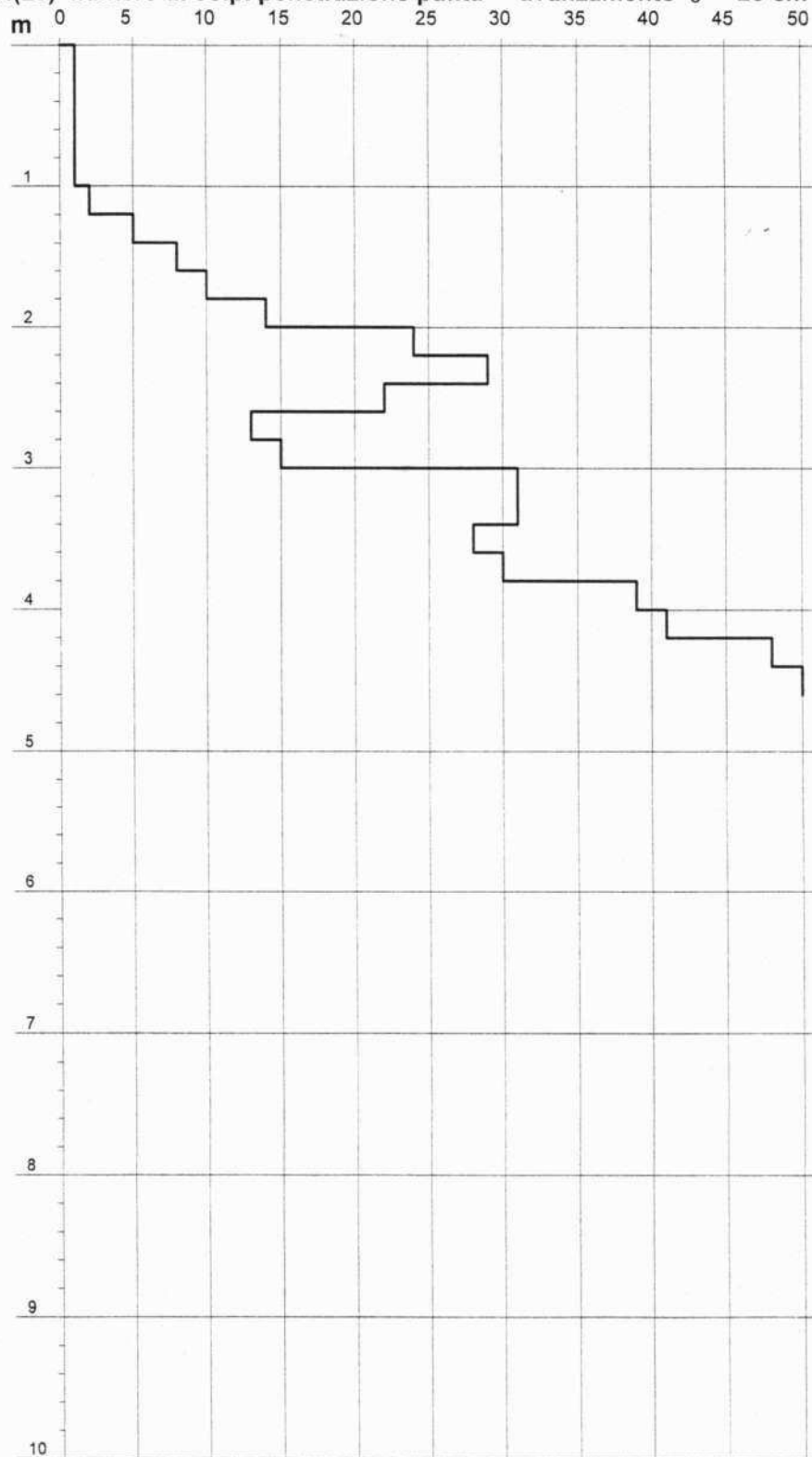
DIN 5

Scala 1: 50

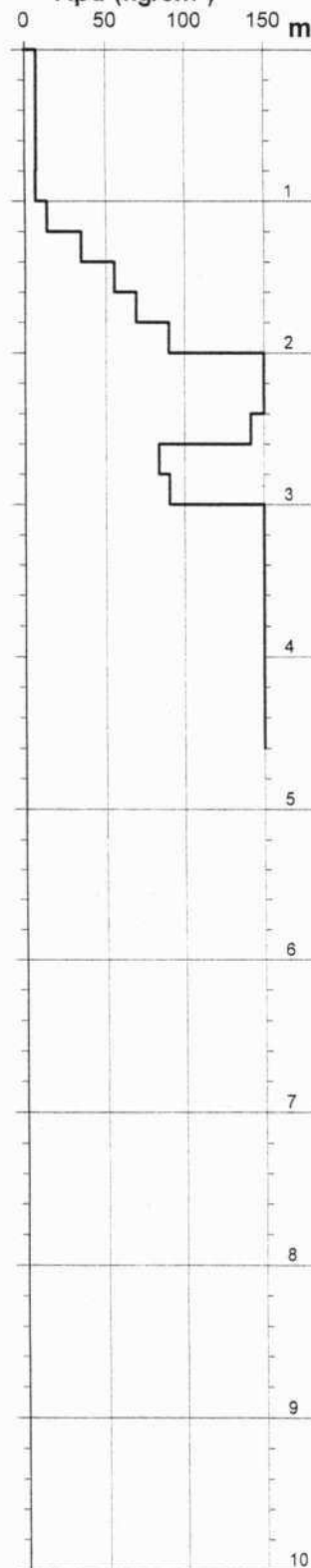
- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- data : 08/11/2004
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm



Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

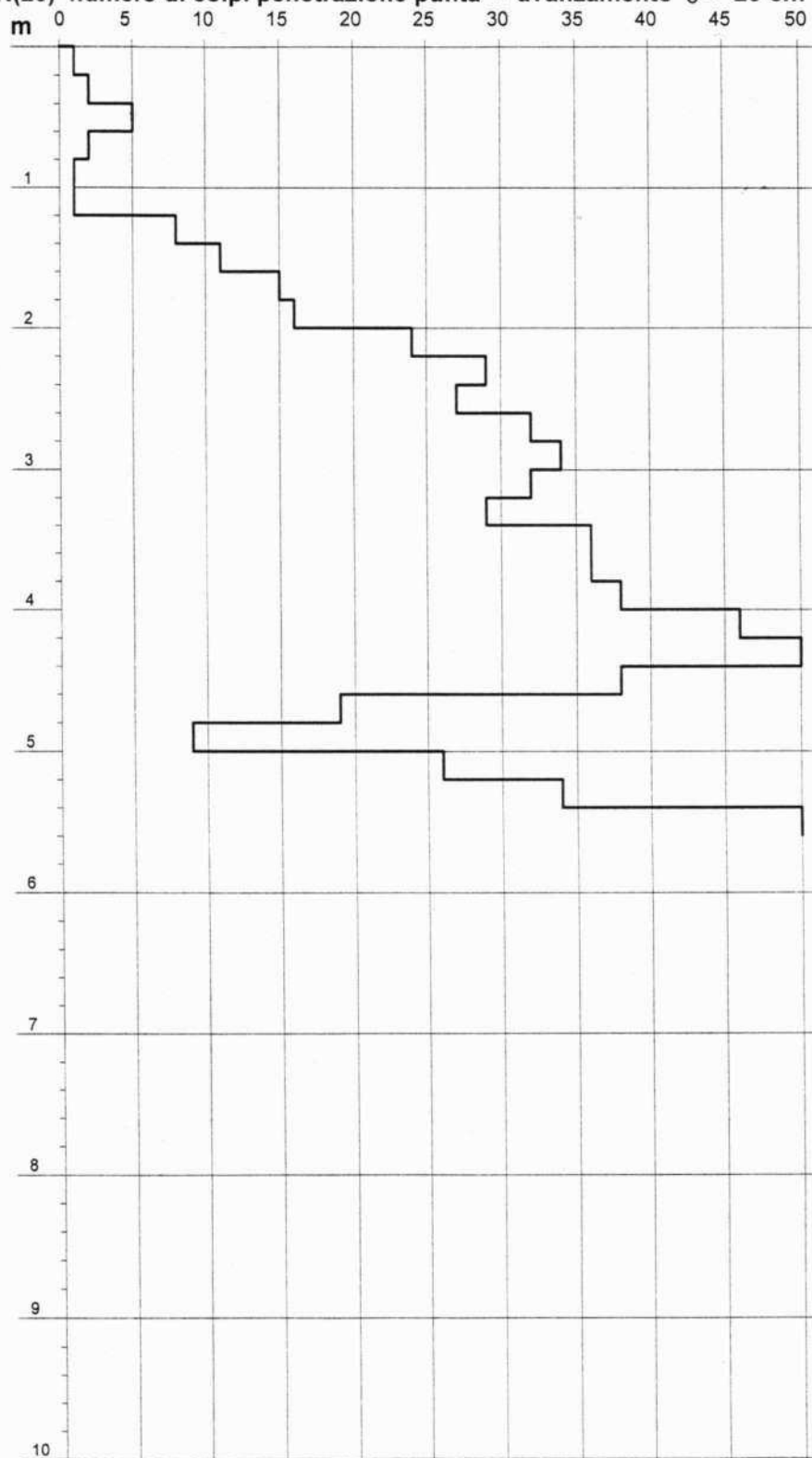
DIN 6

Scala 1: 50

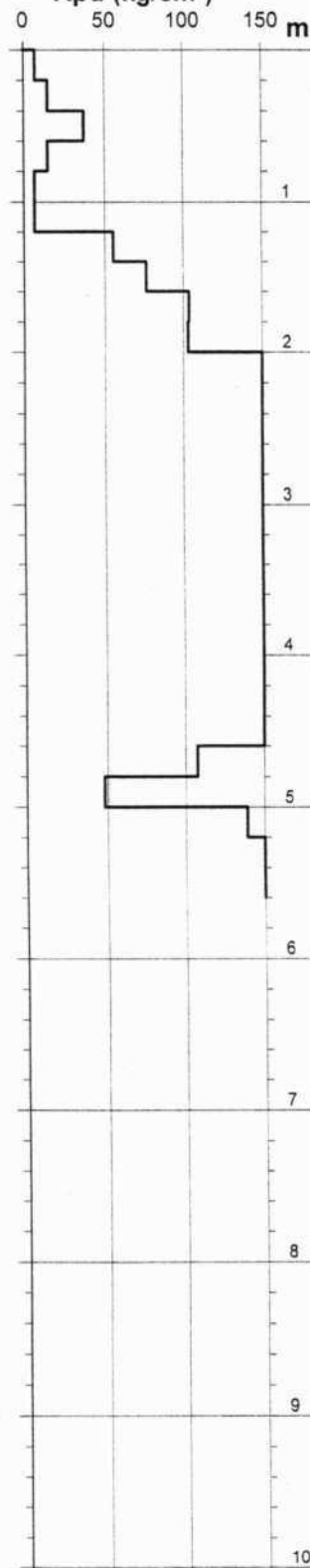
- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- data : 08/11/2004
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm



Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

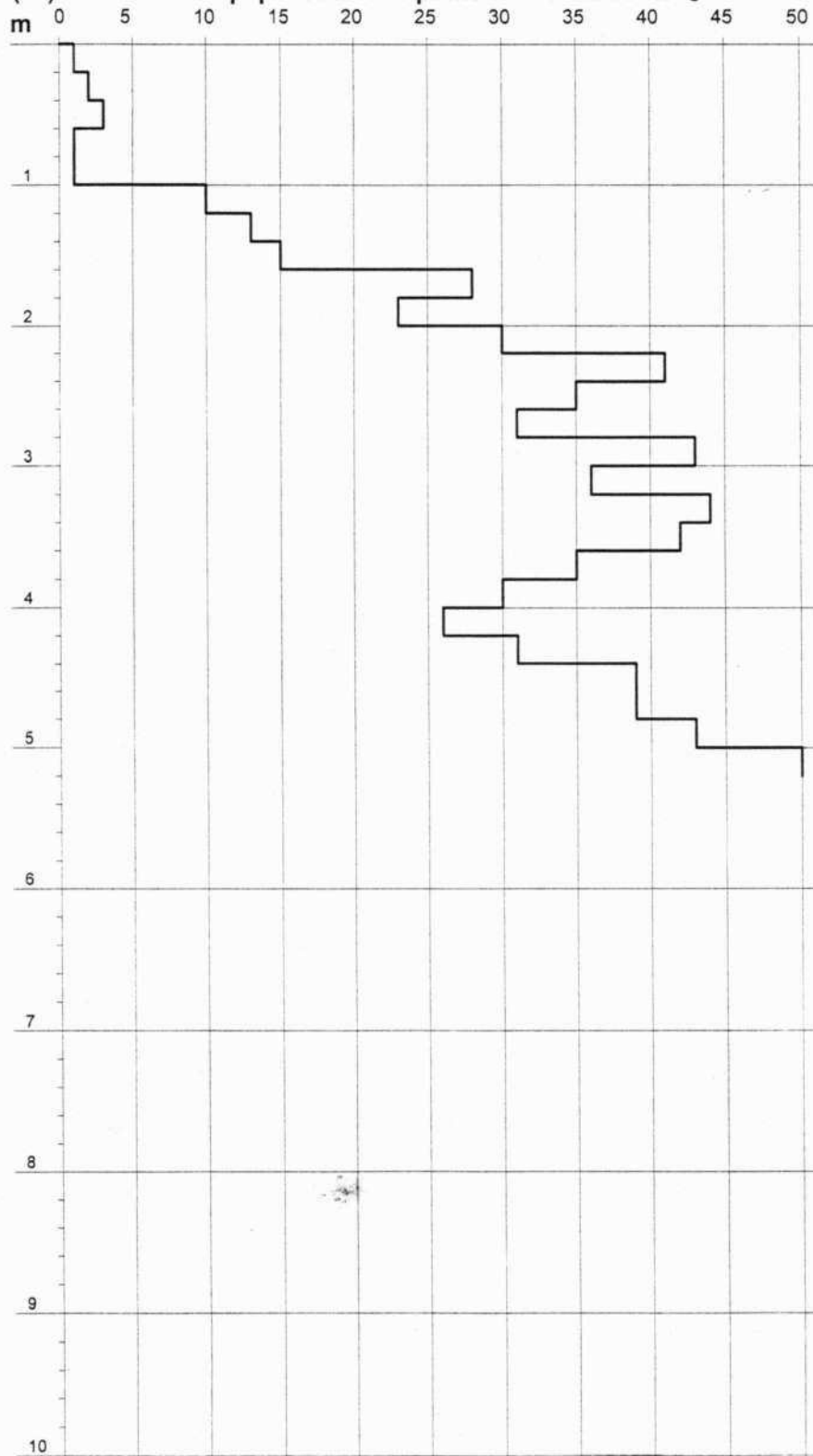
DIN 7

Scala 1: 50

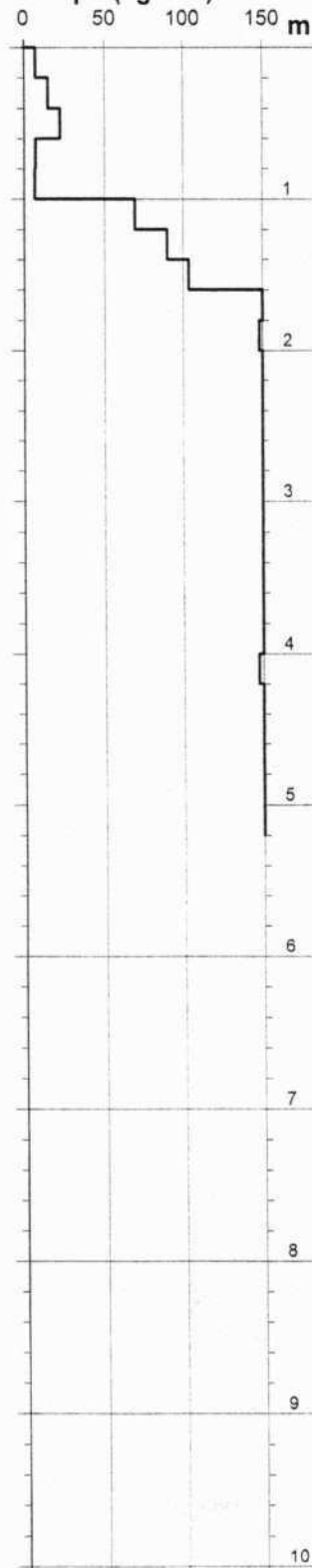
- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- data : 08/11/2004
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm



Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

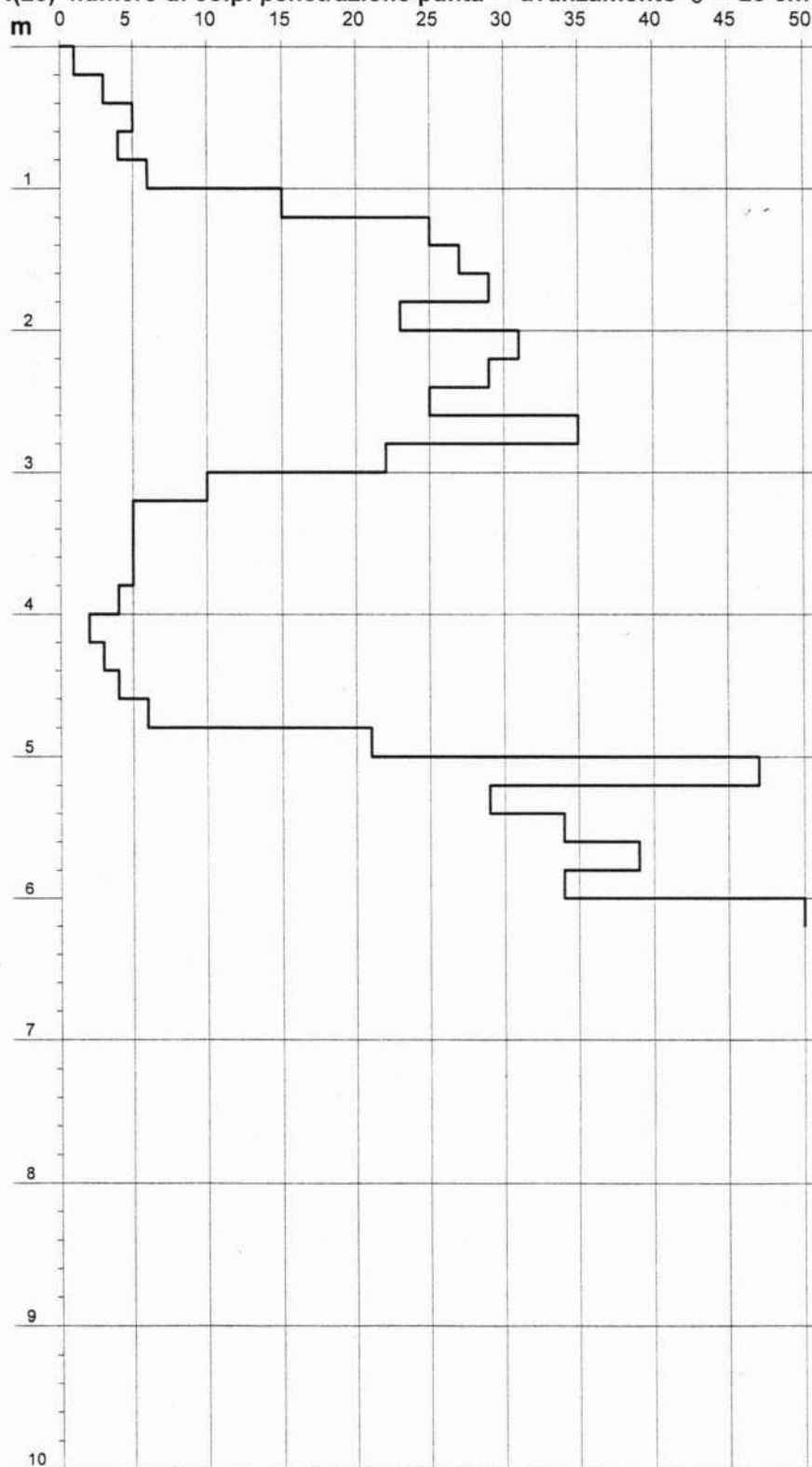
DIN 8

Scala 1: 50

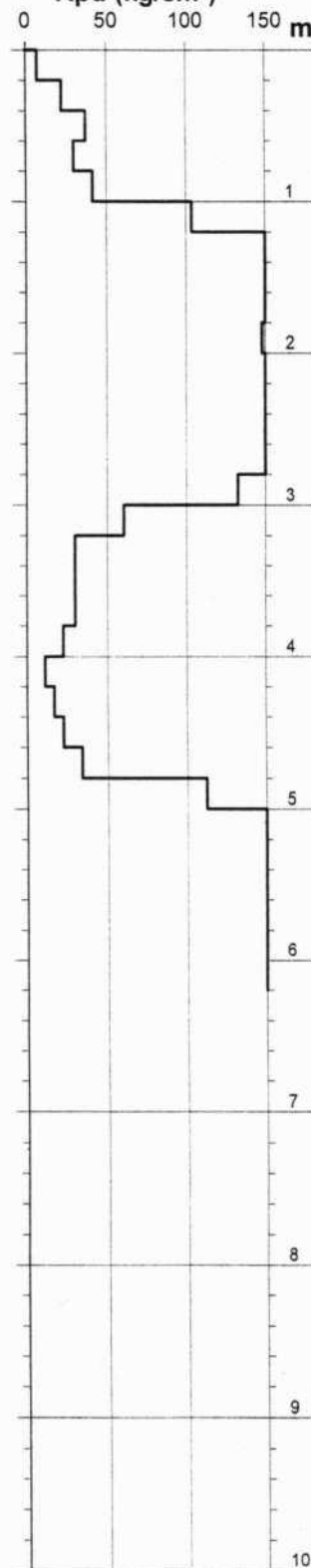
- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- data : 09/11/2004
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm



Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

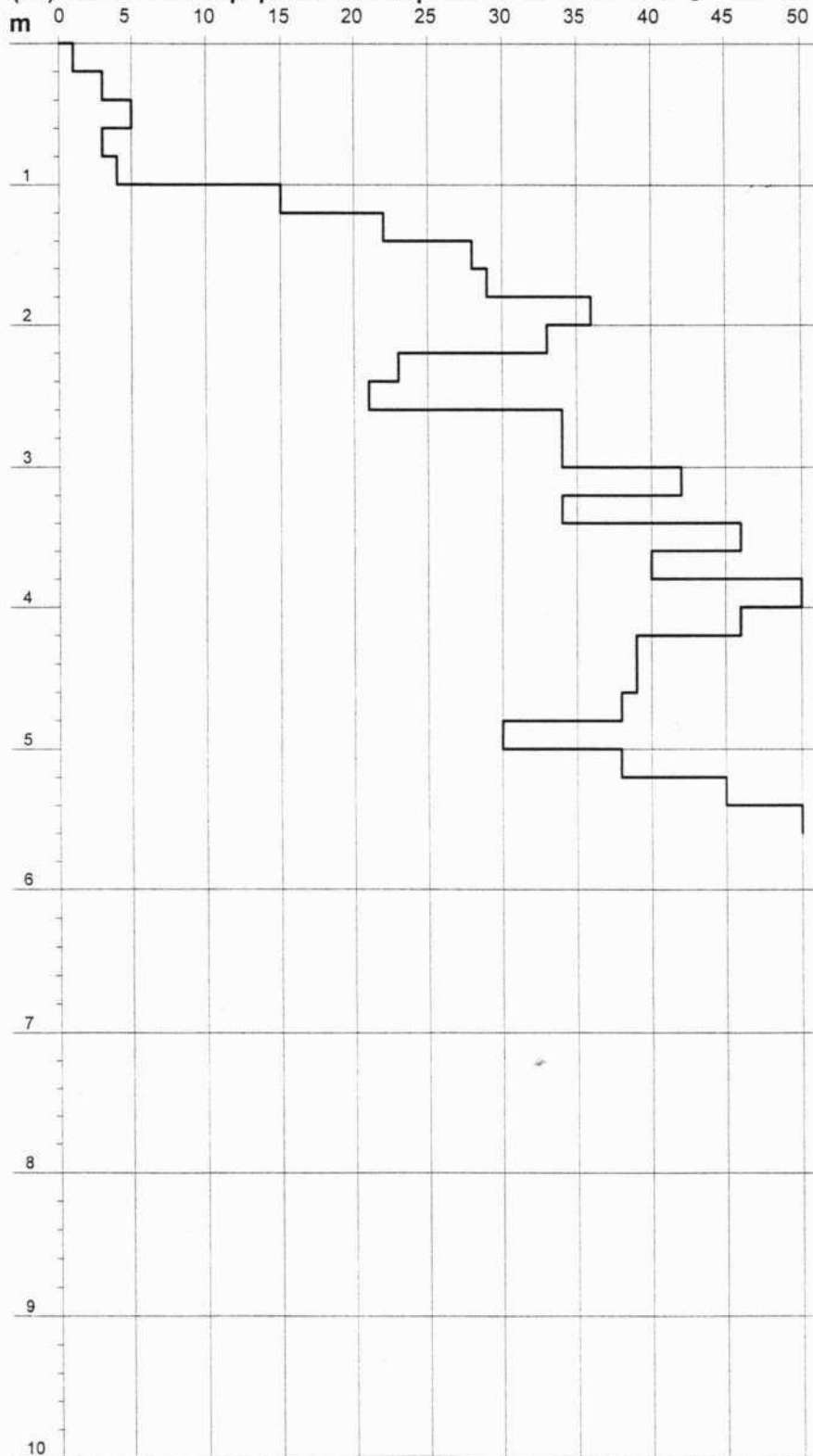
DIN 9

Scala 1: 50

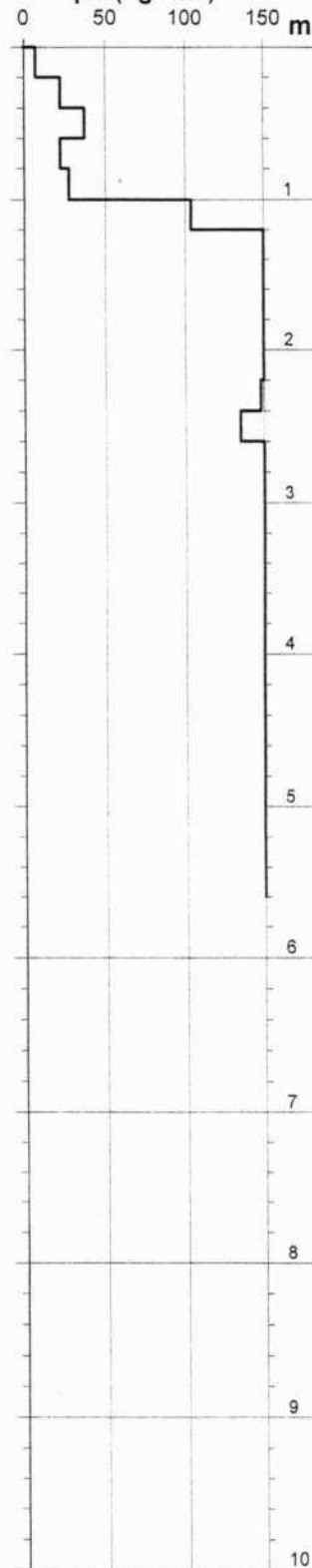
- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- data : 09/11/2004
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm



Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

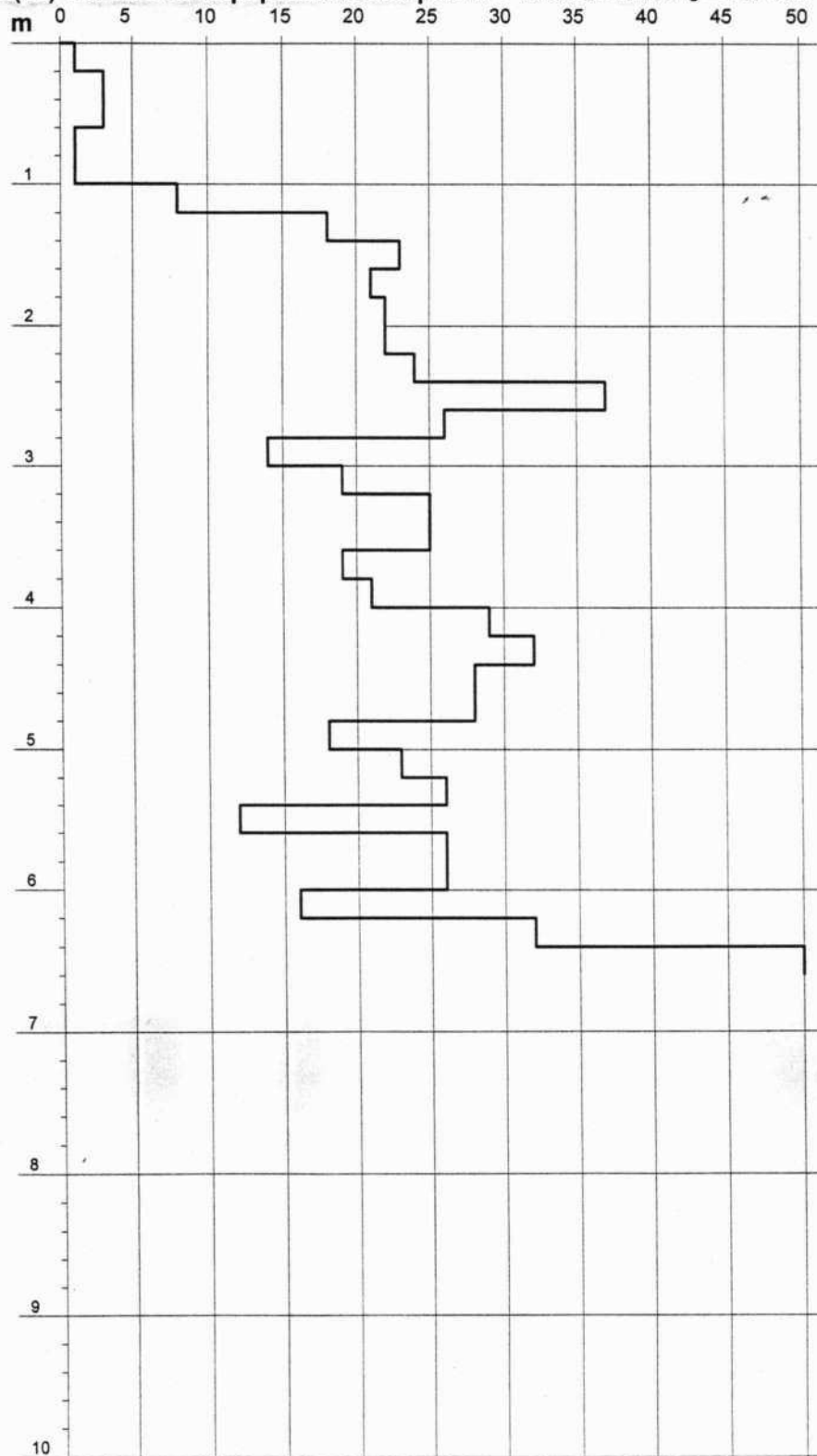
DIN 10

Scala 1: 50

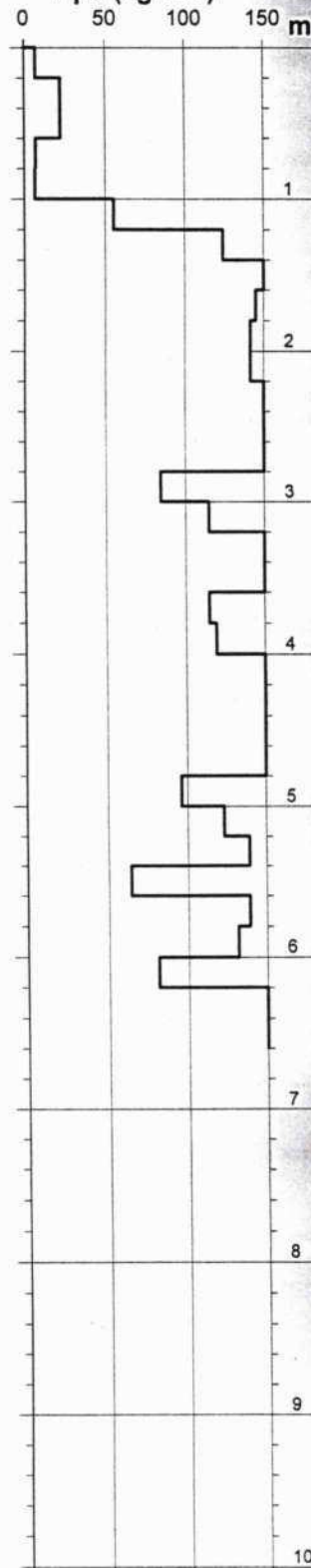
- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- data : 09/11/2004
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm



Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 11

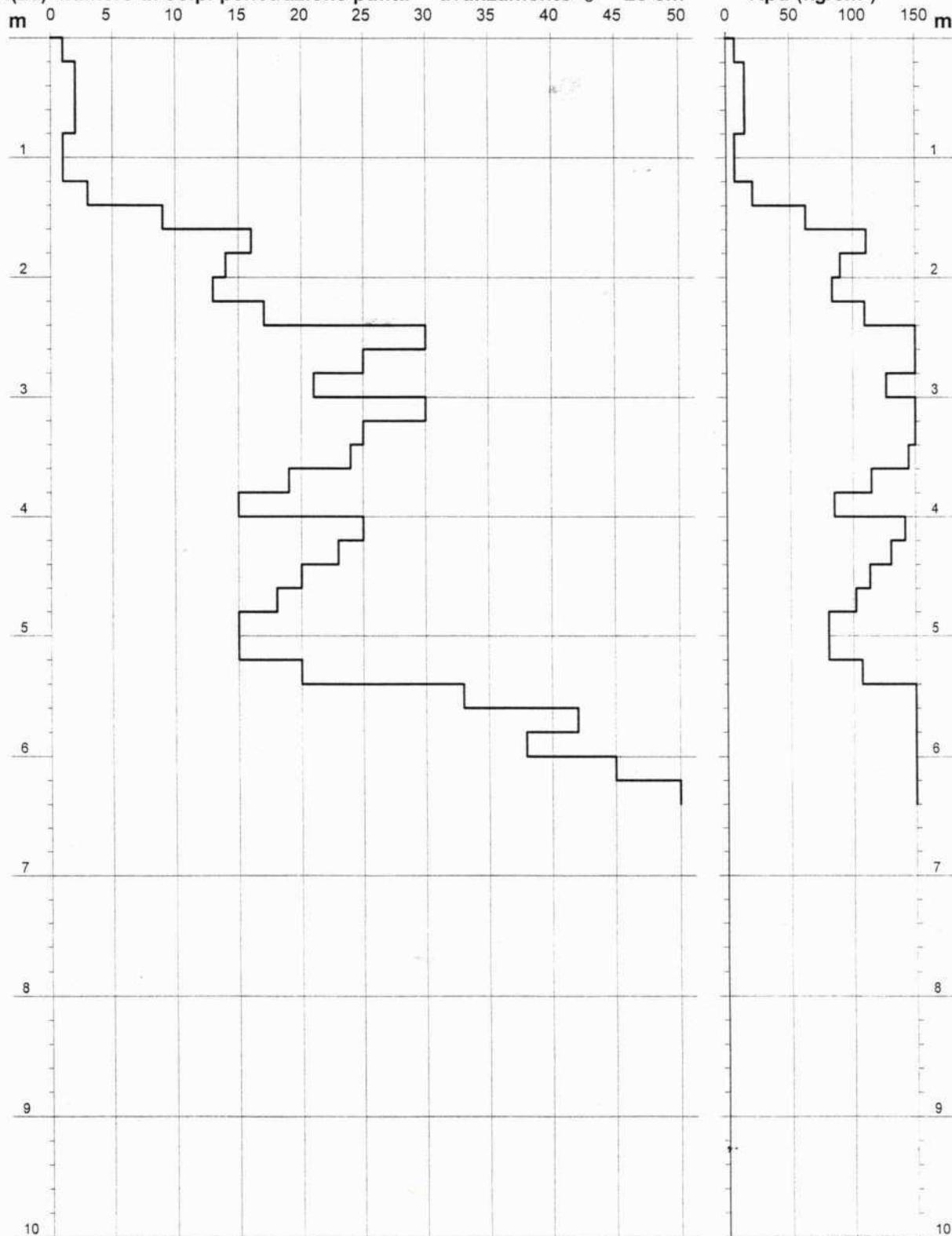
Scala 1: 50

- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- data : 09/11/2004
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

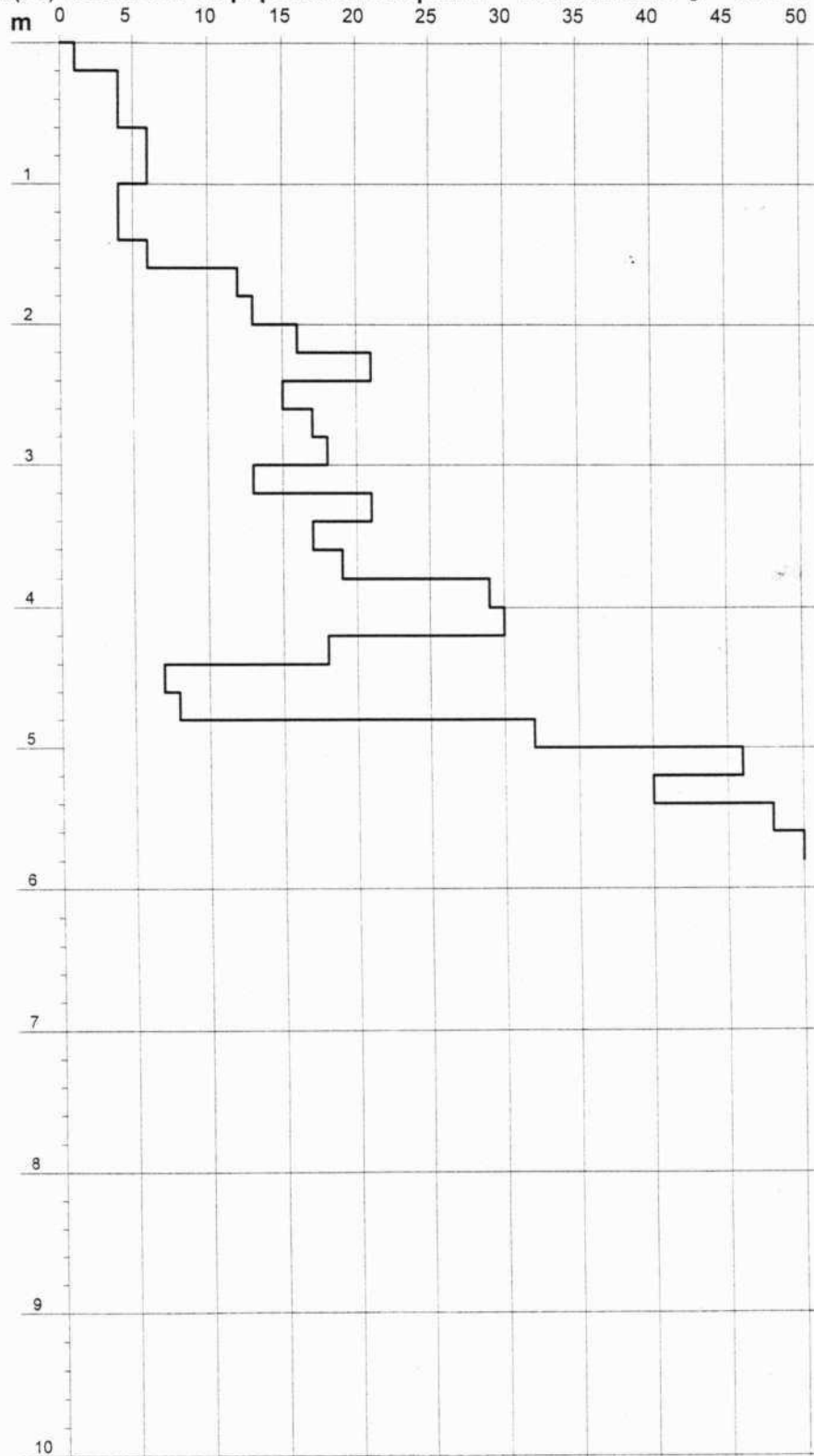
DIN 12

Scala 1: 50

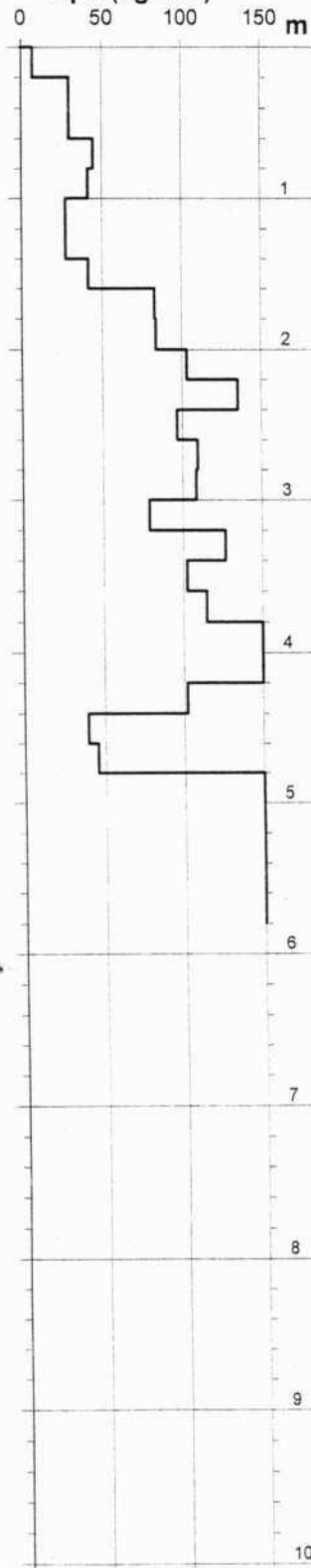
- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- data : 09/11/2004
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm



Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 13

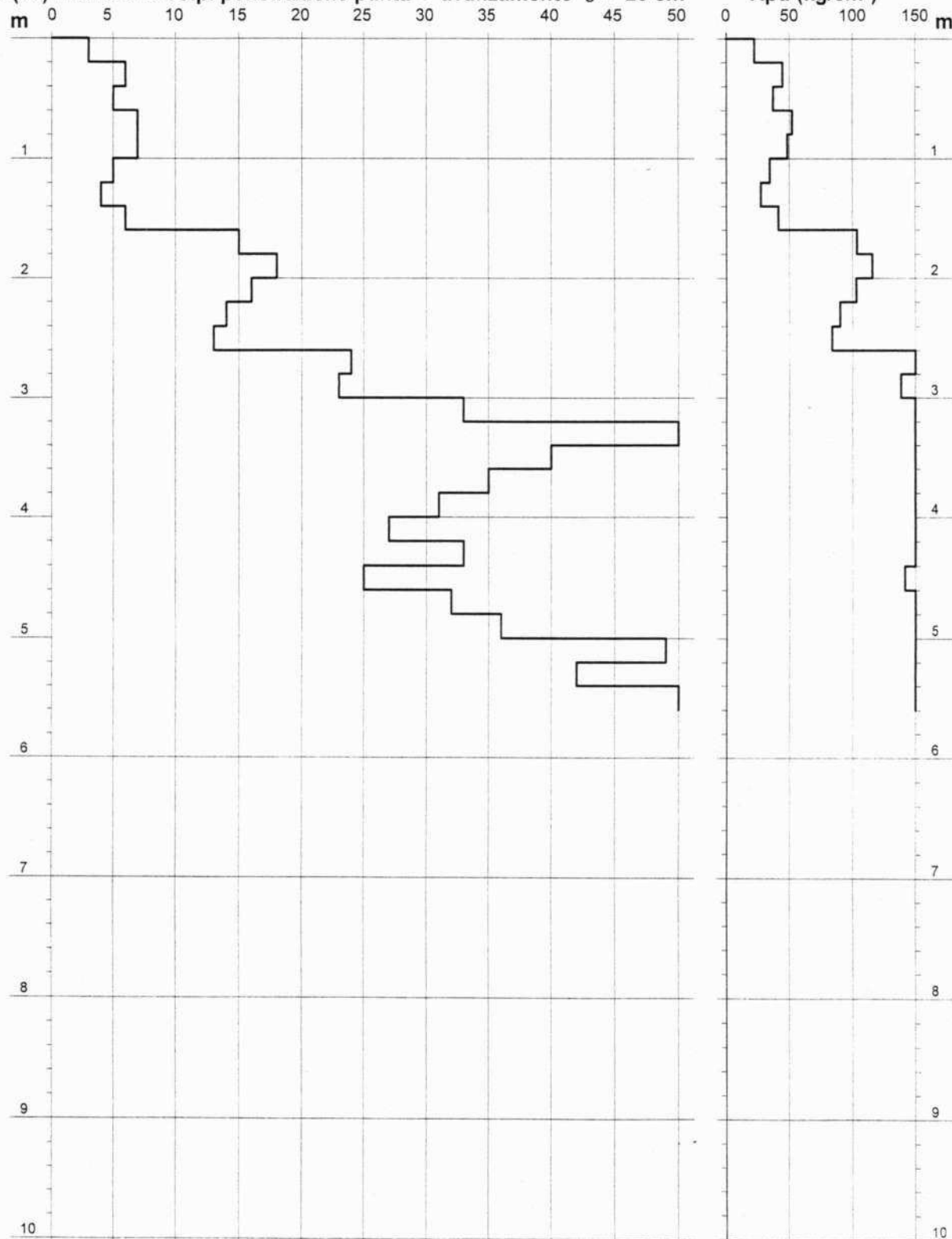
Scala 1: 50

- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- data : 09/11/2004
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

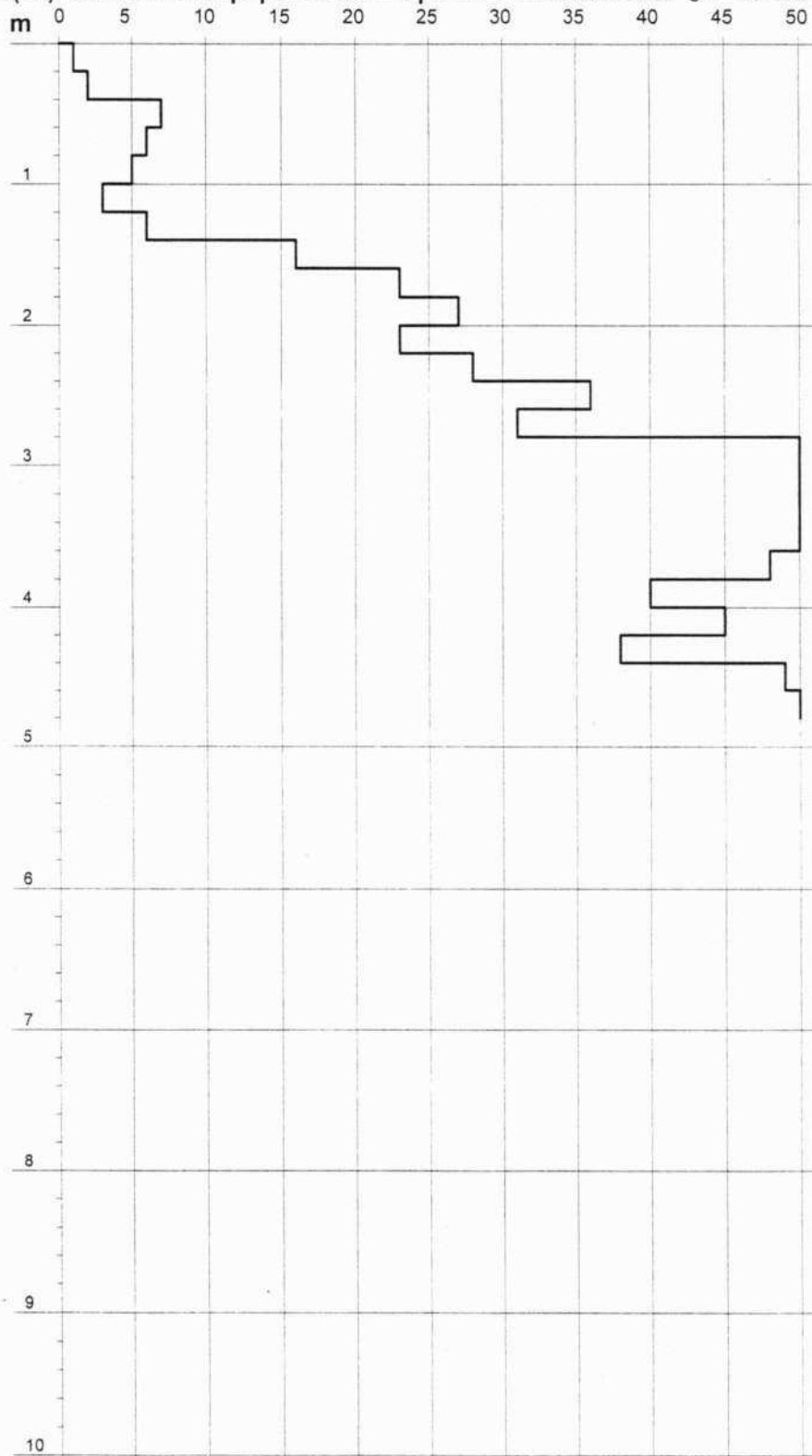
DIN 14

Scala 1: 50

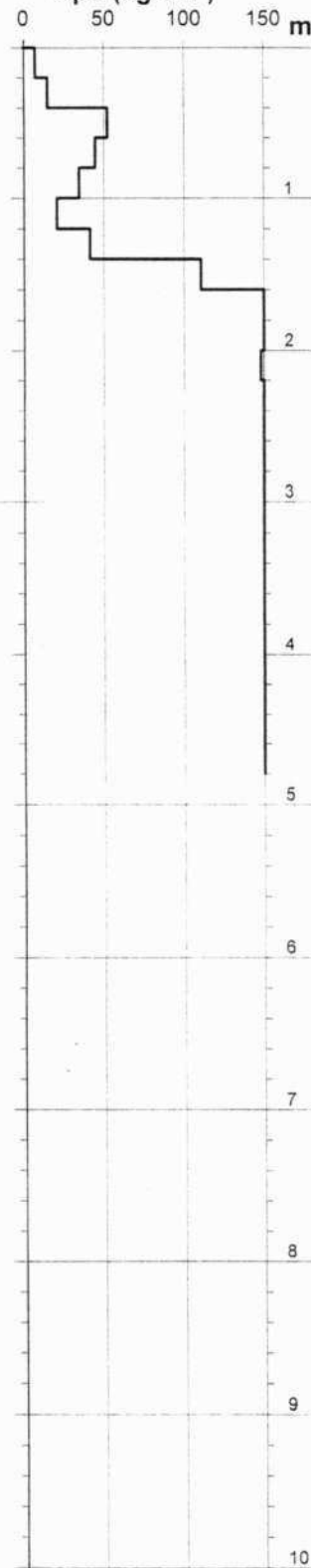
- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- data : 10/11/2004
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm



Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

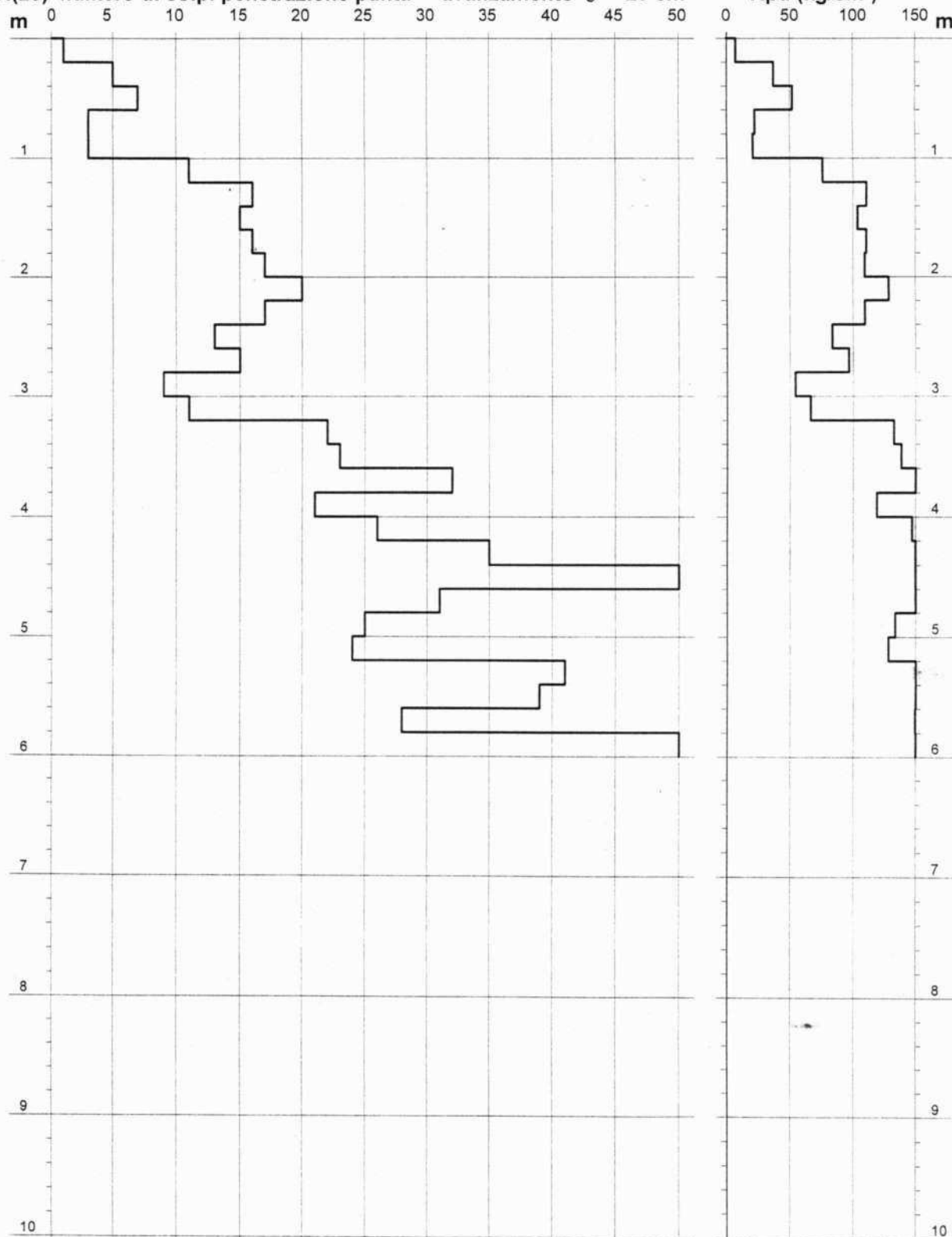
DIN 15

Scala 1: 50

- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- data : 10/11/2004
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 16

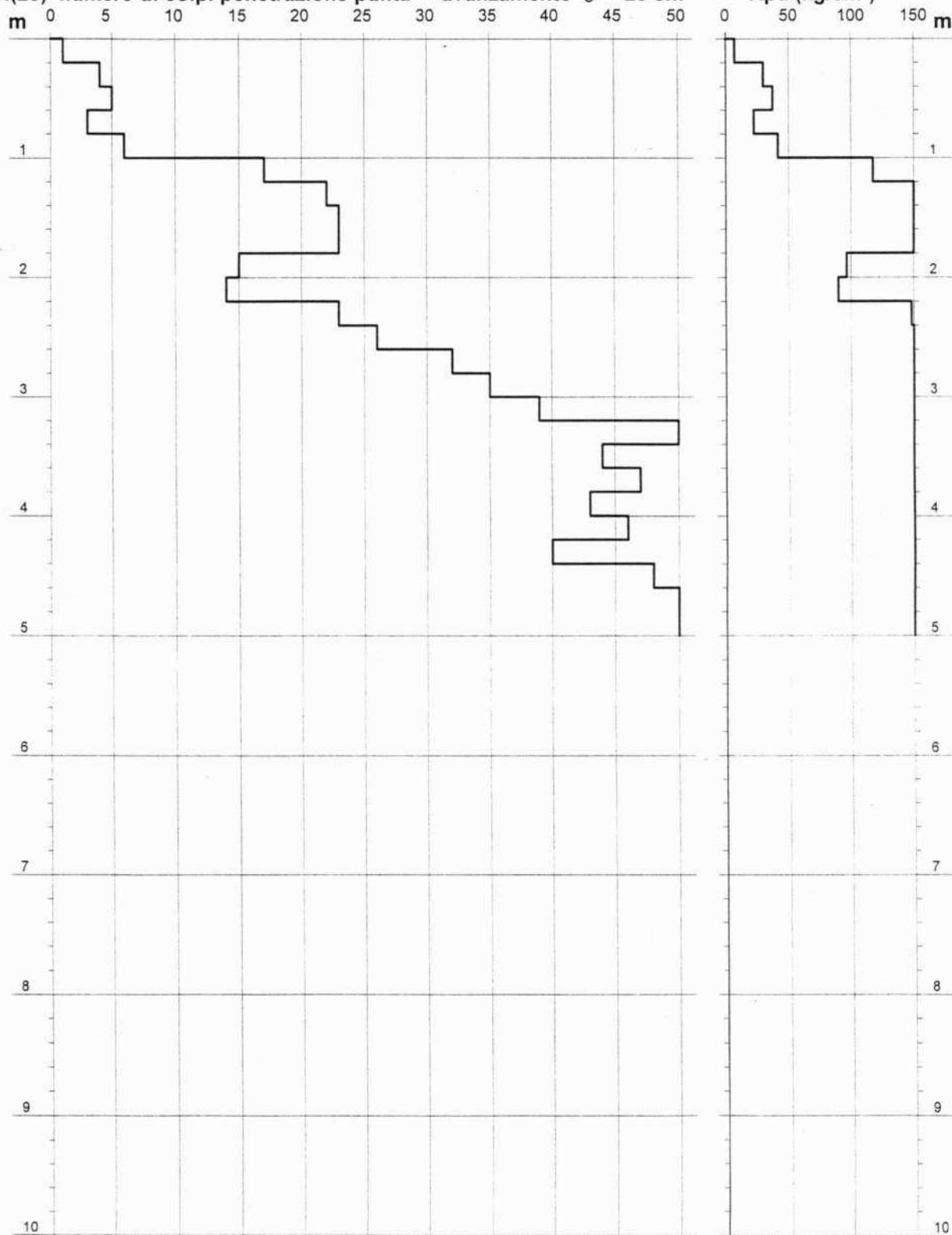
Scala 1: 50

- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- data : 10/11/2004
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

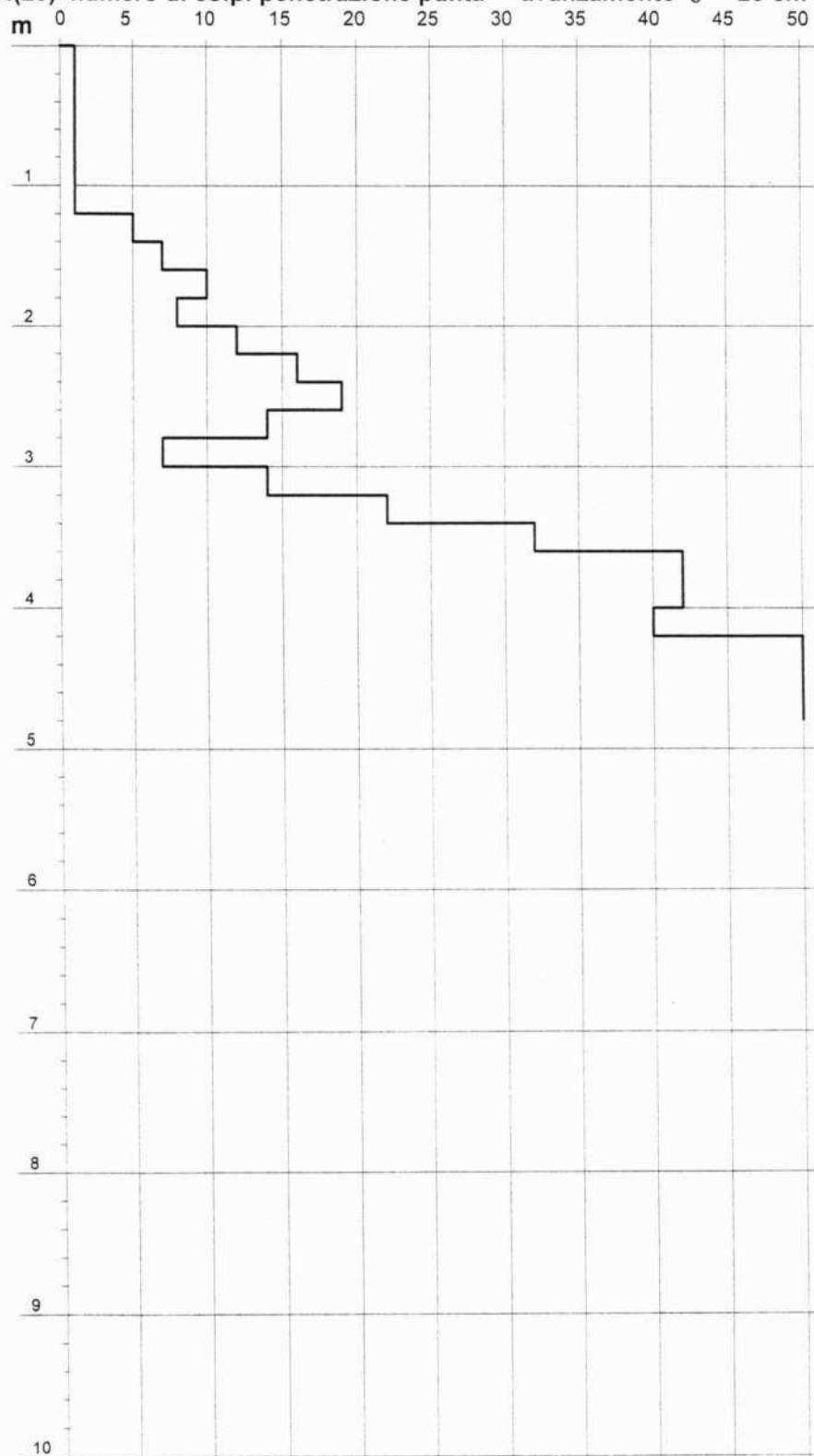
DIN 17

Scala 1: 50

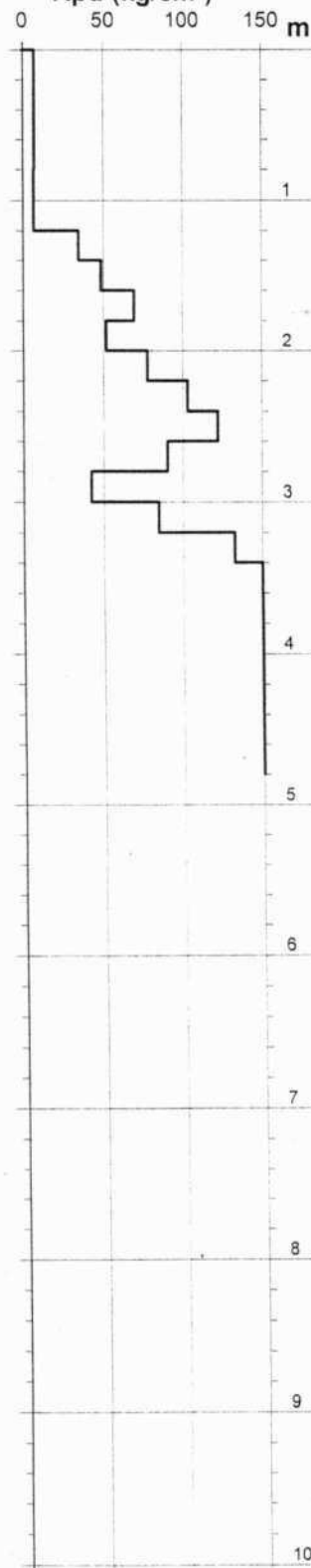
- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- data : 12/11/2004
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm



Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 18

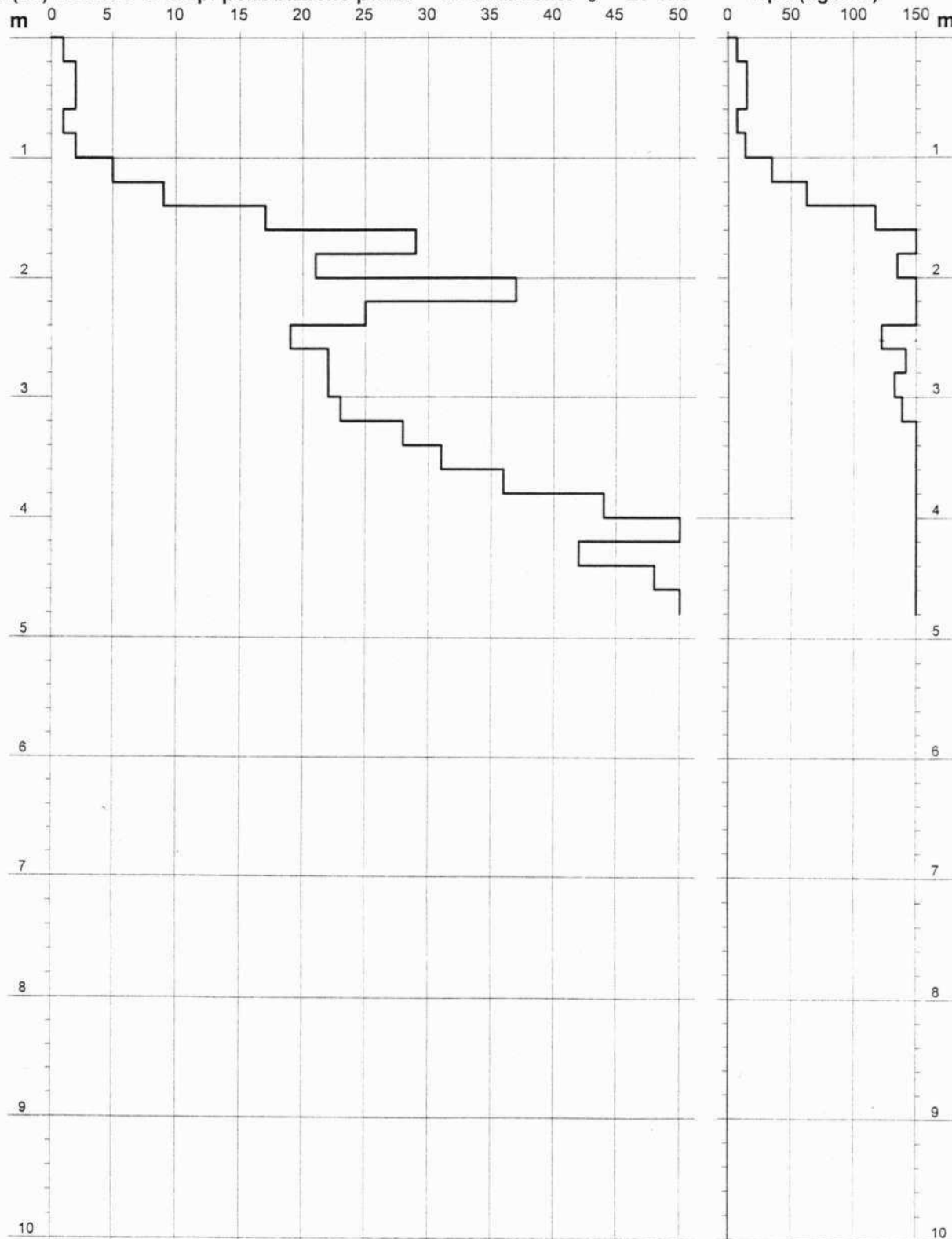
Scala 1: 50

- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- data : 12/11/2004
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 19

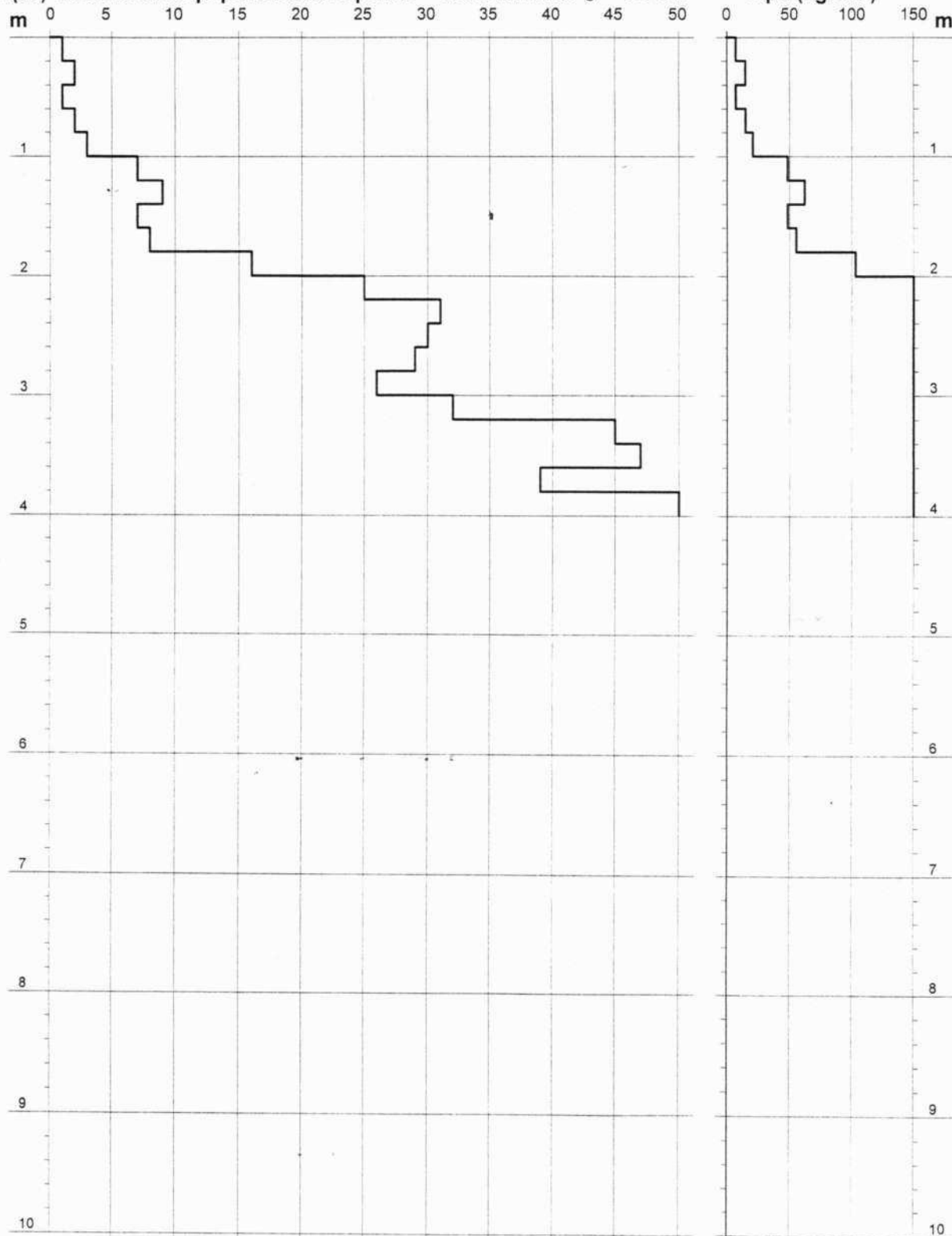
Scala 1: 50

- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- data : 12/11/2004
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm

Rpd (kg/cm^2)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

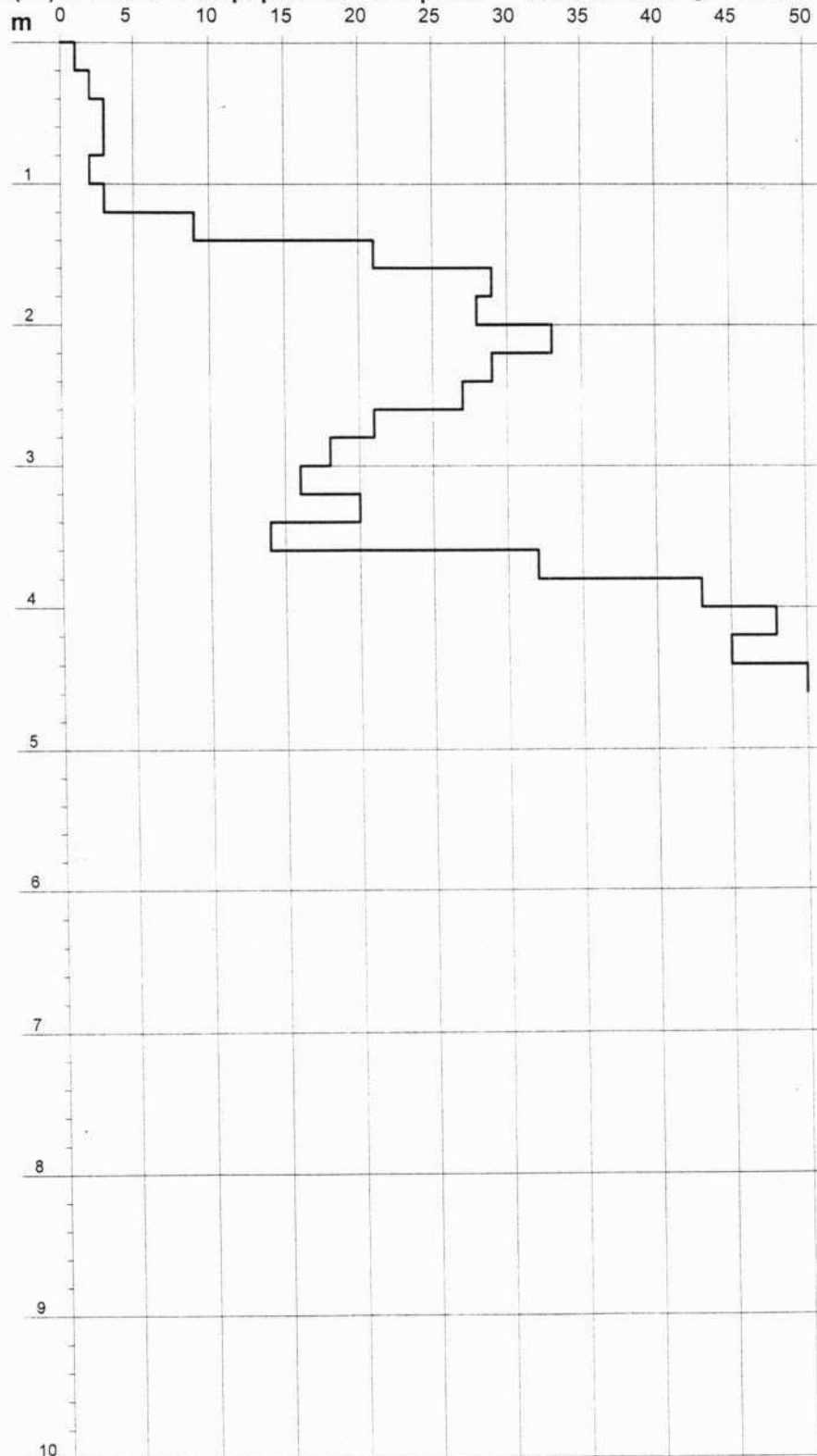
DIN 20

Scala 1: 50

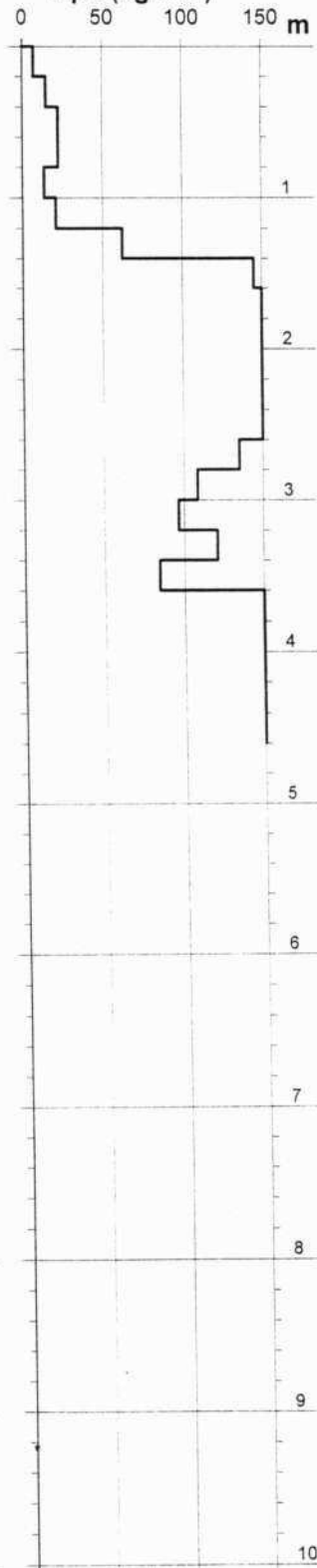
- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- data : 12/11/2004
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm



Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

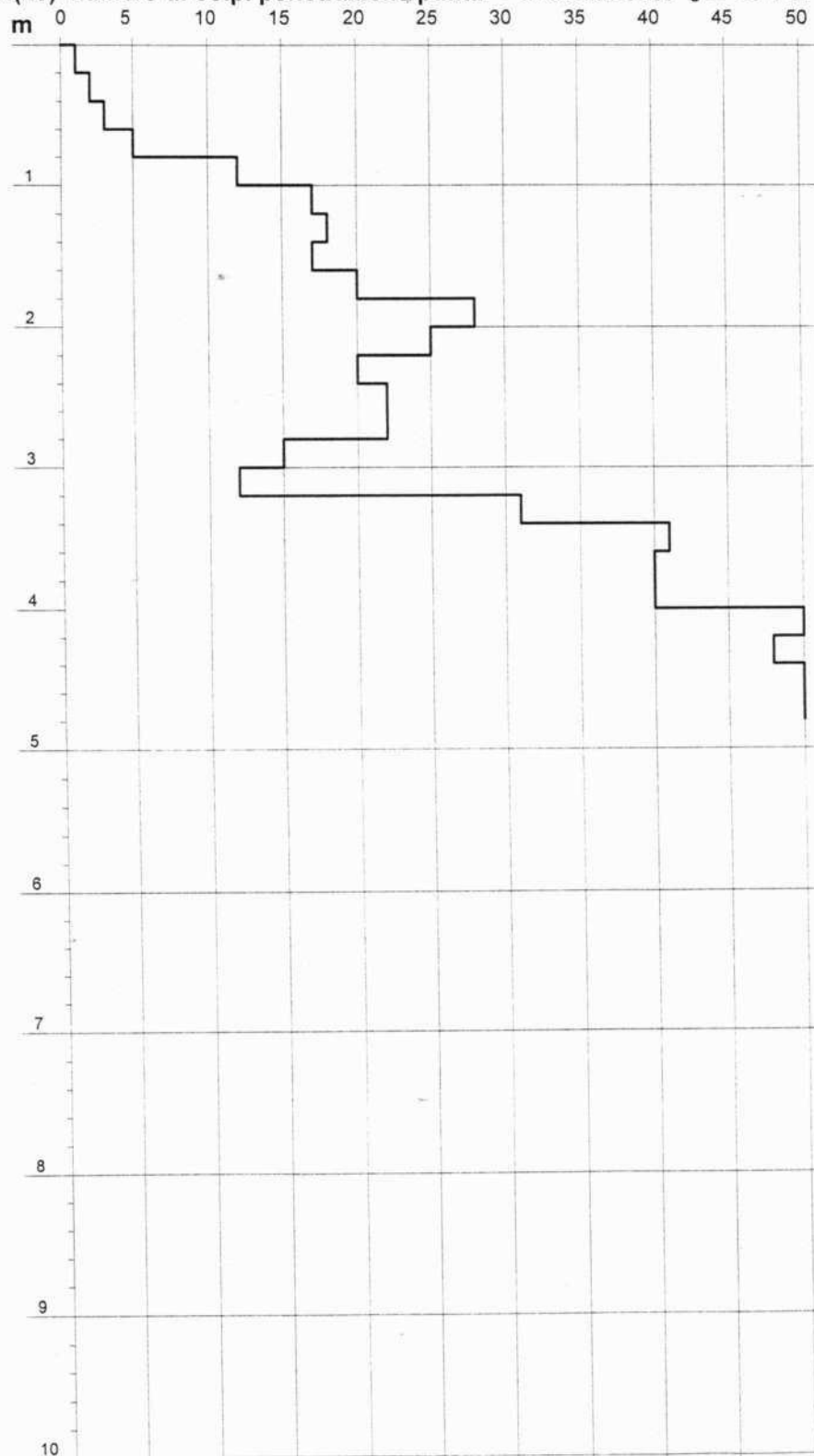
DI. 21

Scala 1: 50

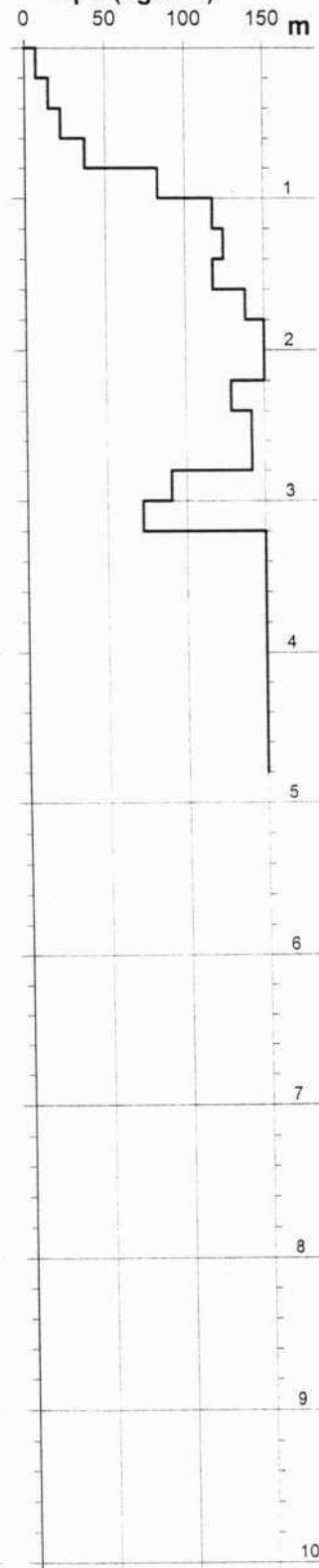
- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- data : 12/11/2004
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm



Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

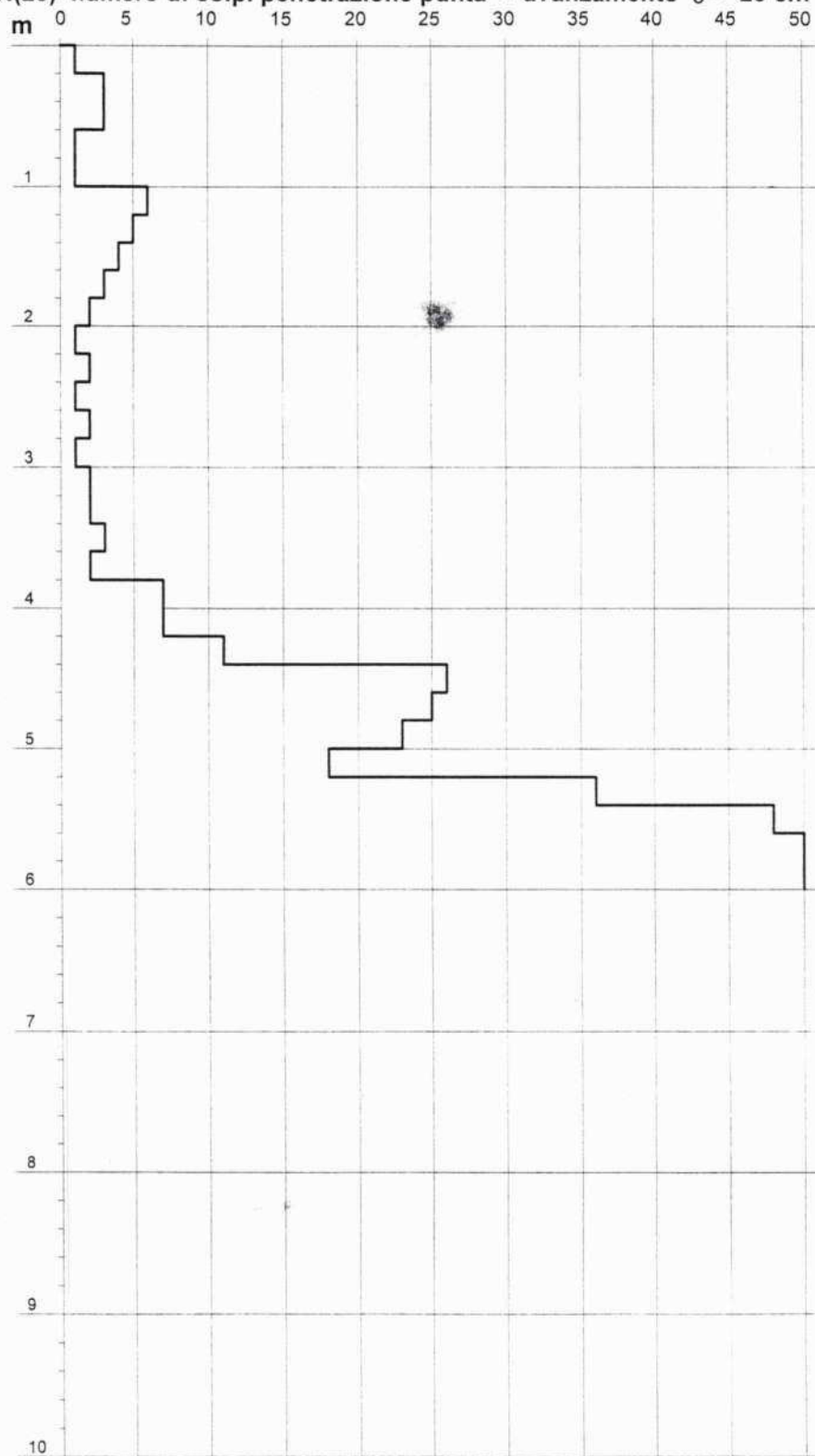
DIN 22

Scala 1: 50

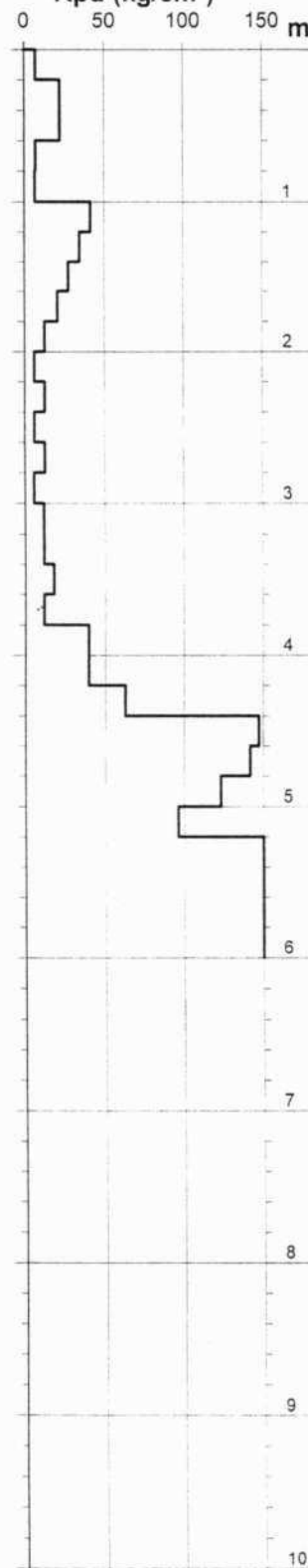
- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- data : 12/11/2004
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

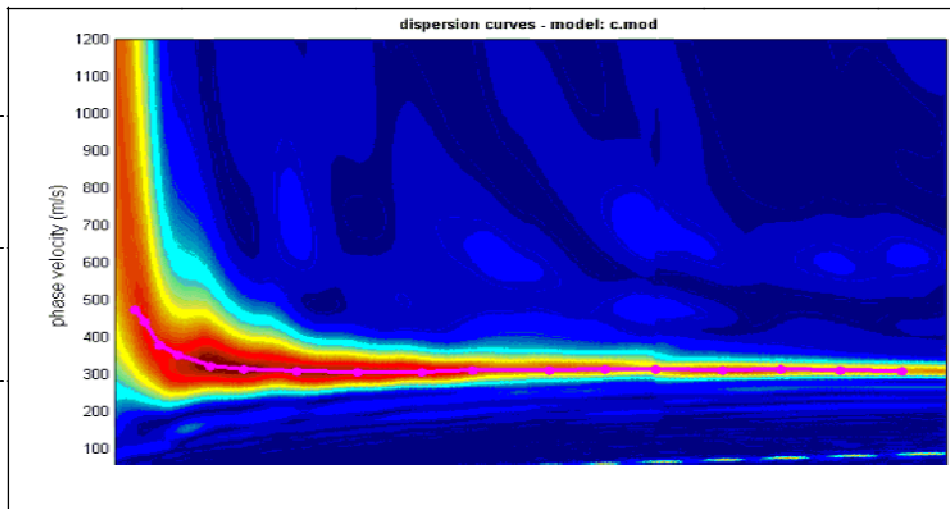
N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm



Rpd (kg/cm²)



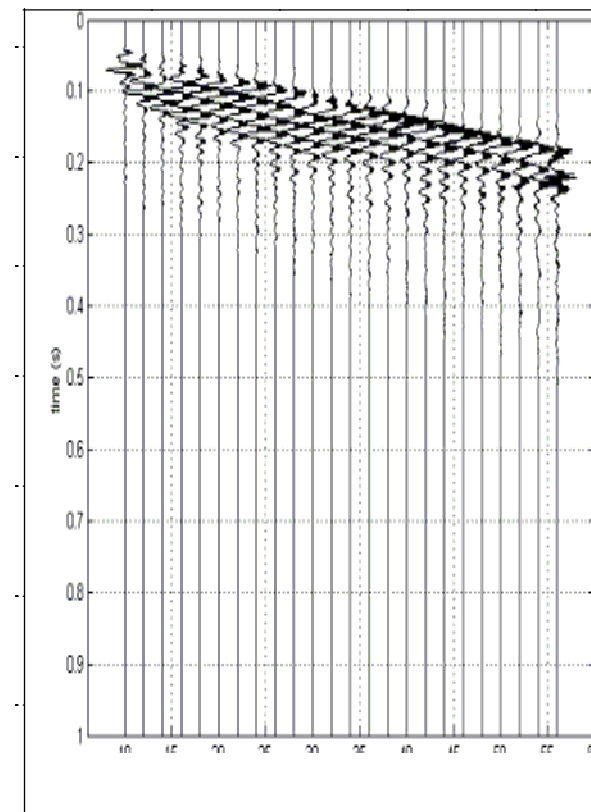
PROVA SISMICA MASW
2017



LEGENDA

- + Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpascal)
- VsX

Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula $D=1.5 + V_s/1000$



Sismogramma

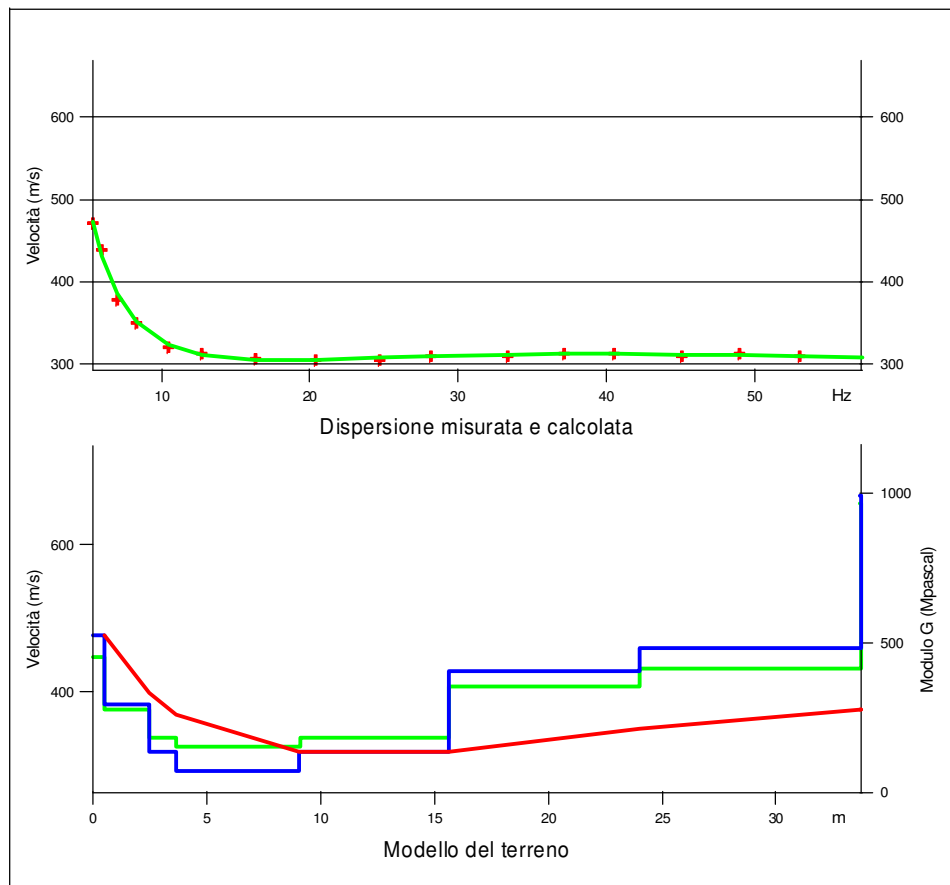


TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	H _i /V _i	VsX	G
0	.5	478	.0011	478	452
.5	2.5	383	.0051	400	276
2.5	3.7	318	.0038	369	184
3.7	9.1	293	.0185	319	154
9.1	15.6	318	.0206	319	184
15.6	24	429	.0196	350	355
24	33.7	459	.0212	376	413

VALORE CALCOLATO VS30 = 368 m/s

PROVA SISMICA VS30

Oberdan - Marsala - Brughiero Sud

Brughiero - Via Garibaldi

Metodologia MASW

VELOCITA' DELLE ONDE S

Giugno 2017