

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 GEOLOGICA (R1) AI SENSI D.M. 17/01/2018/NTC 2018 -
- RELAZIONE GEOLOGICA (R3) AI SENSI DELLA DGR 2616/2011 -

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 NORMATIVI	2
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	3
4	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	4
5	POZZI IDROPOTABILI E VINCOLI.....	6
6	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E VINCOLI.....	6
7	FATTIBILITA' GEOLOGICA.....	7
8	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA - PECULIARITA' DEL LAMBRO	11
9	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA – RISCHIO IDRAULICO	11
10	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA – PRESCRIZIONI	12
11	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA – PARERE FINALE	13
12	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	14
12.1	Metodologia di esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche continue (SCPT)	14
12.2	Metodologia di esecuzione delle prove di permeabilità a carico variabile	15
12.3	Metodologia di esecuzione della prova sismica MASW	17
12.4	SOGGIACENZA DELLA FALDA.....	18
12.5	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO – TECNICA DEI TERRENI.....	18
12.6	PERMEABILITA' DEL TERRENO	20
13	APPROFONDIMENTO SISMICO DI PRIMO LIVELLO	22
13.1	PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE.....	22
13.2	PARAMETRI SISMICI.....	23
13.3	VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE	27
14	APPROFONDIMENTO SISMICO DI SECONDO LIVELLO.....	29
15	ALLEGATI	34

ELENCO ALLEGATI:

Tavola 1: Stralcio della carta geologica
Tavola 2: Stralcio della carta idrogeologica
Tavola 3: Stralcio della carta dei vincoli
Tavola 4: Stralcio della carta di pericolosità sismica locale
Tavola 5: Stralcio della carta di fattibilità geologica
Tavola 6A: Ubicazione delle indagini recenti
Tavola 6B: Ubicazione delle indagini del 2004
Grafici delle prove penetrometriche 2021
Grafici delle prove 2004
Elaborati grafici delle prove di permeabilità 2021
Elaborato grafico della prova sismica MASW (2017)
Scheda litologica per approfondimento sismico di 2° livello
Rilievo plani-altimetrico di via Dolomiti

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.

La presente relazione geologica (R1+R3), redatta ai sensi del D.M. 17/01/2018 e della D.G.R. 2616/2011, costituisce uno studio geologico, idrogeologico, idraulico e sismico finalizzato alla verifica della fattibilità dell'intervento in progetto e fornisce ai progettisti tutte le indicazioni necessarie alla redazione del progetto esecutivo.

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".

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

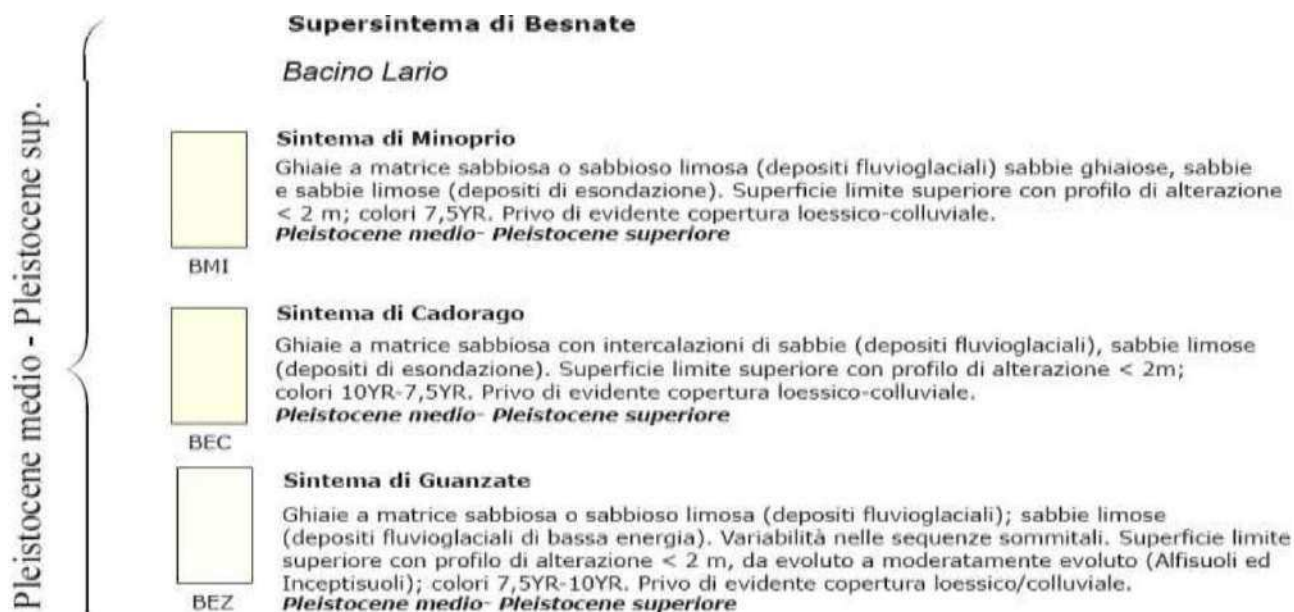
- P.G.T. comunale;
- D.G.R. 2129/2014;
- L.R. 33/2015;
- D.G.R. 5001/2016;
- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 – D.M. 17 gennaio 2018;
- Circolare applicativa delle NTC 2018 – 11/02/2019;
- D.G.R. 2616/2011;
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE – D.Lgs. 49/2010;
- D.G.R. 19/06/2017, n. X/6738.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

In un contesto morfologico di relativa uniformità (pianura lievemente degradante verso sud), e con la presenza della Valle del Lambro al confine ovest, si collocano le informazioni relative alla zonazione geologica.

La interpretazione geologica si avvale attualmente delle risultanze dei nuovi rilievi della Carta Geologica alla scala 1:50000, assai parziali sul territorio regionale, ma presenti nell'area con l'edizione finale del Foglio Seregno e una edizione in bozza del Foglio Milano.

Nelle aree di intervento sono presenti terreni appartenenti al Sintema di Minoprio, descritto nella figura sottostante e visualizzato in Tavola 1 ("Stralcio della Carta Geologica").



4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'assetto idrogeologico dell'area è stato ricostruito attraverso l'analisi delle stratigrafie dei pozzi, dei piezometri, oltre che dalla interpretazione dei numerosi studi geologici e stratigrafici esistenti realizzati a scala provinciale e regionale.

Per evidenziare la struttura idrogeologica e i rapporti tra le diverse unità, di seguito descritti, oltre che i principali elementi che influenzano la circolazione idrica sotterranea, sono state prese in considerazione soprattutto le varie sezioni idrogeologiche elaborate nell'ambito di diversi studi, e per il precedente, e attualmente vigente, studio della Componente geologica idrogeologica e sismica del Comune di Brugherio (G. Sacchi 2009-2013).

Nel sottosuolo dell'area presa in esame si distinguono principalmente due unità litologiche, ulteriormente suddivisibili al loro interno per le caratteristiche idrogeologiche e contenenti acquiferi sfruttati ad uso idropotabile, oltre che per altri usi. A partire dalla superficie dapprima troviamo l'unità ghiaioso-sabbiosa cui segue più in profondità l'unità sabbioso-argillosa.

UNITA' LITOLOGICHE (MARTINIS B. & MAZZARELLA S., 1971)	UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE (FRANCANI & POZZI, 1981).	UNITA' STRATIGRAFICHE (PIERI & GROPPI, 1981)	UNITA' IDROGEOLOGICHE (AVANZINI, BERETTA, FRANCAI et Al., 1995)	GRUPPI ACQUIFERI (REGIONE LOM-BARDIA & AGIP, 2002)
LITOZONA GHIAIOSO - SABBIOSA	FLUVIOGLACIALE WURM AUCT. (Dil. Recente)	ALLUVIONE	UNITA' GHIAIOSO - SABBIOSA	A
	FLUVIOGLACIALE RISS - MINDEL AUCT. (Dil. Medio - Antico)		UNITA' SABBIOSO - GHIAIOSA	B
	CEPPO AUCT		UNITA' A CONGLOMERATI E ARENARIE BASALI	
LITOZONA SABBIOSO - ARGILLOSA	VILLAFRANCHIANO	SABBIE DI ASTI	UNITA' SABBIOSO - ARGILLOSA (facies continentali e di transizione)	C
				D
LITOZONA ARGILLOSA			UNITA' ARGILLOSA (facies marine)	

LITOZONA GHIAIOSO-SABBIOSA. In questa unità litologica, costituita per lo più da orizzonti sabbiosi e ghiaiosi, a volte cementati, e intercalazioni argillose, è contenuto l'acquifero superficiale (I Acquifero). Si tratta di un acquifero molto produttivo per l'elevata permeabilità dei depositi che lo costituiscono e per essere alimentato dall'infiltrazione delle acque meteoriche e delle acque superficiali: è tradizionalmente sfruttato per

l'approvvigionamento idrico. È costituita da sedimenti depositatisi in ambienti fluviali di alta energia instauratisi durante le fasi glaciali del Quaternario (Pleistocene superiore e medio). Si distinguono due unità idrostratigrafiche: la prima, denominata Gruppo Acquifero A nell'interpretazione della geologia del sottosuolo a livello regionale (Regione Lombardia, Geologia degli acquiferi Padani della Regione Lombardia, 2002), è costituita dalle alluvioni più recenti, ed è caratterizzata dalla presenza di falda freatica; la seconda, Gruppo Acquifero B, più in profondità, è costituita da sedimenti più antichi con presenza di conglomerati e arenarie basali (Ceppo auct.), e con falda a volte semiconfinata.

Lo spessore di tale litozona tende ad aumentare nella Provincia milanese da nord verso sud: a Brugherio assume valori variabili tra 30 e 70-80 m, con un incremento sensibile verso sud-ovest.

La seconda litozona, sottostante a quella appena descritta, è chiamata LITOZONA ARGILLOSO-SABBIOSA. Tale unità è caratterizzata da orizzonti argillosi prevalenti, con intercalazioni sabbiose e ghiaiose, sedimentatisi in ambiente continentale, con la presenza occasionale di torbe, di ambiente palustre. Essa corrisponde all'unità stratigrafica Villafranchiana. È suddivisibile al suo interno in Gruppo Acquifero C al tetto (Pleistocene medio-inferiore) e Gruppo Acquifero D alla base (Pleistocene inferiore). Nei livelli sabbioso-argillosi o sabbiosi con ghiaie, discretamente presenti a Brugherio, è contenuta acqua in falde confinate ed in pressione (II Acquifero). Nella parte inferiore, al passaggio con l'unità sottostante argillosa, compaiono fossili che indicano un ambiente di sedimentazione marino. Le lenti sabbioso-ghiaiose sono localmente comunicanti fra loro, ma la produttività è inferiore a quella dell'acquifero superficiale per la ridotta permeabilità degli orizzonti e per la scarsa alimentazione. Gli acquiferi più importanti si trovano in corrispondenza dei sedimenti sabbiosi-ghiaiosi di spiaggia e secondariamente in quelli sabbiosi d'ambiente deltizio. L'acquifero profondo è raramente collegato con l'acquifero superficiale, per locali discontinuità e variazione in spessore dei livelli argillosi di separazione. In questi casi le due strutture possono essere considerate nell'insieme un unico acquifero multistrato.

La base della seconda unità, raggiunta solo da pochi pozzi, come il 64 CAP, degrada verso S. Nel territorio comunale assume valori da 0/-20 m s.l.m. a nord, a valori di oltre -50 m s.l.m. a sud. La maggior parte dei punti di captazione idrica di Brugherio, e tutti quelli dell'acquedotto pubblico, sono alimentati solo o prevalentemente dalla falda superficiale. Diversi pozzi, comunque, attingono, oltre che dalla Unità A, anche dai conglomerati della unità B. Invece, praticamente in un solo pozzo (Torrazza 1 n.58) la captazione avviene

anche in livelli sabbiosi profondi della Unità idrostratigrafica D, a circa 150-170 m di profondità.

Al di sotto della seconda litozona è presente la LITOZONA ARGILLOSA, con rari e poco sviluppati orizzonti sabbiosi, contenenti acque con caratteristiche chimiche scadenti e di scarsa portata che non vengono sfruttati a scopo idropotabile.

5 POZZI IDROPOTABILI E VINCOLI

Sul territorio comunale sono presenti pozzi pubblici ad uso idropotabile, ma le aree oggetto di intervento non risultano comprese all'interno delle relative zone di rispetto, individuate con criterio geometrico e aventi raggio pari a 200 metri e centro nei rispettivi punti di captazione (vedi Tavola 3 – “Stralcio della Carta dei Vincoli” del PGT).

Pertanto, da questo punto di vista, le aree non risultano vincolate.

6 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E VINCOLI

Dal PGT comunale vengono ricavate le seguenti informazioni riguardo ai vincoli presenti nei siti in oggetto.

Per quanto riguarda il territorio di Brugherio, lo studio del Reticolo Idrico Minore (RIM) è stato redatto in una prima edizione nel 2005 e nell'ultima edizione nel 2014; quest'ultima risulta definitivamente approvata.

Lo studio definisce le competenze sulle reti idriche e fissa la ampiezza delle fasce di rispetto del reticolo di competenza comunale così individuate:

- Reticolo Idrico Principale (Fiume Lambro, Canale Villoresi): 10 metri;
- Reticolo Idrico Minore: tracciati secondari (6 metri) e tracciati terziari (5 metri);
- Altri tracciati: 4 metri;
- Fontanile S. Cristoforo: Testa (25 metri), Asta (10 metri).

In particolare, come è possibile osservare nella Tavola 3, l'area ubicata ad est di via Garibaldi risulta confinare con la fascia di rispetto del canale secondario denominato “6VLL”, appartenente al reticolo idrico minore.

Come precedentemente detto, tale corso d'acqua ha una fascia di rispetto individuata in 6 metri dalle sponde per cui gli edifici in progetto dovranno mantenere tale distanza (vincoli di polizia idraulica).

Inoltre, come vedremo nei capitoli successivi, l'area del comparto di via Dolomiti (edifici "R9" e "R10") risulta ricadere nell'ambito delle aree allagabili del fiume Lambro e verrà quindi riportato uno studio di compatibilità idraulica delle opere in oggetto con relativo parere di idoneità.

7 FATTIBILITA' GEOLOGICA

Le aree di intervento, come indicato nella "Carta di fattibilità geologica" allegata al PGT vigente (vedi nostra Tavola 5), risultano così collocate:

- Edifici Comparto via Garibaldi: sia nella classe di fattibilità geologica 2 "fattibilità con modeste limitazioni", sia nella classe di fattibilità geologica 3 "fattibilità con consistenti limitazioni" e nello specifico nella sottoclasse 3a "Aree con acquiferi vulnerabili per assenza di livelli protettivi e falda superficiale";
- Edifici Comparto di via Dolomiti: classe di fattibilità geologica 3 "fattibilità con consistenti limitazioni" e nello specifico nelle sottoclassi 3a "Aree con acquiferi vulnerabili per assenza di livelli protettivi e falda superficiale" e 3e "Aree a pericolosità idraulica elevata". Inoltre, per la porzione nella quale verrà realizzato l'edificio denominato "R9", vengono attribuite le norme geologiche di Classe 4.b (vedi tavola 5).

Fattibilità geologica 2 "fattibilità con modeste limitazioni"

La classe comprende le zone nelle quali son state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico – costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.

Per gli ambiti assegnati a questa classe devono essere indicati, nelle norme geologiche di piano, gli approfondimenti da effettuare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori.

Descrizione: aree con presenza nel sottosuolo, a profondità di norma non superiori a 20 m, di acquifero freatico vulnerabile per alta permeabilità dei depositi e caratteristiche idrauliche, oltre che per assenza di livelli protettivi sufficientemente continui e/o potenti.

Indicazioni generali: la presenza di una falda idrica a profondità modesta e priva di protezione naturale comporta un significativo rischio di alterazione della risorsa idrica freatica, tuttora oggetto di captazione da parte di molti pozzi, compresi quelli della rete acquedottistica pubblica.

Le sensibili oscillazioni pluriennali della superficie piezometrica possono modificare in modo sostanziale i rapporti di possibile interferenza con opere edilizie e rendono incerte le relazioni con la superficie del suolo.

Sono ammessi tutti gli interventi di modifica alla destinazione d'uso del suolo, preceduti da approfondimenti di indagine volti a definire i rapporti con la falda, le possibili interferenze con opere antropiche e a garantire la massima possibile salvaguardia della risorsa idrica.

Fattibilità geologica 3 “fattibilità con consistenti limitazioni”

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

Sottoclasse di fattibilità geologica 3a “Aree con acquiferi vulnerabili per assenza di livelli protettivi e falda superficiale”

Descrizione: Aree con presenza nel sottosuolo a profondità ridotta, convenzionalmente inferiore a 12 m da piano campagna, di acquifero freatico molto vulnerabile per scarsa soggiacenza, alta permeabilità dei depositi geologici e per caratteristiche idrauliche, oltre che per assenza di livelli protettivi sufficientemente continui e/o potenti.

Indicazioni generali: La presenza di una falda idrica poco profonda, qui assunta come inferiore a 12 m da p.c. e priva di protezione naturale comporta un forte rischio di alterazione della risorsa idrica freatica, tuttora oggetto di captazione da parte di molti pozzi, compresi quelli della rete acquedottistica pubblica.

Inoltre, sono possibili interferenze significative con opere antropiche sotterranee e/o di fondazione che comportano maggiori rischi per la falda e per la stabilità/conservazione delle opere. Le sensibili oscillazioni pluriennali della superficie piezometrica possono modificare in modo sostanziale i rapporti di interferenza ed essere causa di problemi nei volumi sotterranei.

Sono ammessi tutti gli interventi di modifica alla destinazione d'uso del suolo, preceduti da approfondimenti di indagine volti a definire i rapporti con la falda, le possibili interferenze con opere antropiche e a garantire la massima possibile salvaguardia della risorsa idrica.

Prescrizioni: Nell'ambito generale del livello di rischio previsto per la Classe 3, le indagini, da effettuarsi secondo quanto indicato in generale per la Classe 2 (Prescrizioni valide per tutte le Classi di fattibilità), dovranno comprendere approfondimenti volti alla verifica locale della profondità della falda e delle sue oscillazioni interannuali e pluriennali misurabili e/o prevedibili e i livelli massimi potenzialmente raggiungibili secondo le tendenze evolutive in atto o deducibili da modellistica previsionale e/o da dati osservativi precedenti. Dovranno essere inoltre indicati i principali parametri idraulici (trasmissività, ecc.) e geometrici (gradiente e direzione) della falda e descritte le caratteristiche di eventuali falde profonde in pressione che possano raggiungere quote piezometriche diverse.

Per interventi edilizi significativi la soggiacenza dovrà essere misurata e monitorata per un tempo significativo (almeno un anno).

Per ogni intervento sarà necessario verificare la sua ricaduta sull'acquifero sottostante. In particolare, sarà necessario adottare sistemi che impediscano l'infiltrazione nel terreno di sostanze inquinanti, pur garantendo l'alimentazione degli acquiferi. Serbatoi e cisterne interrati dovranno prevedere sistemi di sicurezza quali doppie camere. Le nuove fognature dovranno essere progettate e costruite con soluzioni tecniche in grado di evitare perdite e contaminazioni della falda.

Per gli interventi profondi che possano interessare livelli saturi, dovranno essere indicati gli accorgimenti messi in atto per la protezione delle strutture, sia in fase di cantiere che ad opera conclusa, oltre agli accorgimenti da mettere in atto per evitare la contaminazione della falda.

Sottoclasse di fattibilità geologica 3e "Aree a pericolosità idraulica"

Descrizione: Aree con pericolosità idraulica elevata P3 (battente idrico 50-80 cm) e presenza di falda poco profonda e vulnerabile (soggiacenza < 12 m).

Indicazioni generali: Si tratta di aree per le quali l'analisi della Pericolosità idraulica ha valutato l'esistenza di rischio di esondazione elevato (pericolosità P3). Il tirante d'acqua previsto per la piena di riferimento (200 Tr) in queste aree è compreso, in questo caso, tra 0,3-0,5 e 0,8 m.

Queste aree sono soggette a rischio per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi e l'interruzione delle attività socioeconomiche, danni al patrimonio culturale.

Sono da ritenersi compatibili con le azioni di Piano a patto che vengano messi in atto accorgimenti costruttivi che impediscano danni a beni e strutture e/o consentano la facile e immediata evacuazione dell'area inondabile da parte di persone e beni mobili.

Prescrizioni: I progetti di nuova realizzazione e gli interventi di ristrutturazione devono comunque prevedere misure di mitigazione del rischio, come, in via esemplificativa e non esaustiva, indicato al punto 3.5 (Zonazione del rischio) dell'Allegato 4 alla DGR 2616/2011.

Ogni intervento ammissibile deve essere accompagnato da relazione idraulica redatta ai sensi della Direttiva dell'Autorità di Bacino "Verifica della Compatibilità Idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico in fascia A e B".

I capitoli successivi rappresentano relazione idraulica richiesta.

Sottoclasse 4.b

Indicazioni generali: Si tratta di aree allagate durante gli eventi di piena del Lambro, a pericolosità idraulica molto elevata (P4) e di zone a rischio idraulico molto elevato (R4).

In queste aree sono previsti per la piena di progetto tiranti idraulici superiori a 0,8 m e condizioni di rischio tali da rendere possibile la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici e alle infrastrutture, danni al patrimonio culturale.

Prescrizioni: Si ritiene che in queste aree sia indispensabile:

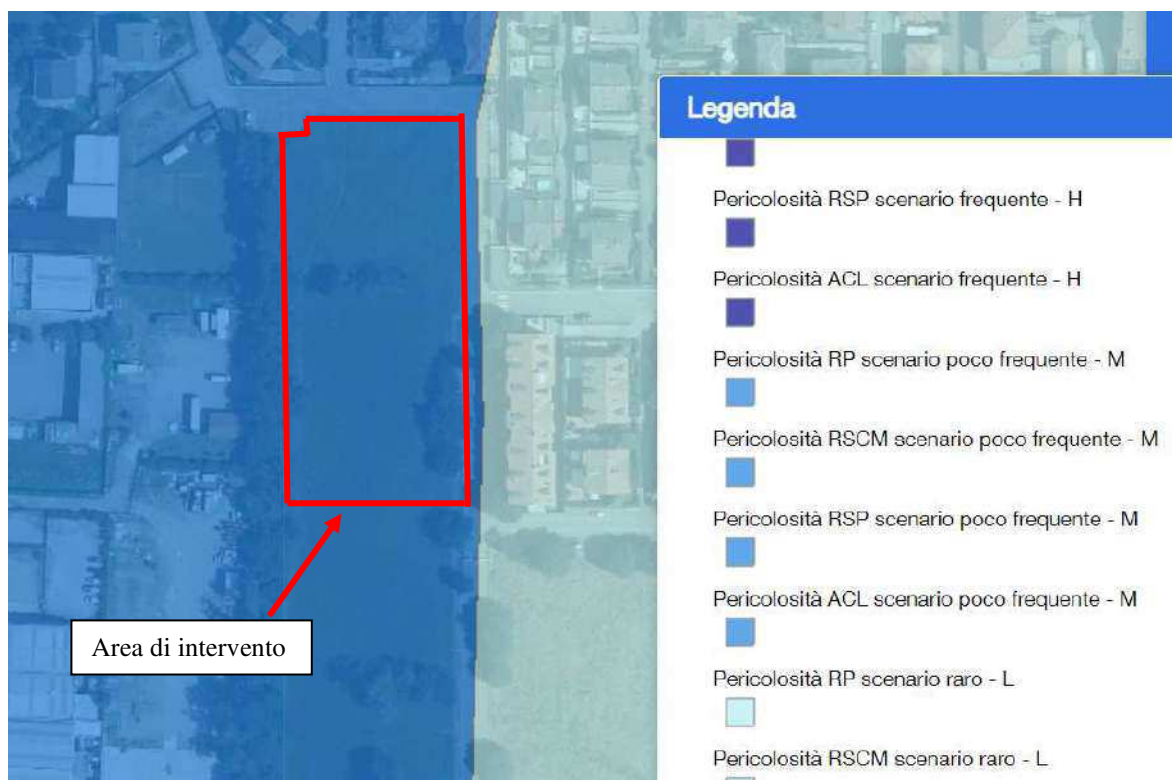
- mantenere ed eventualmente ampliare tutte le zone a verde esistenti e previste, e le superfici libere; favorire la permeabilità dei terreni;
- autorizzare qualsiasi intervento solo ed esclusivamente in seguito ad approfondite e puntuali indagini e verifiche di compatibilità idraulica.

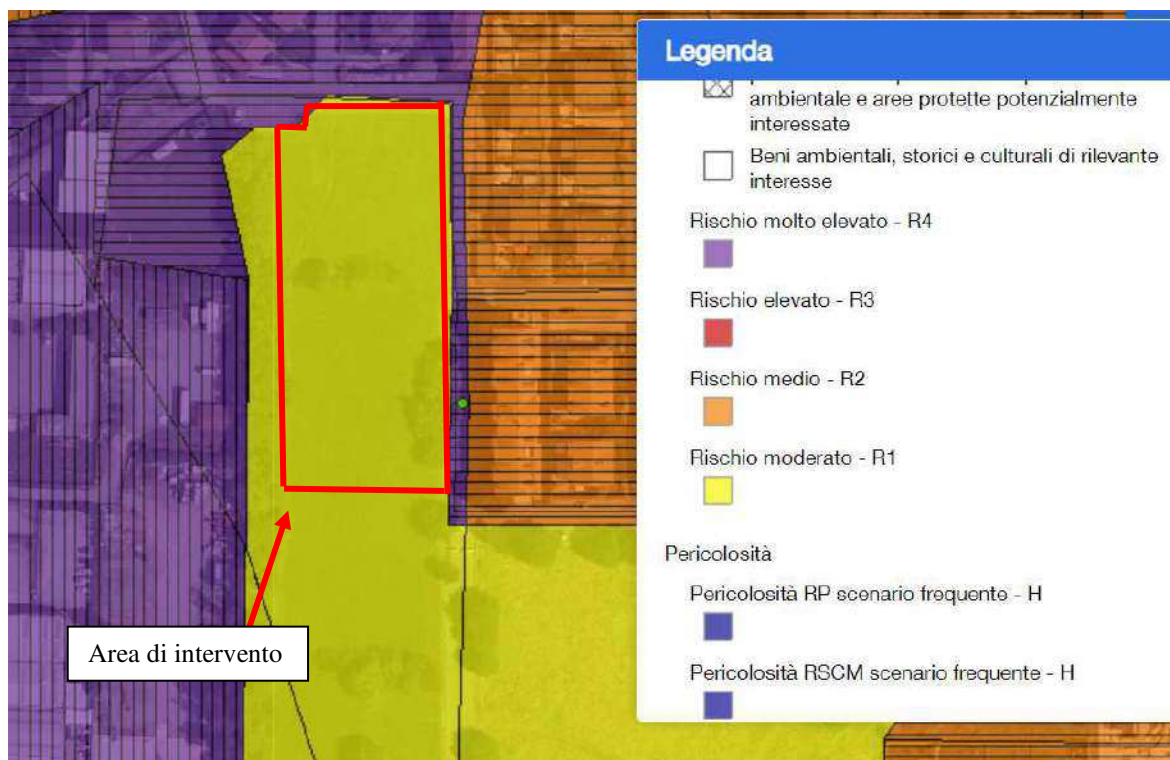
8 STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA - PECULIARITA' DEL LAMBRO

Il Fiume Lambro nasce a nord di Monza presso il Pian Rancio nel territorio comunale di Magreglio (CO), a quota di circa 950 m s.l.m.; il corso superiore scorre su rocce calcaree del Triangolo Lariano ed ha carattere torrentizio dalla sorgente fino circa ad Asso. Presso Erba sfocia nel lago di Pusiano di cui è anche emissario. Una volta attraversato il lago di Pusiano il Lambro raccoglie le acque delle rogge Gallarana e Ghiringhella, raccoglie le acque dei tre principali affluenti di sinistra, le Bevere, attraversa in senso Nord Sud diversi comuni della Brianza, tra cui Carate e Monza; prosegue nel territorio di Milano percorrendo la media e bassa pianura fino a gettarsi nel Po presso Orio Litta. Il fiume si sviluppa per 130 km e drena un bacino di 1950 km².

9 STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA – RISCHIO IDRAULICO

La figura sottostante, estratta dal GeoPortale della Lombardia e riguardante la mappatura aggiornata nel 2019 del rischio idraulico della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE – DLgs 49/2010 – “Adozione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico Padano (PGRA) e del Progetto di Variante al Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico del fiume Po (PAI)”, mostra che l’area del comparto di via Dolomiti ricade nell’ambito di allagamento del Lambro con scenario di pericolosità poco frequente e rischio R1.





10 STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA – PRESCRIZIONI

Si consideri che le condizioni di allagamento si verificano per eventi con tempi di ritorno di 200 anni, come descritto nel capitolo di fattibilità geologica.

Prescrizioni di progetto: Per l'area di via Dolomiti elenchiamo gli accorgimenti per la mitigazione del rischio idraulico; tali prescrizioni vengono indicate al fine di garantire la compatibilità dell'intervento secondo anche quanto riportato nell'Allegato 4 della D.G.R. IX/2616/2011:

- il piano campagna risulta avere variazioni topografiche di ordine decimetrico; nel punto più ribassato la quota è 141,45 metri s.l.m.
- Pertanto, considerando un tirante idrico di + 0,80 metri dal piano campagna, la quota di sicurezza da noi individuata è 142,25 metri s.l.m.
- Alla luce di ciò, la quota della guardiola, la quota dell'ingresso carraio e la quota calpestio del piano terra dovranno mantenersi al di sopra di 142,25 metri s.l.m.
- Il nuovo piano interrato sarà costituito unicamente da spazi di servizio senza locali con permanenza di persone;

- Saranno utilizzati materiali da costruzione resistenti alle pressioni idrodinamiche e i muri controterra dovranno essere adeguatamente impermeabilizzati.

11 STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA – PARERE FINALE

L'intervento in oggetto non modifica i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza ambientale dell'ecosistema idraulico, non costituisce significativo ostacolo al deflusso, non limita in modo significativo la capacità di invaso.

Inoltre, l'area di intervento è posta ad una distanza rilevante dall'alveo del Fiume Lambro, ossia circa 1,3 km.

Tra l'area di intervento e il corso d'acqua vi sono altri manufatti che potrebbero proteggere e deviare il flusso delle acque di piena (edifici, vie laterali, tombini, ecc.).

Pertanto, alla luce dello studio idraulico effettuato e in attuazione delle prescrizioni riportate nel capitolo 10, si emette parere favorevole alla realizzazione dell'intervento in oggetto.

12 INDAGINI GEOGNOSTICHE

12.1 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.

12.2 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.

12.3 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**.

12.4 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.

12.5 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); da tale profondità fino al termine delle prove (rifiuto strumentale raggiunto tra – 7,5 metri e – 8,5 metri) 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:

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

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:

$$N'(60) = N_{SPT} \times 1.08 \times Cr \times Cd \times Cn$$

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

Cr = fattore di correzione funzione della profondità

Cd = fattore di correzione funzione del diametro del foro

Cn = 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 (D_r) è stata eseguita secondo le equazioni proposte da Skempton (1986):

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

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
Φ = 28°
γ = 17 kN/m³
D_r = 22 %
c', c_u = 0 kN/m²

- Da circa – 2,5/4 m a – 7,5/8,5
Unità 2

N_{SPT} = 35
Φ = 34°
γ = 19 kN/m³
D_r = 70 %
c', c_u = 0 kN/m²

- 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.

12.6 PERMEABILITA' DEL TERRENO

Il coefficiente di permeabilità è il parametro che indica con quale facilità un terreno si lascia attraversare dall'acqua. Se l'acqua riesce a fluire con facilità attraverso i pori di un terreno, questo viene definito molto permeabile ed il suo coefficiente di permeabilità sarà elevato. Se al contrario il terreno oppone una forte resistenza al movimento dell'acqua, allora il terreno viene definito scarsamente permeabile e in questo caso il coefficiente di permeabilità sarà molto piccolo.

Il coefficiente di permeabilità ha le dimensioni di una velocità e di preferenza come unità di misura viene utilizzato il metro/sec.

Fra i parametri idrogeologici è sicuramente quello con la maggiore variabilità. In natura può assumere valori da minori di $1 \cdot 10^{-8}$ m/sec a maggiori di $1 \cdot 10^{-2}$ m/sec e pertanto si può dire esistono in natura terreni che sono 1.000.000 di volte più permeabili di altri.

In particolare, i valori del coefficiente di permeabilità possono essere correlati alle diverse litologie secondo i seguenti schemi:

Permeabilità	K (m/s)	Litologia	Classificazione dei terreni	Drenaggio delle acque
Alta	10^{-1}	Ghiaie grossolane e ciottoli senza matrice fine	Permeabili	Buono
Media	$10^{-1} - 10^{-3}$	Sabbie, sabbie e ghiaie	Permeabili	Discreto
Bassa	$10^{-4} - 10^{-7}$	Sabbie fini, limi, limi sabbioso argillosi	Semi-permeabili	Difficoltoso
Molto bassa	$10^{-8} - 10^{-9}$	Limi argillosi e argille	Praticamente impermeabili	Praticamente impossibile

TIPO DI TERRENO	k (m/s)
Ghiaia pulita	$10^{-2} - 1$
Sabbia pulita, sabbia e ghiaia	$10^{-5} - 10^{-2}$
Sabbia molto fine	$10^{-6} - 10^{-4}$
Limo e sabbia argillosa	$10^{-9} - 10^{-5}$
Limo	$10^{-8} - 10^{-6}$
Argilla omogenea sotto falda	$< 10^{-9}$
Argilla sovraconsolidata fessurata	$10^{-8} - 10^{-4}$
Roccia non fessurata	$10^{-12} - 10^{-10}$

I risultati delle tre prove di permeabilità eseguite sono i seguenti:

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

13 APPROFONDIMENTO SISMICO DI PRIMO LIVELLO

13.1 PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

In adempimento a quanto previsto dal D.M. 17 Gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" e in accordo con la D.G.R. 30 marzo 2016 n. X/5001 "Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica", viene richiesta l'analisi della sismicità secondo le modalità indicate in All. 5 della D.G.R. IX/2616/2011.

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 alla "Componente geologica, idrogeologica e sismica" del P.G.T. comunale, le aree di intervento sono poste nell'ambito dello scenario di pericolosità sismica locale Z4a, secondo la classificazione indicata nella Tabella 1 dell'Allegato 5 alla D.G.R. IX/2616/2011, qui sotto allegata:

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

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.

13.2 PARAMETRI SISMICI

Per quanto concerne la determinazione dei parametri di scuotimento sismico dell'area di progetto, facendo riferimento al D.M. 17/01/18 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", la sismicità di base del sito è definibile in funzione del valore assunto dall'accelerazione massima attesa su suolo rigido per eventi con tempo di ritorno di 475 anni e probabilità di superamento del 10% in 50 anni in corrispondenza dei nodi di un reticolo di riferimento nazionale, le cui coordinate sono le seguenti:

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

Come prima fase si determinano i parametri delle azioni sismiche di progetto proprie del sito oggetto di intervento; i parametri sismici per periodi di ritorno di riferimento T_r sono quelli riportati nella seguente tabella:

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	a_g [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

Dove a_g = accelerazione orizzontale massima al sito,

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,

T_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Inoltre, le NTC 2018 calcolano i coefficienti sismici k_h e k_v in dipendenza di vari fattori:

$$k_h = \beta \times (a_{\max}/g)$$

$$k_v = \pm 0,5 \times K_h$$

β = Coefficiente di riduzione accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} = Accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = Accelerazione di gravità.

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	a_{\max} [m/s ²]	beta [-]	k_h [-]	k_v [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

Per la scelta dei parametri progettuali, vista l'importanza degli edifici, abbiamo assegnato ai manufatti una vita nominale V_n (2.4.1 - NTC2018) maggiore di 50 anni e una classe d'uso "II" (2.4.2 – NTC2018). Ne consegue che il periodo 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.

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

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

Per la scelta dei parametri progettuali, vista l'importanza degli edifici, abbiamo assegnato ai manufatti una **vita nominale Vn** (2.4.1 - NTC2018) **maggiore di 50 anni** e una **classe d'uso "II"** (2.4.2 – NTC2018). Ne consegue che il **periodo di riferimento Vr** per le azioni sismiche è pari a $Vn \times Cu$ (coefficiente d'uso = 1 per classe d'uso II) = **50 anni**.

L'azione sismica di progetto tiene inoltre conto della categoria di sottosuolo di riferimento (3.2.2 – NTC2018); sono previste cinque classi di terreni, identificabili sulla base delle caratteristiche stratigrafiche e delle proprietà geotecniche rilevate nei primi 30 metri, e definite dalla velocità delle onde S (tab. 3.2.II del D.M. 17.01.2018).

Come condizione topografica al contorno, dovrà essere considerata la categoria T1, propria dei terreni pianeggianti.

Le NTC2018 raccomandano fortemente la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s ; a tale scopo prendiamo in considerazione una prova sismica MASW da noi eseguita nel 2017 nel comparto di via Garibaldi che ha fornito il risultato di **V_s EQ. = 368 m/s.**

Pertanto, il terreno presenta caratteristiche conformi alla **categoria sismica di sottosuolo B**, definita nella Tab. 3.2.II del D.M. 17/01/2018.

In realtà, come vedremo nel capitolo 17 “Approfondimento sismico di secondo livello”, per l’intervento in oggetto va considerata 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.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

13.3 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Il fenomeno della liquefazione interessa depositi sabbiosi e sabbioso-limosi saturi che durante e immediatamente dopo una sollecitazione di tipo ciclico subiscono una drastica riduzione della resistenza al taglio, a seguito della quale le condizioni di stabilità non sono più garantite e la massa di terreno interessata dal fenomeno comincia ad assestarsi fino a che la nuova configurazione del terreno non è compatibile con la diminuita resistenza al taglio.

I parametri che governano il fenomeno sono rappresentati in generale da:

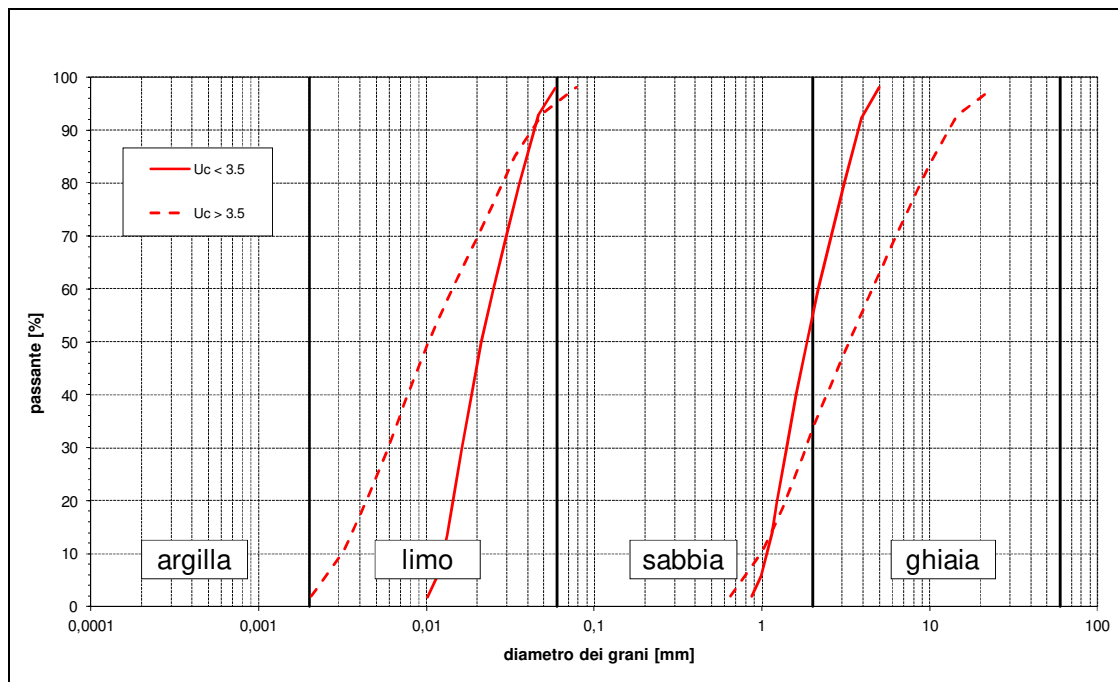
- condizioni di drenaggio e grado di saturazione del deposito;
- granulometria del deposito;
- stato di addensamento;
- intensità, forma spettrale e durata delle sollecitazioni cicliche;
- stato tensionale iniziale;
- storia tensionale e deformativa del deposito;
- fenomeni di aging.

In caso di accertata liquefacibilità del terreno di fondazione occorrerà valutare le deformazioni indotte e le conseguenze delle stesse sulla funzionalità delle opere previste in progetto.

Ai sensi del D.M. 17/01/18, i terreni di fondazione sono da non ritenersi suscettibili a fenomeni di liquefazione in occasione dell'evento sismico e la verifica a liquefazione può essere omessa quando si verifichi almeno una delle seguenti condizioni:

- 1) l'accelerazione massima attesa a piano campagna in condizioni di free-field è inferiore a 0.1 g;
- 2) la profondità media stagionale della falda è superiore a 15 m da p.c.;
- 3) sono presenti depositi sabbiosi puliti con resistenza penetrometrica dinamica normalizzata (N₁)₆₀ superiore a 30 o con resistenza penetrometrica statica normalizzata q_{c1N} > 180;

- 4) sono presenti terreni con distribuzione granulometrica esterna ai limiti indicati nel grafico seguente



L'accelerazione massima in superficie viene desunta dai valori prescritti dalla normativa NTC 2018, ossia $a_{max} = a_g \times S$

Dove $S = S_s S_T$ (categoria di sottosuolo e categoria topografica).

In particolare, si fa riferimento alle Tabelle 3.2.IV e 3.2.V delle NTC 2018, nelle quali, per la categoria di sottosuolo C e categoria topografica T1, si ottengono i seguenti valori:

- $S_s = 1,5$;
- $S_T = 1$.

Il risultato ottenuto indica che, 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.

14 APPROFONDIMENTO SISMICO DI SECONDO LIVELLO

Il secondo livello di approfondimento consente la caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetrati nella carta PSL e fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore del Fattore di amplificazione (F_a).

Per quel che riguarda gli effetti litologici, la procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- Litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- Stratigrafia del sito;
- Andamento delle V_s (velocità delle onde di taglio) con la profondità;
- Spessore e velocità di ciascuno strato;
- Modello geofisico del terreno.

Parametri litologici e stratigrafici – modello geotecnico del terreno

Le caratteristiche litologiche e stratigrafiche dei terreni oggetto di studio, necessarie per l'analisi di rischio di secondo livello, sono state ricostruite mediante i risultati delle indagini geognostiche riportate in allegato.

Onde di taglio V_s e modello geofisico del terreno

Sulla base della stratigrafia delle velocità di propagazione delle onde di taglio definita per l'area in esame è possibile definire un valore di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ secondo la seguente espressione, in accordo al D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni":

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Dove H rappresenta la profondità del substrato sismico, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto addensato caratterizzata da valori di velocità di propagazione delle onde di taglio V_S non inferiori a 800 m/s e h_i e $V_{S,i}$ rappresentano rispettivamente lo spessore e la velocità di propagazione delle onde di taglio di ciascuno strato. Nel caso in cui la profondità del substrato H sia superiore a 30 m

dal piano di riferimento (piano di posa delle fondazioni superficiali, testa dei pali di fondazione, testa di opere di sostegno di terreni naturali, piano di posa delle fondazioni di muri di sostegno di terrapieni) la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo H pari a 30 nella precedente espressione e considerando le velocità di propagazione dei diversi strati di terreno fino a tale profondità.

Nel nostro caso la profondità del substrato sismico è sicuramente superiore a 30 m dal piano di riferimento.

Stima degli effetti litologici e del fattore di amplificazione

Tenuto conto di tutti i dati illustrati nei precedenti paragrafi e quindi del modello stratigrafico-geofisico-geotecnico emerso dalle elaborazioni, possono essere applicate le procedure finali dell'All.5 alla D.G.R. IX/2616/2011 per la stima degli effetti litologici e del relativo Fattore di amplificazione (F_a).

Calcolo del fattore di amplificazione

Il calcolo del periodo proprio del sito (T) è stato effettuato tramite la seguente formula:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{S_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

Per quel che concerne la scheda di valutazione più idonea alla stima degli effetti litologici, si è considerata la litologia sabbiosa.

Inoltre, tenuto conto della profondità del primo strato equivalente e della velocità V_s ottenuta come media pesata (326 m/s con 9,1 metri di spessore di strato equivalente), si è considerata la curva caratteristica n. 2.

Nella seguente tabella, riportiamo i valori di T (periodo proprio del sito), calcolati ad ogni variazione di velocità:

STRATO CON VELOCITA' ONDE S COSTANTE	VALORE DI Vs	PERIODO PROPRIO (T)
da 0 metri a – 0,5 metri	478	0,004184
da – 0,5 metri a – 2,5 metri	383	0,024876
da – 2,5 metri a – 3,7 metri	318	0,039492
da – 3,7 metri a – 9,1 metri	293	0,111574
da – 9,1 metri a – 15,6 metri	318	0,193304
da – 15,6 metri a – 24 metri	429	0,266685
da – 24 metri a – 33,7 metri	459	0,346995

Tabella – periodo proprio di oscillazione ad ogni variazione di velocità delle onde S.

Si è ottenuto un valore massimo del periodo del sito T pari a 0,346.

Calcoliamo i fattori di amplificazione sia per il periodo compreso tra 0.1 e 0.5 s sia per il periodo compreso tra 0.5 e 1.5 s.

Calcolo di Fa mediante la curva n.2 della scheda “litologia sabbiosa”:

- **Fa_{0.1÷0.5 s} = 1,68**
- **Fa_{0.5÷1.5 s} = 1,52**

I valori ottenuti per i coefficienti di amplificazione propri del sito sono stati confrontati con i valori di soglia forniti dalla Regione Lombardia.

Per il comune di Brugherio, per suoli di tipo B, il valore di soglia calcolato è pari a 1,4 per il periodo compreso tra 0.1 e 0.5 s ed è pari a 1,7 per il periodo compreso tra 0.5 e 1.5 s.

Poiché risulta:

- **Fa_{0.1÷0.5 s} = 1,68 > 1,4** → Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) > Soglia comunale (FAS);
- **Fa_{0.5÷1.5 s} = 1,52 < 1,7** → 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 F_a di sito calcolato $> F_a$ 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 F_a sito $< F_a$ 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 F_a di soglia è di 1,8, quindi $>1,68$).
- **Pertanto, per il progetto dei nuovi edifici residenziali va considerata la categoria sismica di sottosuolo C, così come anticipato nel paragrafo 13.2.**

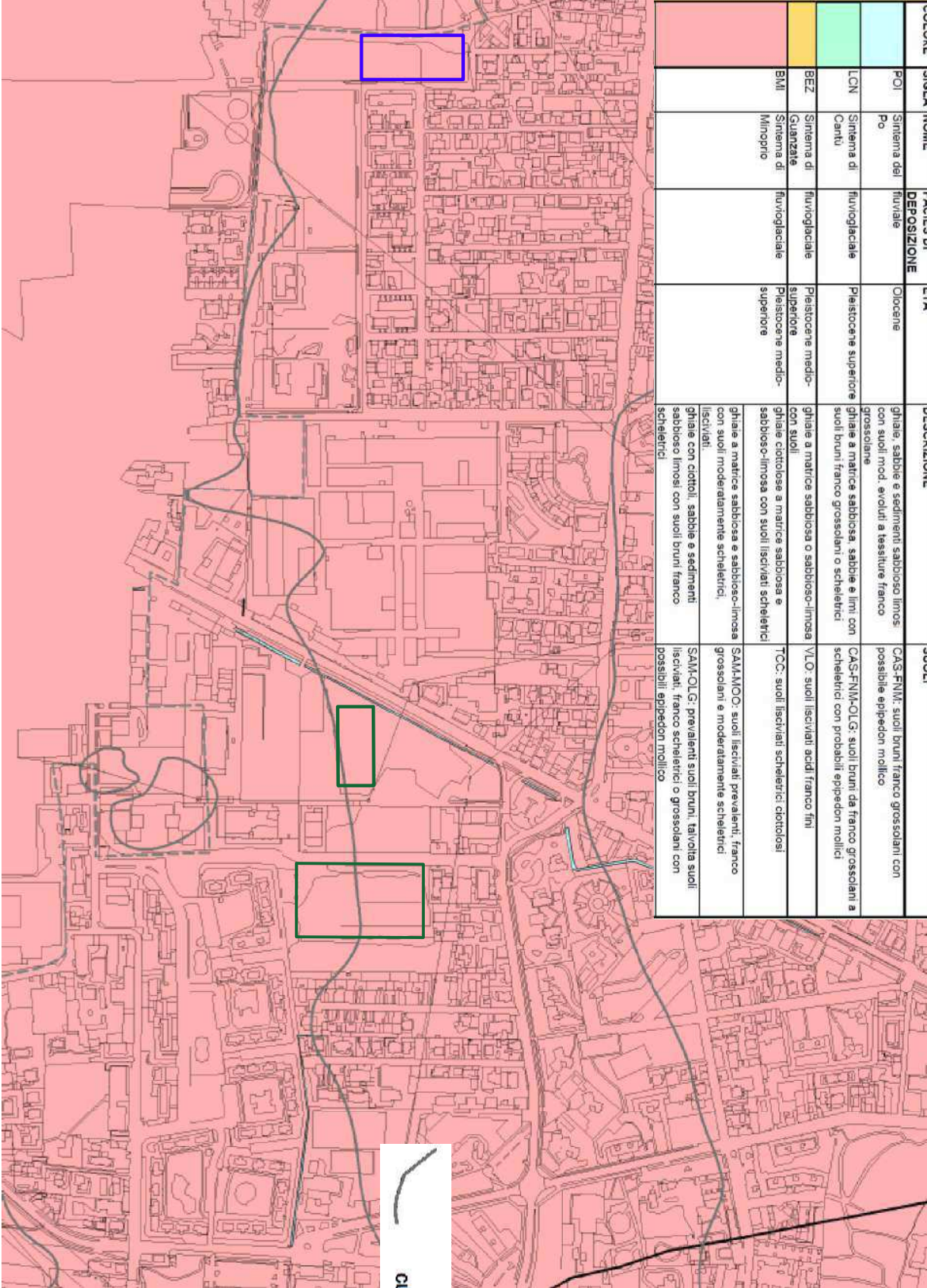
Dott. Geol. Fabio Fusina

Fabio Fusina



15 ALLEGATI

COLORE	SIGLA	NOME	FACIES DI DEPOSIZIONE	ETA'	DESCRIZIONE	SUOLI
	POI	Sistema del Po	fluviale	Olocene	ghiaie, sabbie e sedimenti sabbioso limosi con suoli mod. evoluti a tessiture franco grossolane	CAS-FNM: suoli bruni franco grossolani con possibile epipedon mollico
	LCN	Sistema di Canù	fluvio-glaciale		ghiaie a matrice sabbiosa, sabbie e limi con suoli bruni franco grossolani o scheletrici	CAS-FNM-OLG: suoli bruni da franco grossolani a scheletrici con probabili epipedon mollici
	BEZ	Sistema di Guanzale	fluvio-glaciale		ghiaie a matrice sabbiosa o sabbioso-limosa con suoli	YLO: suoli lisciviati acidi franco fini
	BMI	Sistema di Miloprio	fluvio-glaciale		ghiaie a matrice sabbiosa o sabbioso-limosa con suoli moderatamente scheletrici, lisciviati	TCC: suoli lisciviati scheletrici ciottolosi
					ghiaie a matrice sabbiosa e sabbioso-limosa con suoli moderatamente scheletrici, lisciviati	SAM-MCO: suoli lisciviati prevalenti, franco grossolani e moderatamente scheletrici
					ghiaie con ciottoli, sabbie e sedimenti sabbioso limosi con suoli bruni franco scheletrici	SAM-OLG: prevalenti suoli bruni, talvolta suoli lisciviati, franco scheletrici o grossolani con possibili epipedon mollico



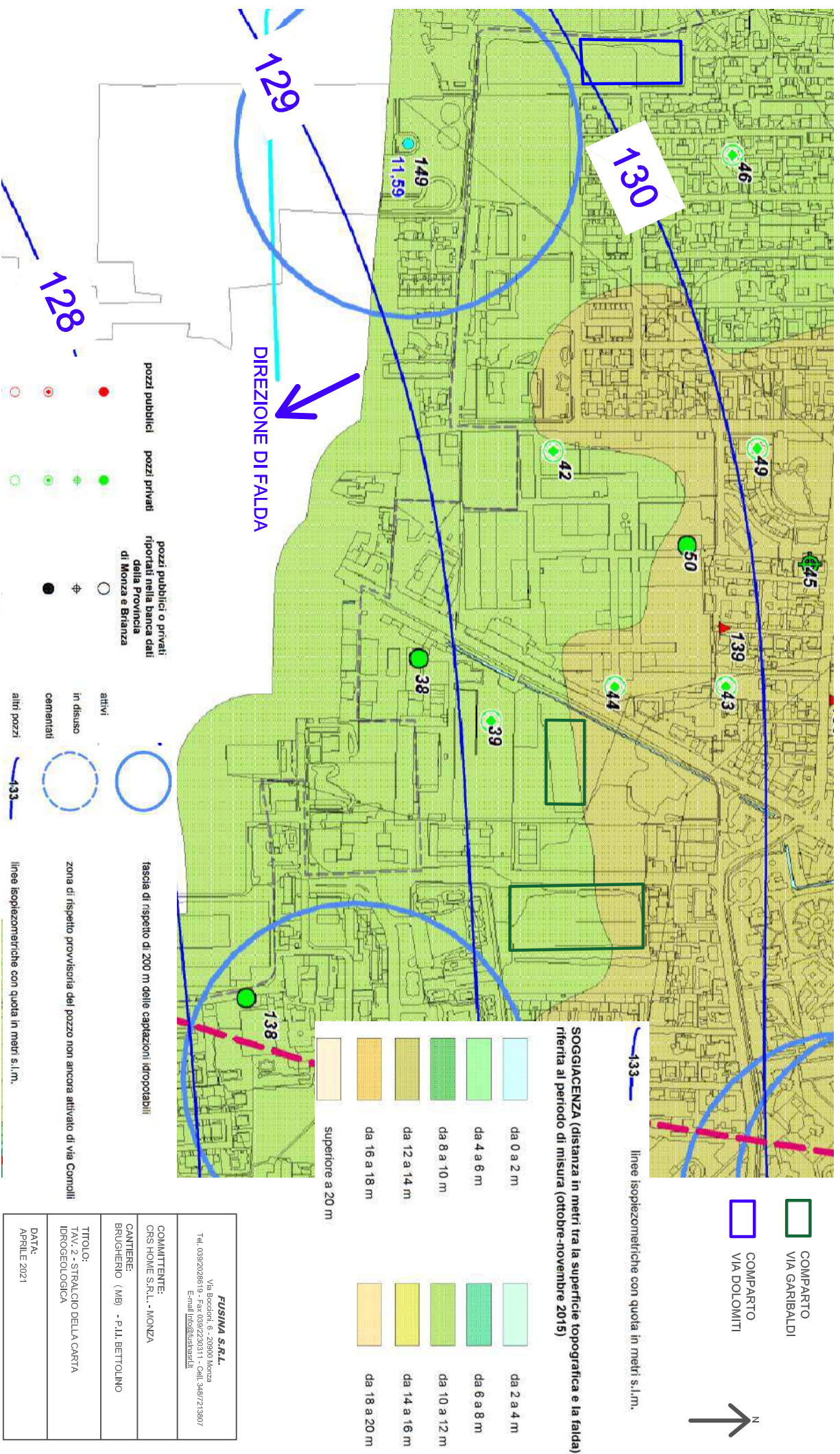
COMPARTO
VIA GARIBALDI

COMPARTO
VIA DOLOMITI

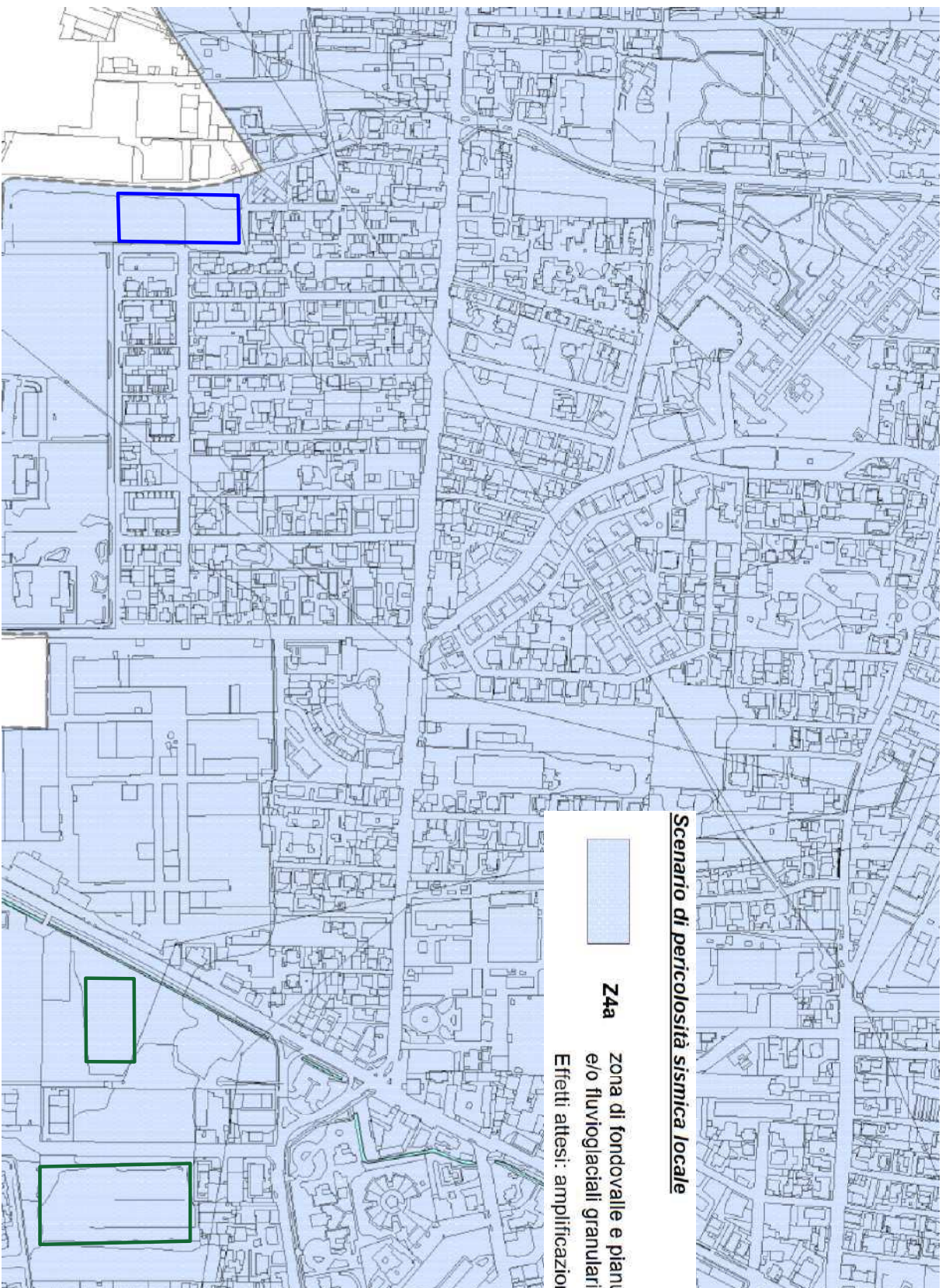
curve di livello; equidistanza 2 m



FUSINA S.R.L. Via Brocchi 6 - 26090 Monza Tel. 039/2028019 - Fax 039/2030311 - Cell. 348/213807 E-mail info@fusinasrl.it
COMMITTENTE: GRS HOME S.R.L. - MONZA
CANTIERE: BRUGHERIO (MB) - P.L. BETTOLINO
TITOLO: TAV. 1 - STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA
DATA: APRILE 2021



<p>FUSINA S.R.L.</p> <p>Via Becchi, 6 - 20900 Monza Tel. 039/2028619 - Fax 039/2230311 - Cell. 3467213807 E-mail info@fusina.it</p>	<p>COMMITTENTE: CRS HOME S.R.L. - MONZA</p>	<p>CANTIERE: BRUGHERIO (MB) - P.I.L. BETTOLINO</p>	<p>TITOLO: TAV. 2: STRALCIO DELLA CARTA IDROGEOLOGICA</p>	<p>DATA: APRILE 2021</p>
--	---	--	--	--------------------------------------



Scenario di pericolosità sismica locale

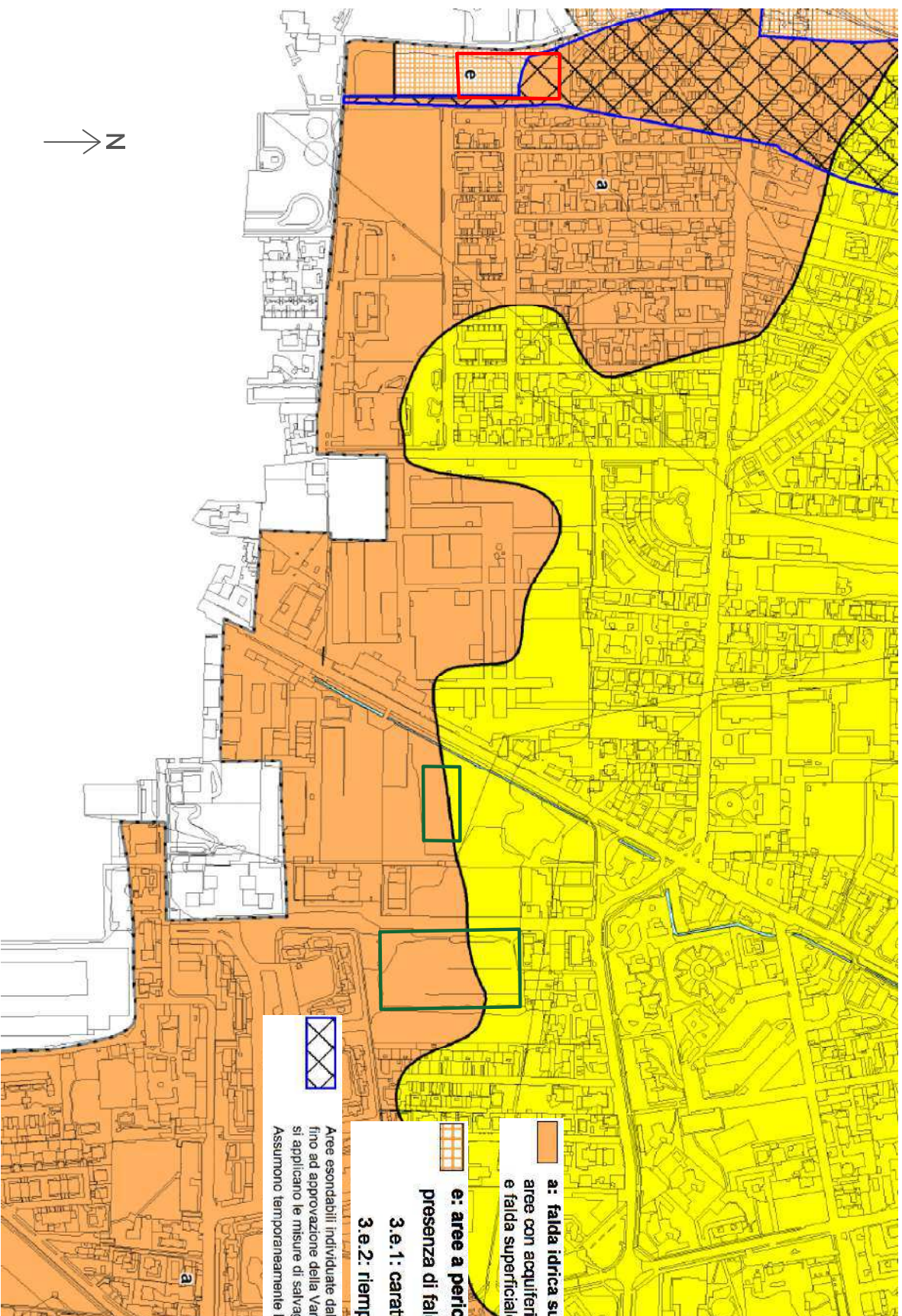
- Z4a** zona di fondovalle e pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio glaciali granulari e/o coesivi
Effetti attesi: amplificazioni litologiche e geometriche

COMPARTO
VIA GARIBALDI

COMPARTO
VIA DOLOMITI



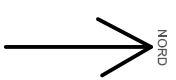
FUSIMA S.R.L. Via Bocconi, 6 - 20900 Monza Tel. 039/2028619 - Fax 039/2230311 - Cell. 346/7213807 E-mail: info@fusimastile.it	
COMMITTENTE:	CRS HOME S.R.L. - MONZA
CANTIERE:	BRUGHERIO (MB) - P.L. BETTOLINO
TITOLO:	TAV. 4 - STRALCIO DELLA CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE
DATA:	APRILE 2021



FUSINA S.R.L.	
Via Bocconi, 6 - 20090 Monza	
Tel. 039/2028618 - Fax 039/2283311 - Cdi. 348/219807	
E-mail: info@fusina.it	
COMMITTENTE:	GRS HOME S.R.L. - MONZA
CANTIERE:	BRUGHERIO (MB) - P.L. BETTOLINO
TITOLO:	TAV. 5 - STRALCIO DELLA CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA
DATA:	APRILE 2021



- PROVE PENETROMETRICHE
- PROVE DI PERMEABILITA'
- PROVA SISMICA MASW (2017)



FUSINA S.R.L. Via Boccadori, 6 - 20090 Monza Tel. 039/2228619 - Fax 039/2220311 - Cell. 3487213807 E-mail: info@fusina.it	
COMMITTENTE:	CRS HOME S.R.L. - MONZA
CANTIERE:	BRUGHERIO (MB) - P.I.I. BETTOLINO
TITOLO:	TAV. 6A - UBICAZIONE DELLE INDAGINI RECENTI
DATA:	APRILE 2021

TAV. 6B - UBICAZIONE PROVE 2004

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

GEOTECHNICAL SYSTEMS

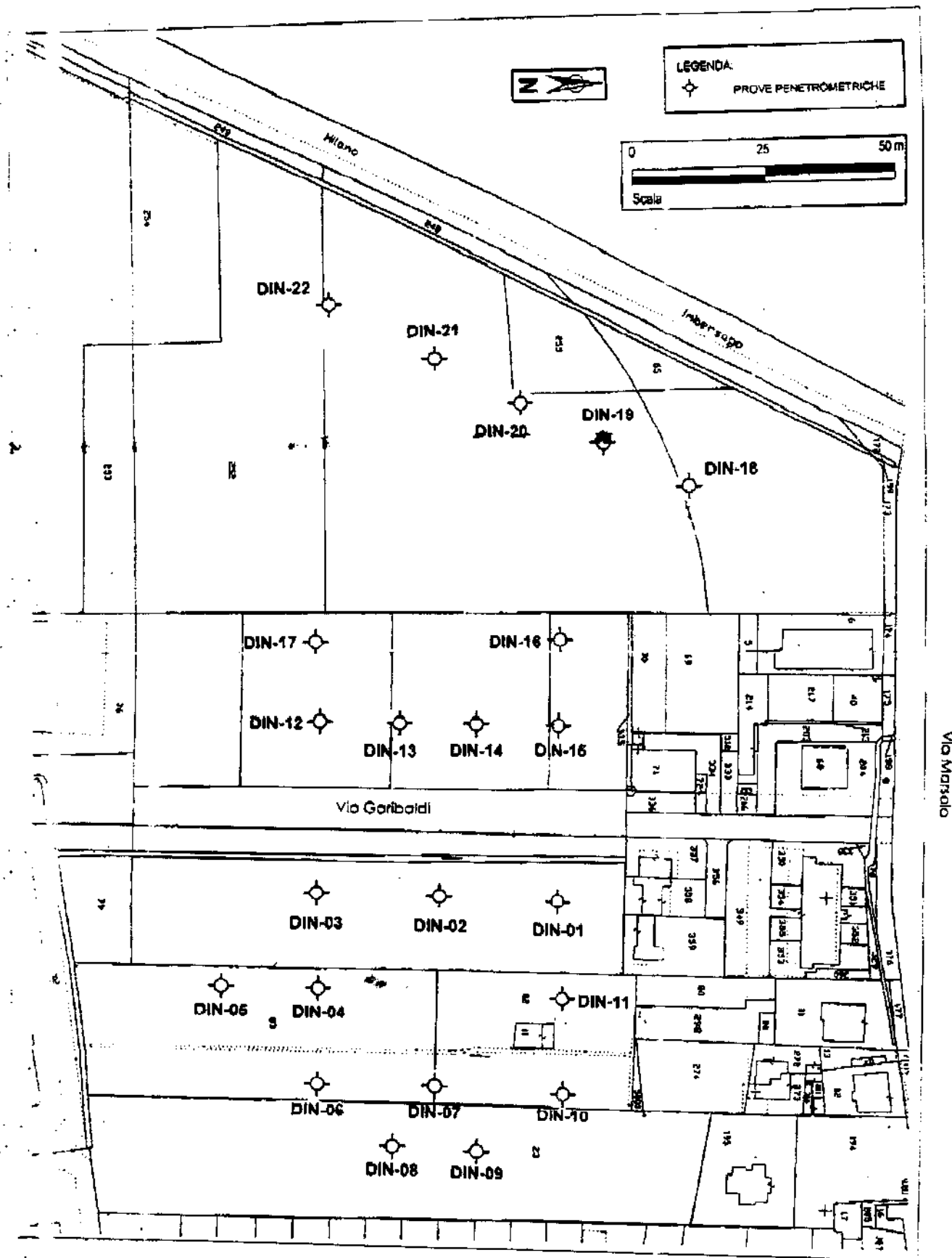


FIGURA 02

UBICAZIONE PLANIMETRICA INDAGINI ESEGUITE

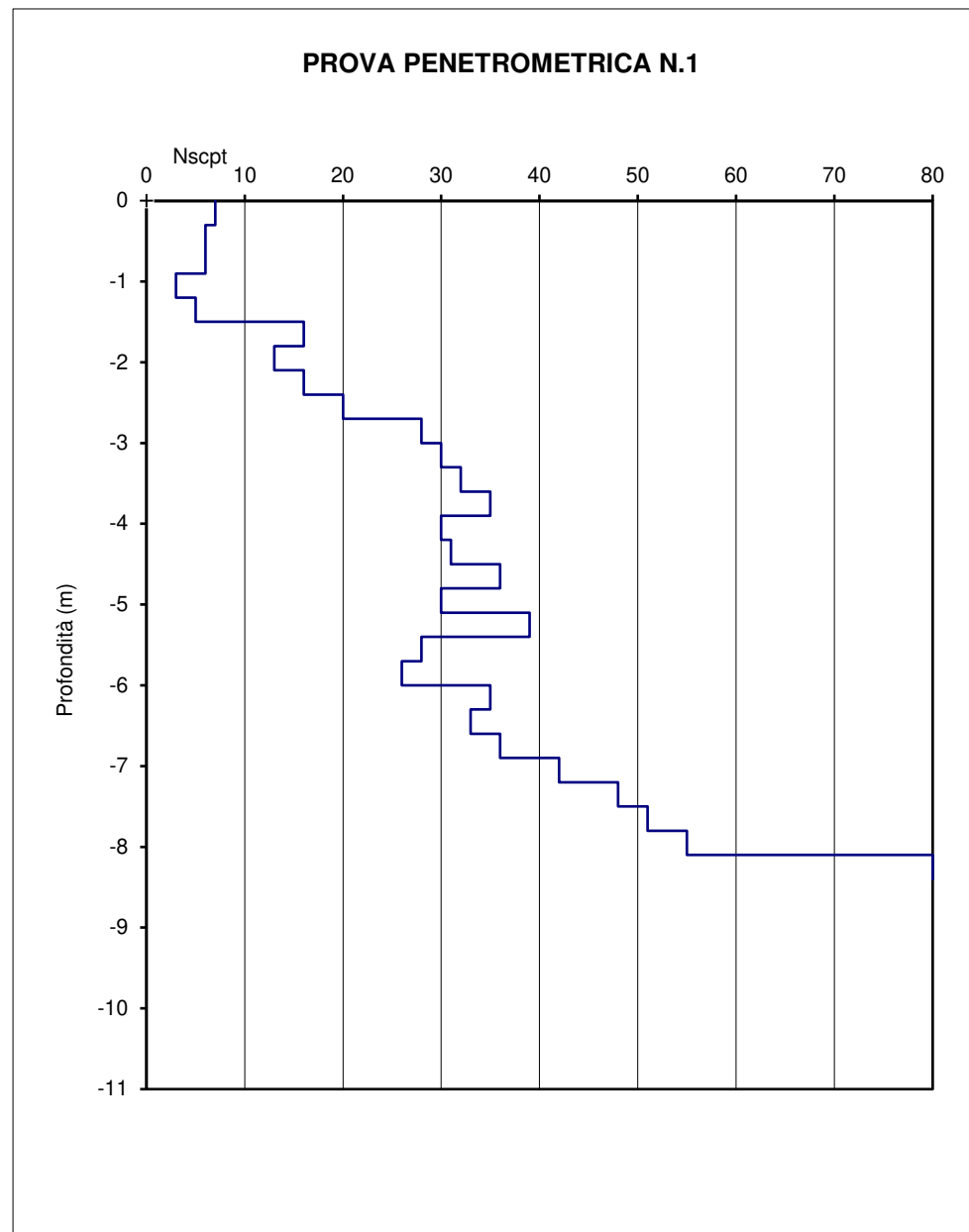
PROVE PENETROMETRICHE
MARZO 2021

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.

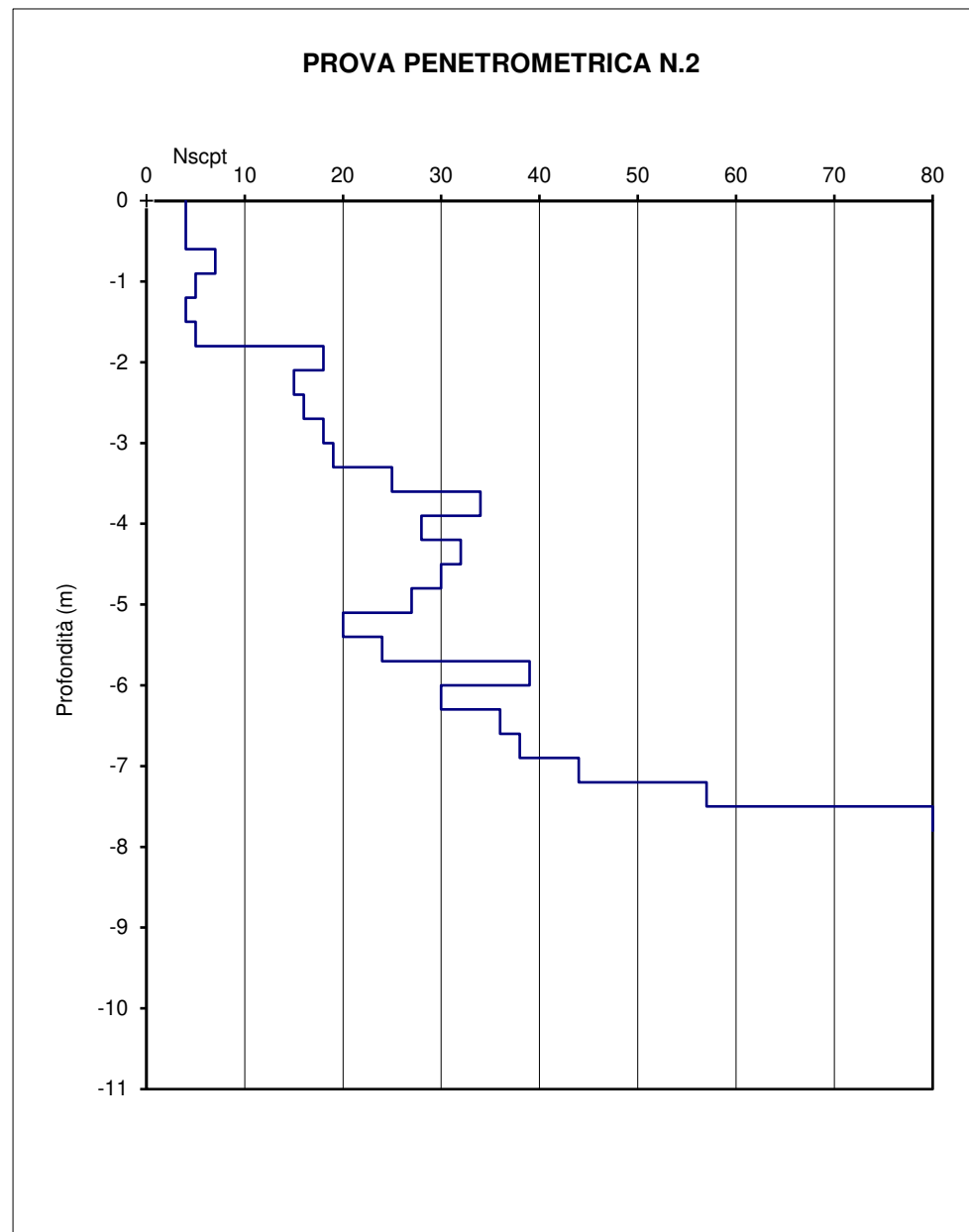
Via Boccioni, 6 - 20052 Monza
 tel. 039/2028619

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.

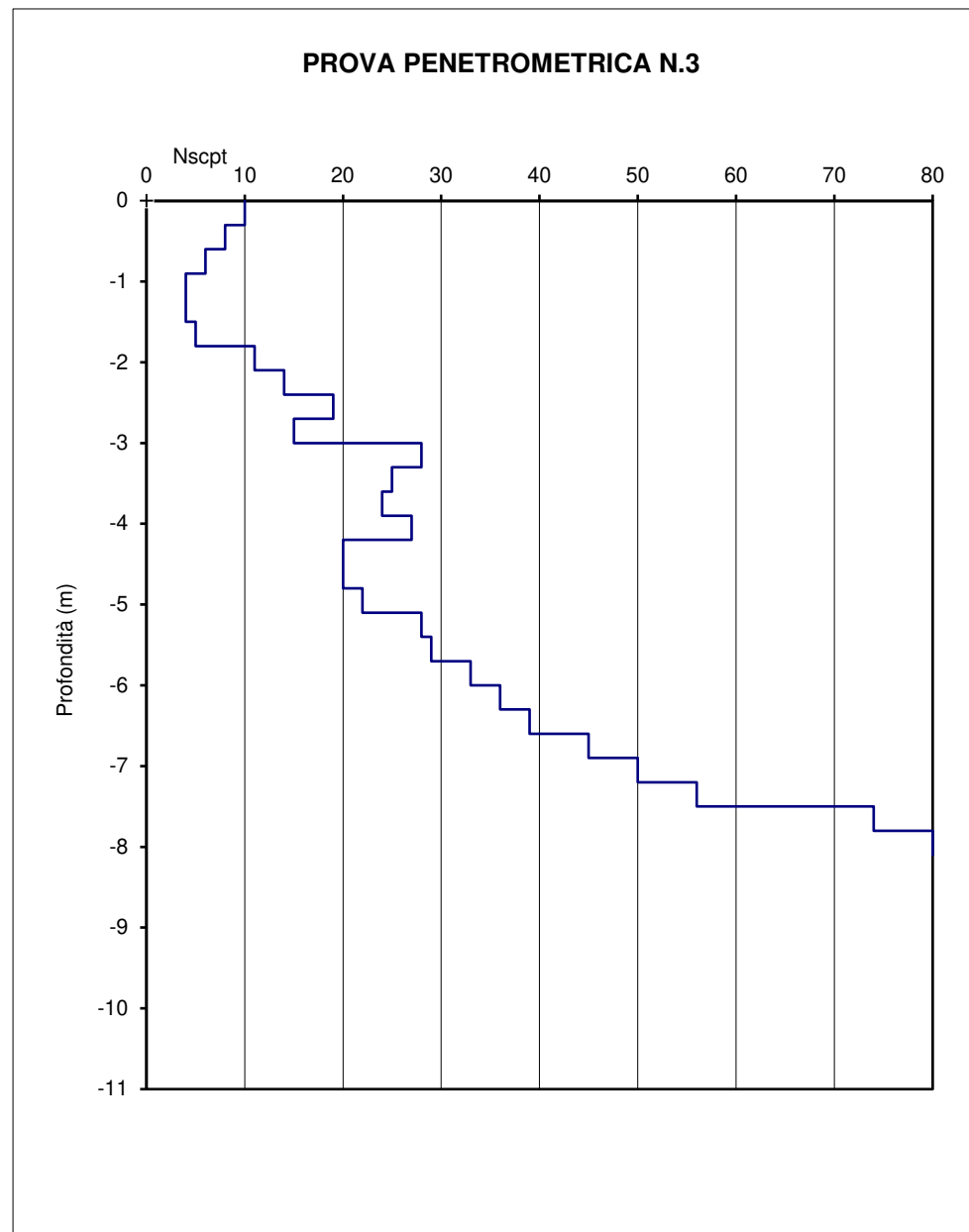
Via Boccioni, 6 - 20052 Monza
 tel. 039/2028619

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		



FUSINA S.R.L.

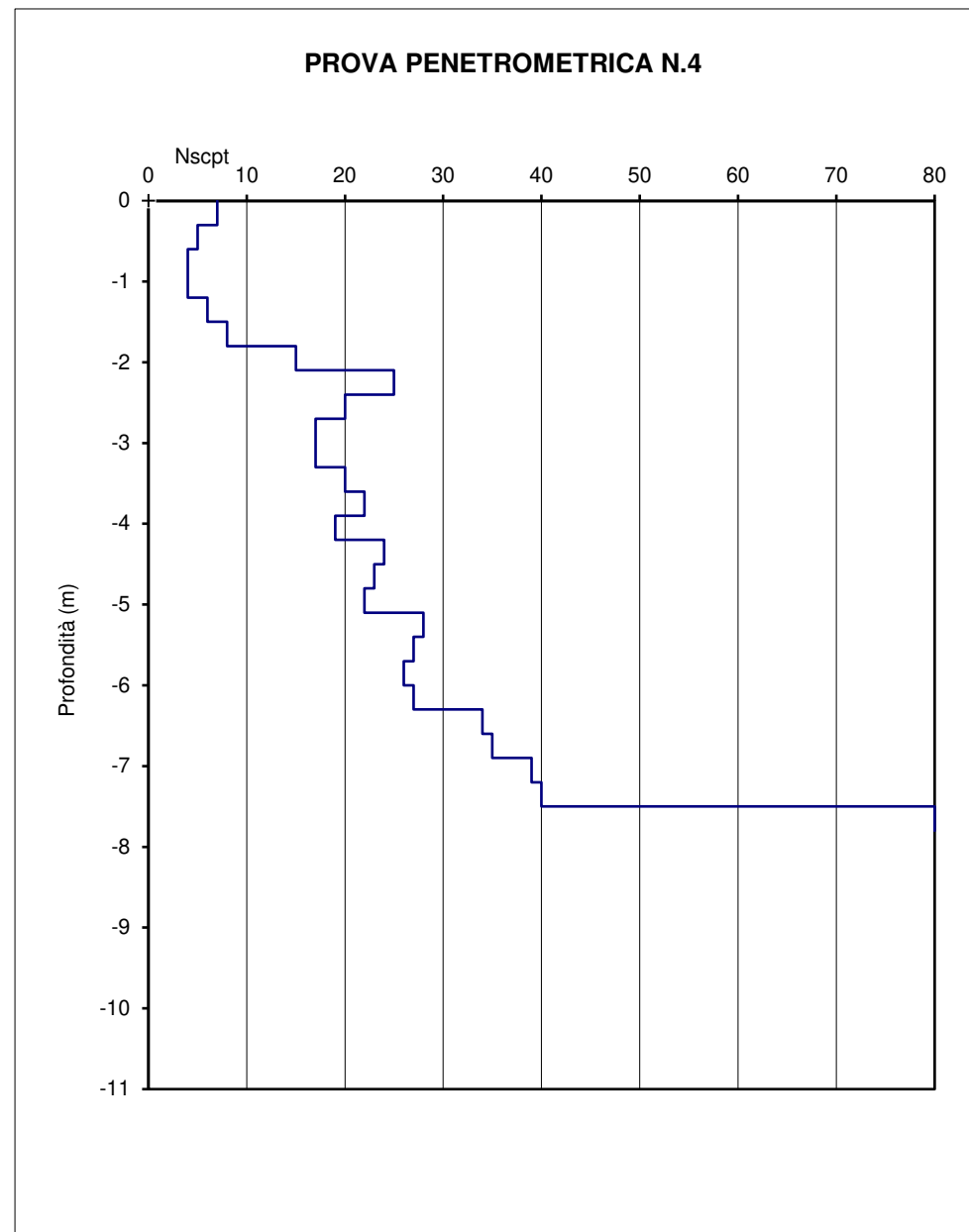
Via Boccioni, 6 - 20052 Monza
 tel. 039/2028619

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.

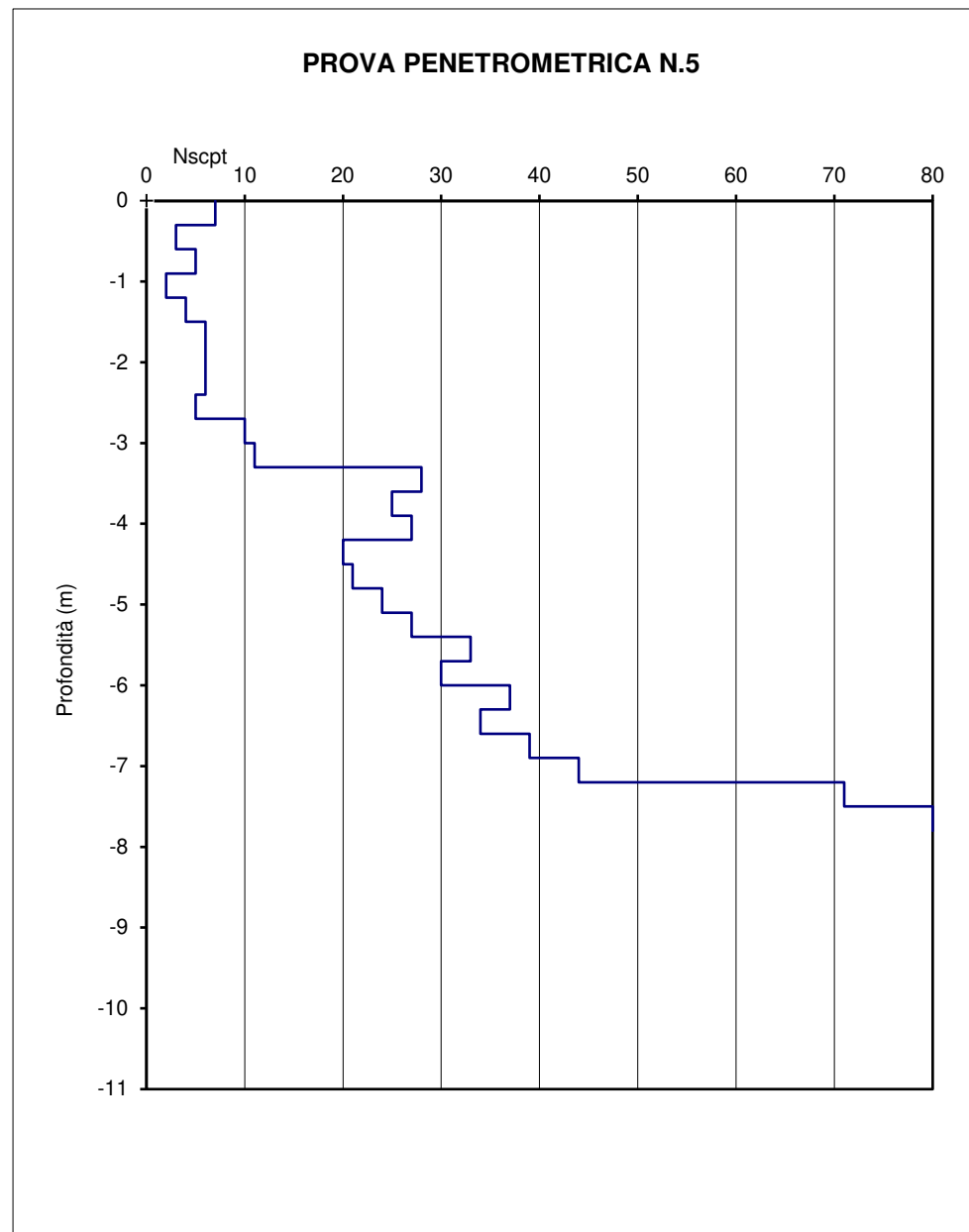
Via Boccioni, 6 - 20052 Monza
 tel. 039/2028619

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

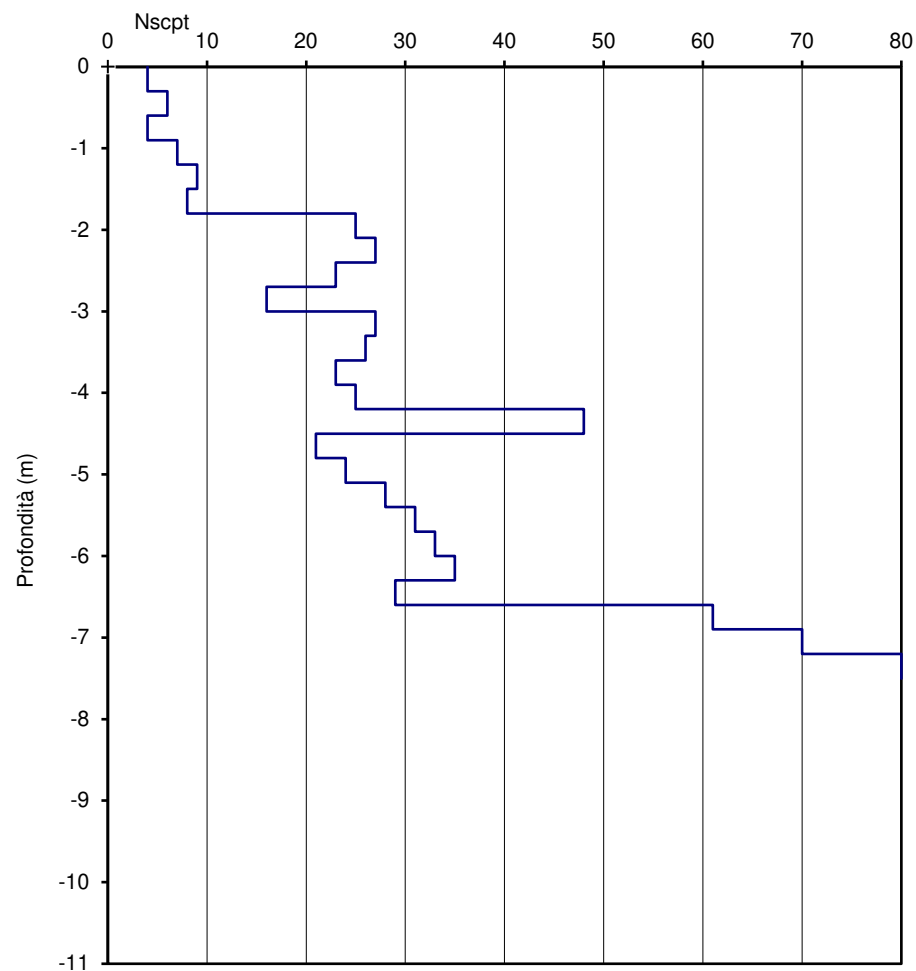
DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE : 31/03/2021

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

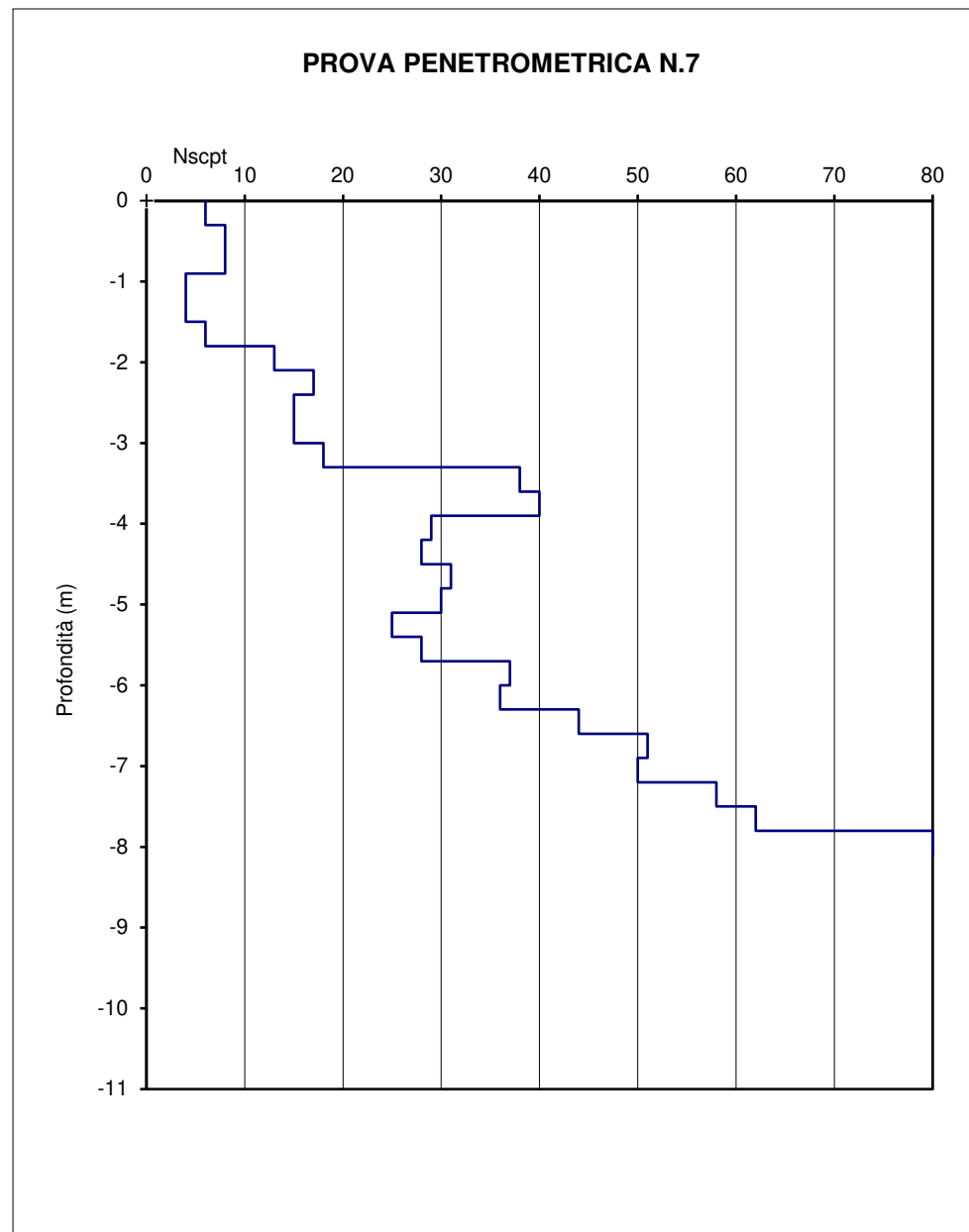
tel. 039/2028619

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

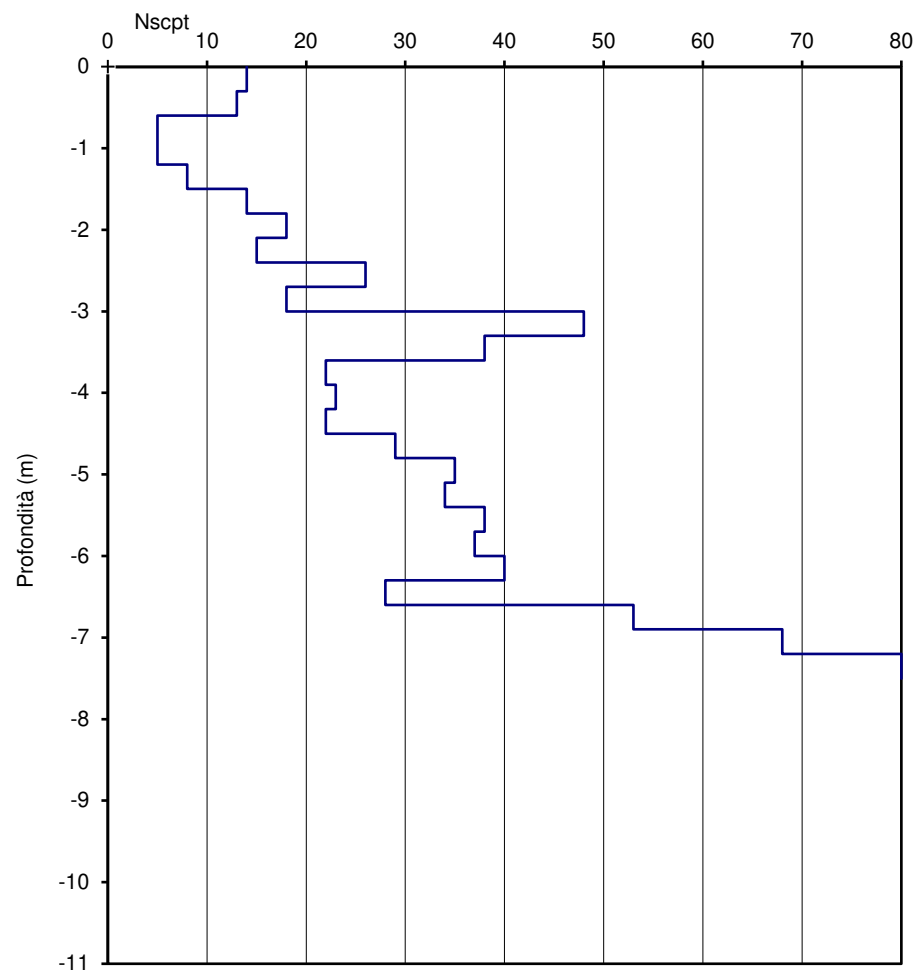
DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE : 31/03/2021

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		

PROVA PENETROMETRICA N.8



FUSINA S.R.L.

Via Boccioni, 6 - 20052 Monza

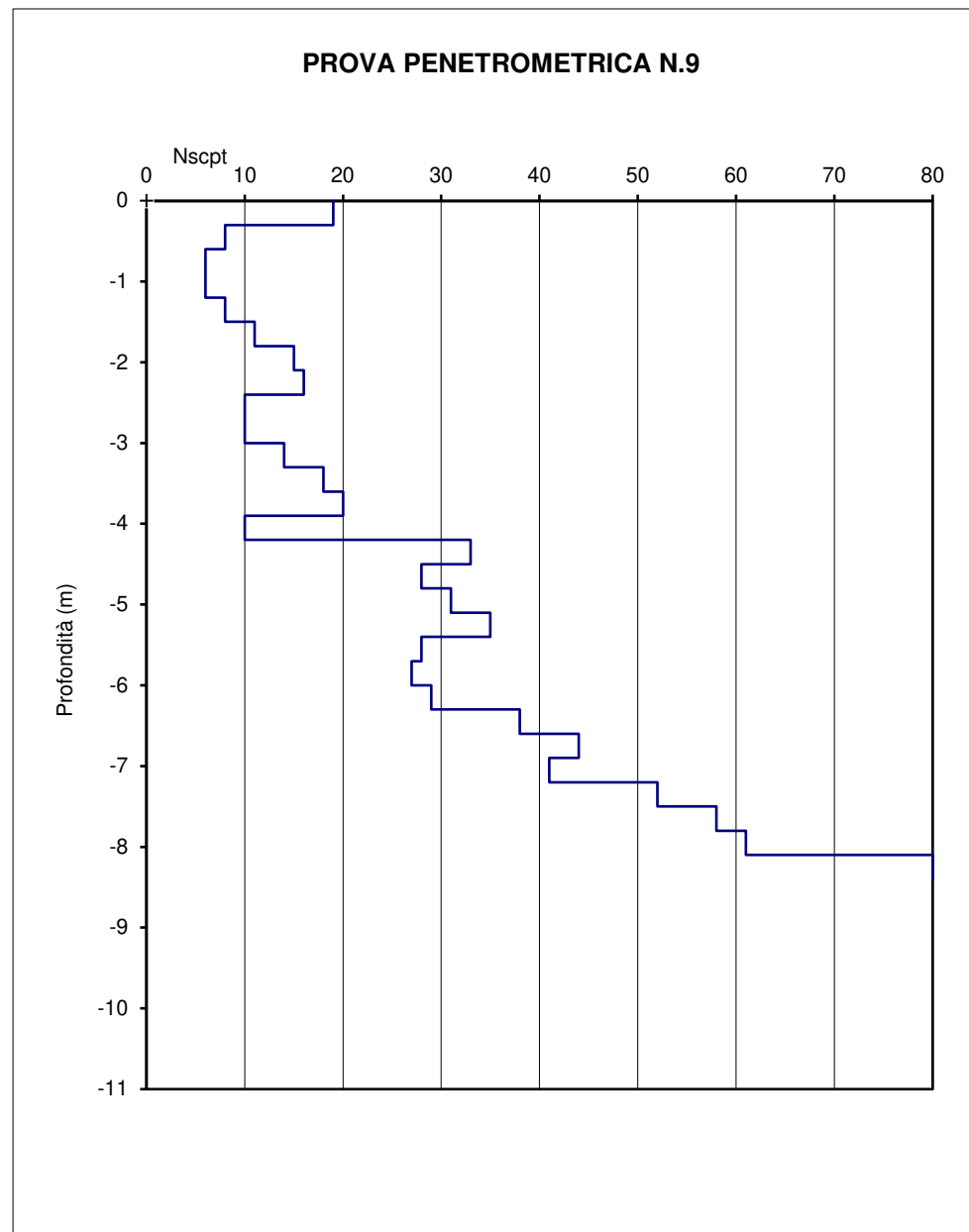
tel. 039/2028619

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

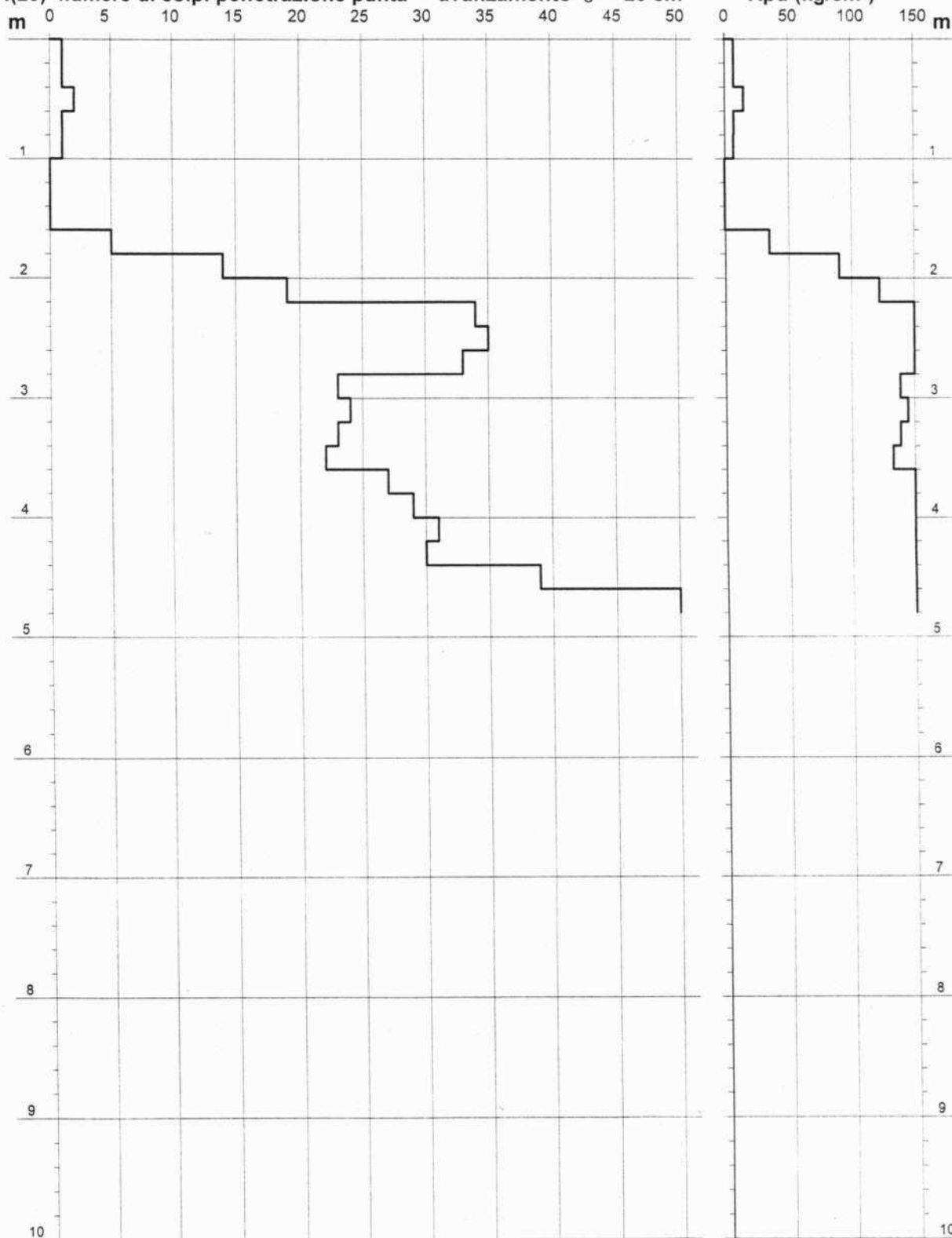
Scala 1: 50

- 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

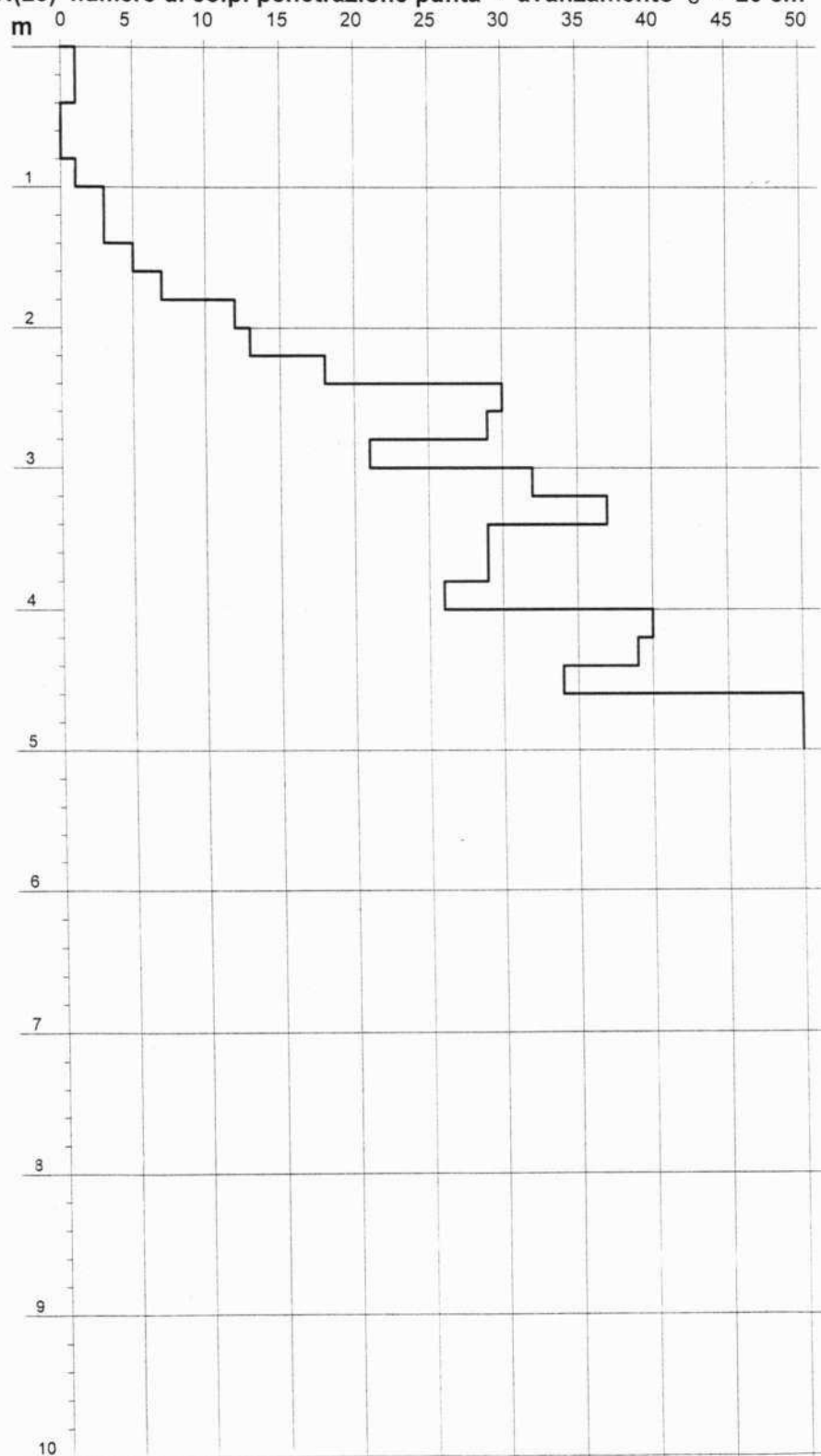
DIN 2

Scala 1: 50

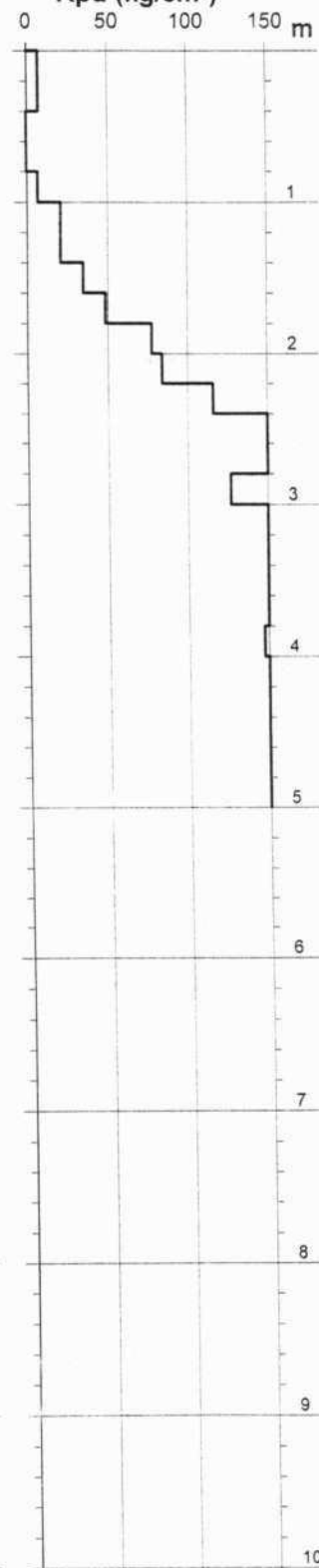
- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- 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

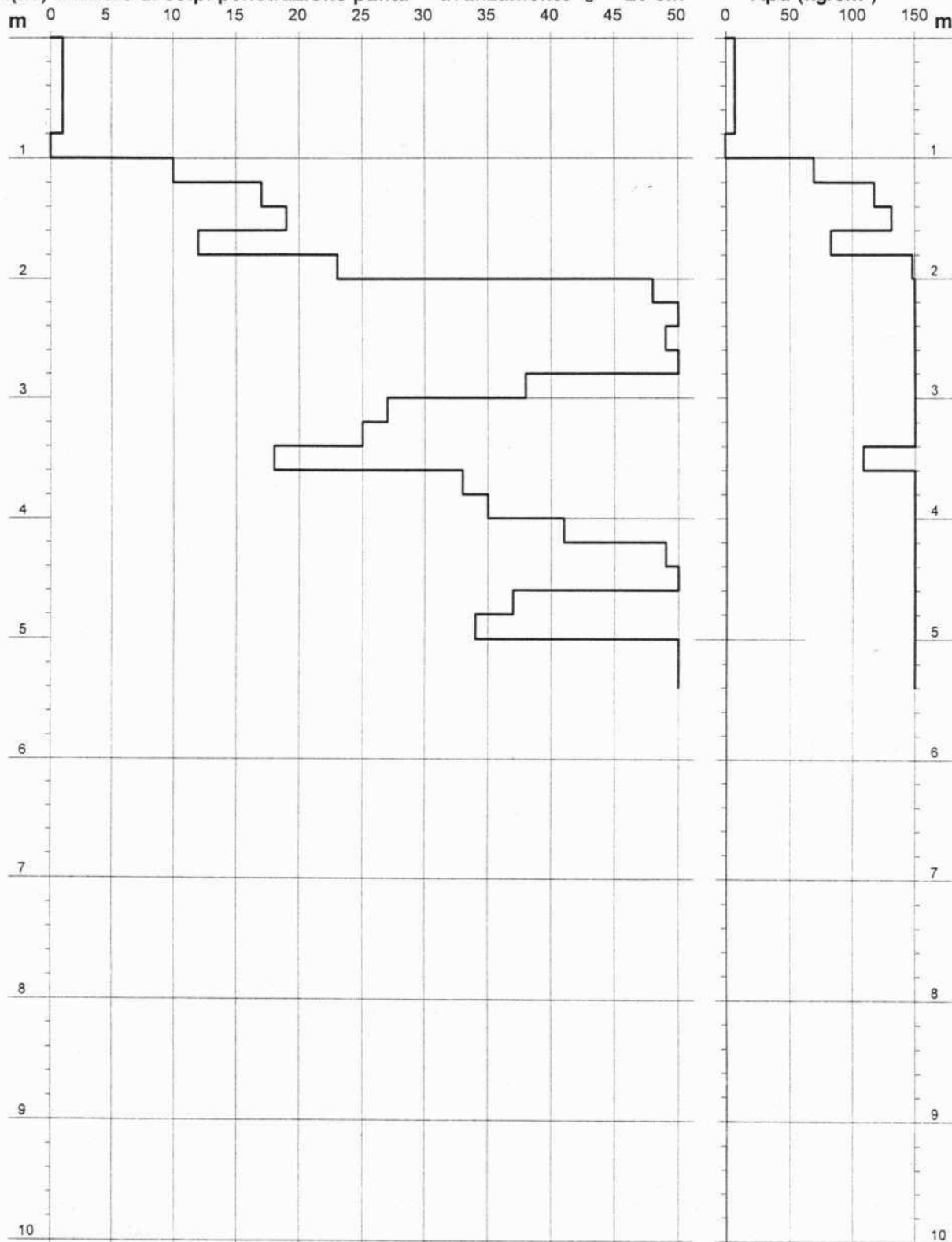
Scala 1: 50

- 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

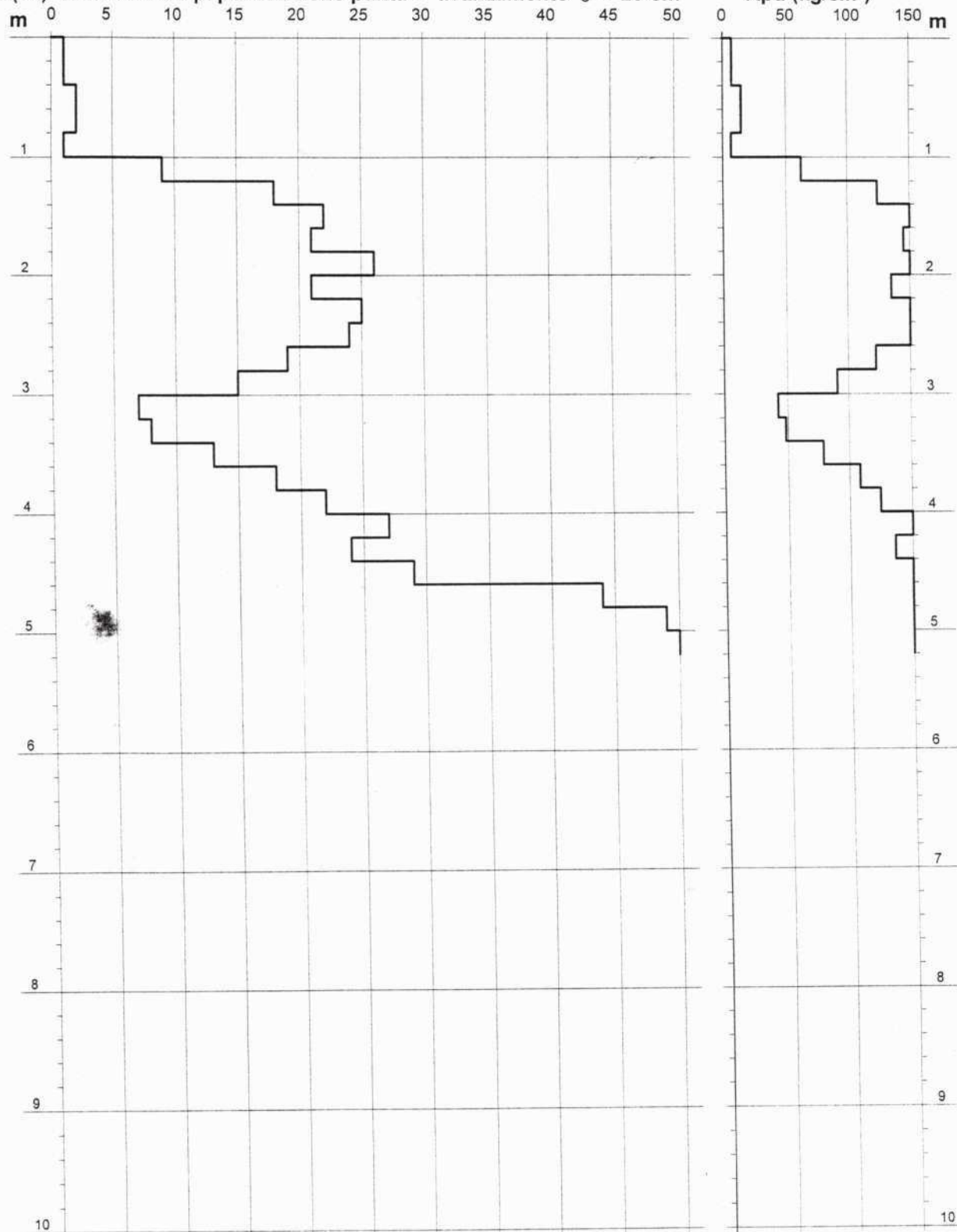
DIN 4

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

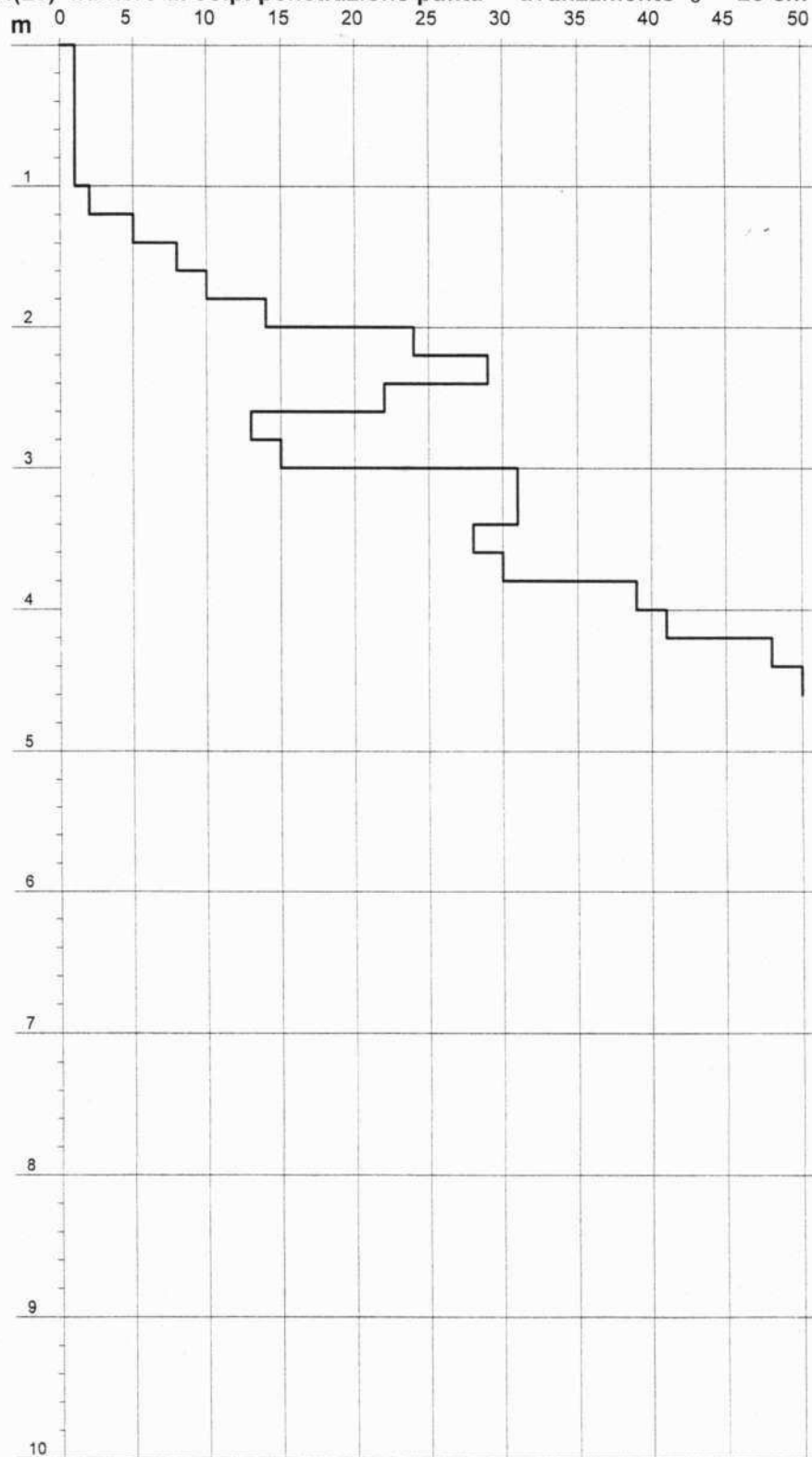
DIN 5

Scala 1: 50

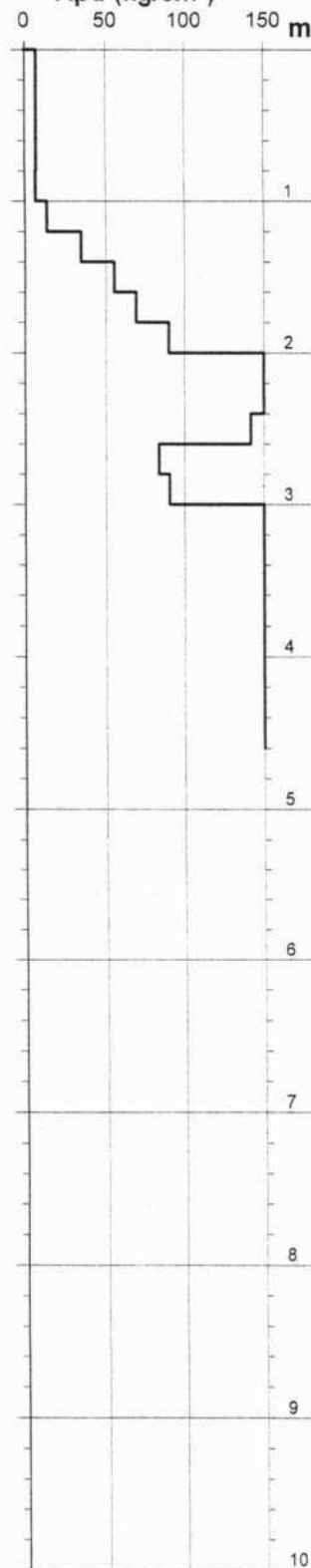
- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- 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

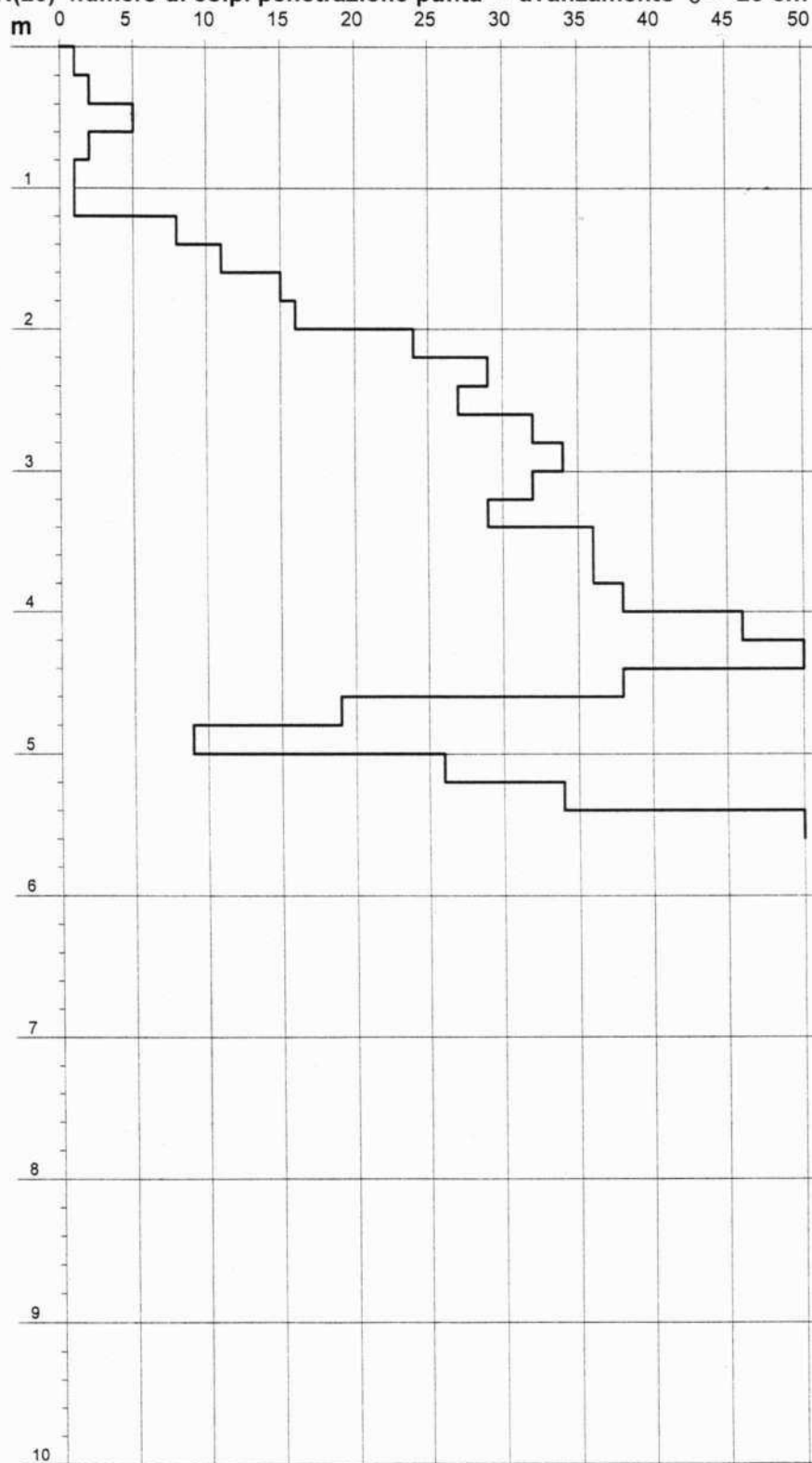
DIN 6

Scala 1: 50

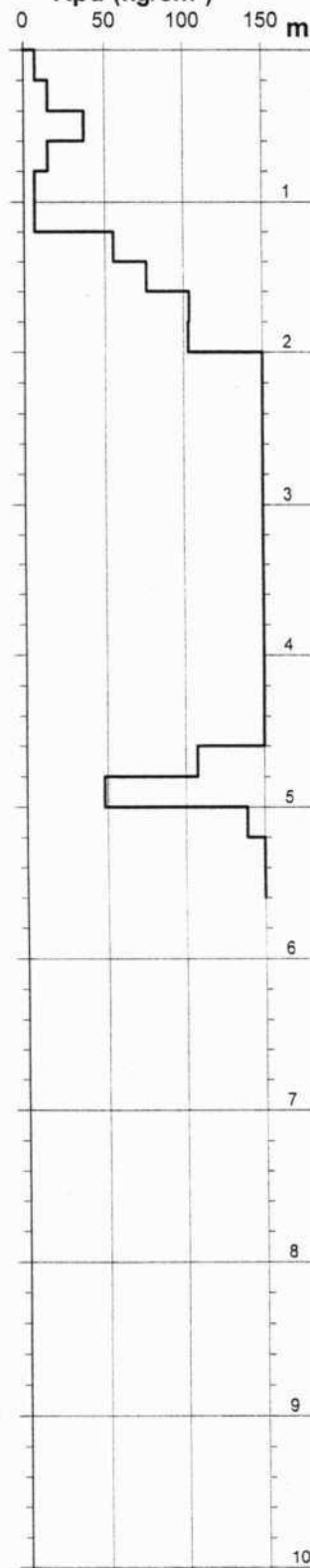
- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- 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

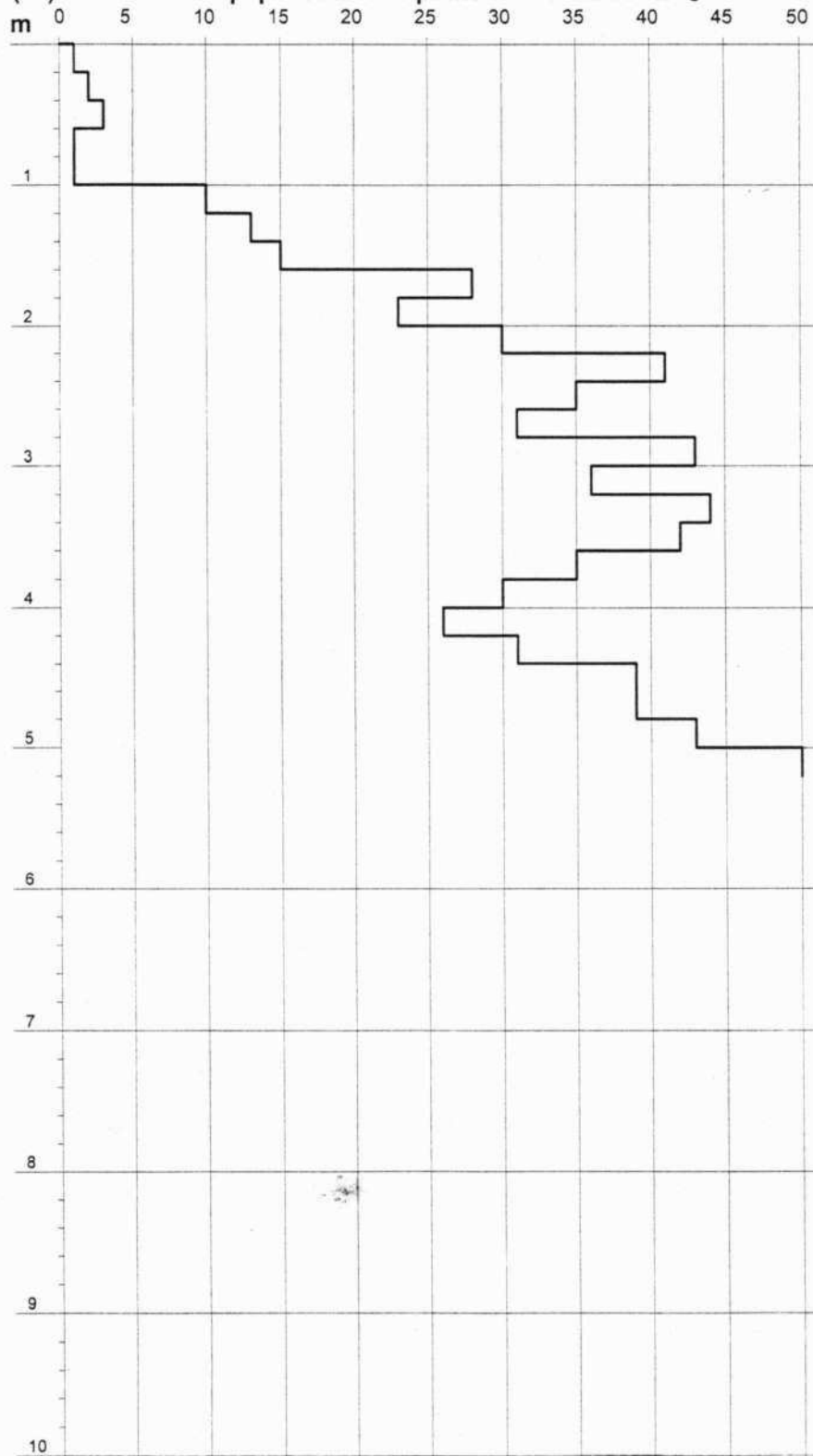
DIN 7

Scala 1: 50

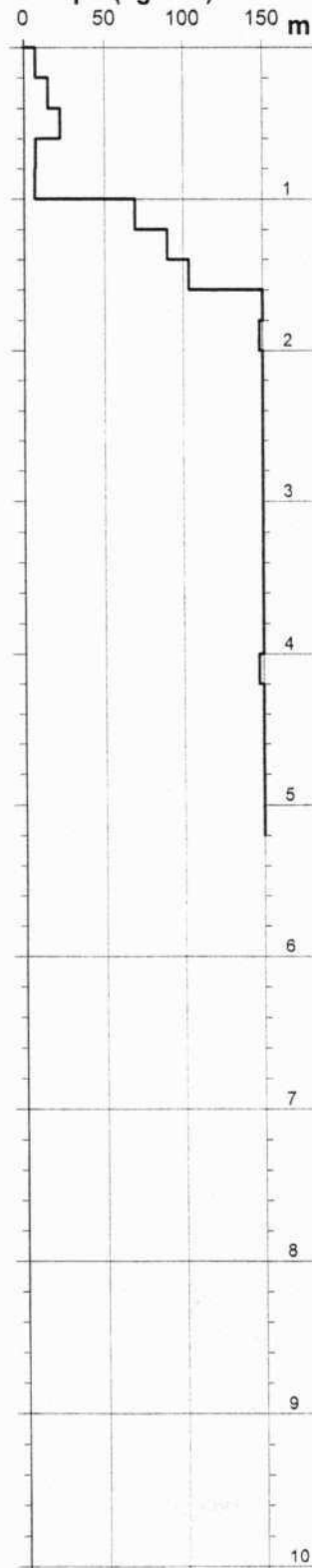
- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- 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

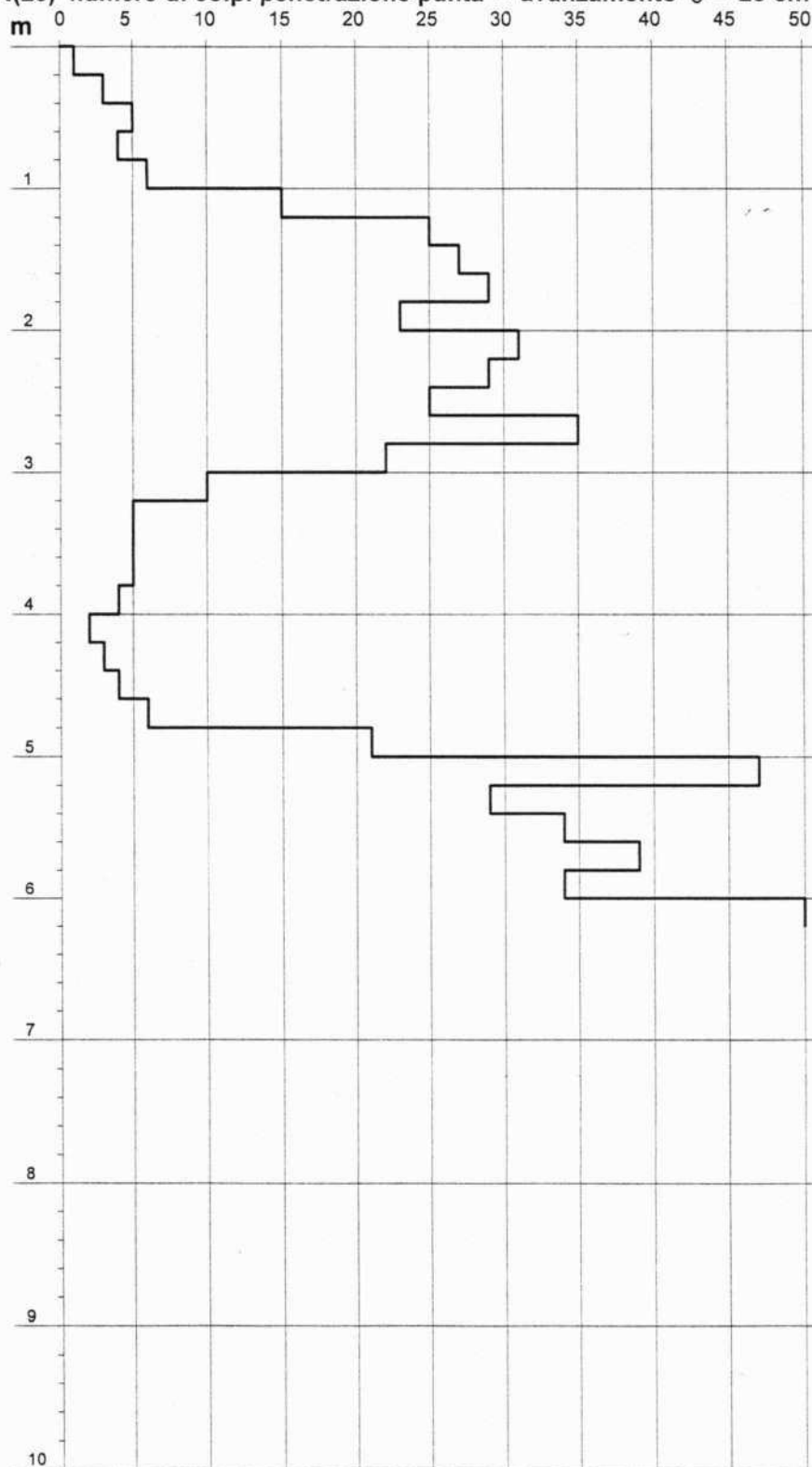
DIN 8

Scala 1: 50

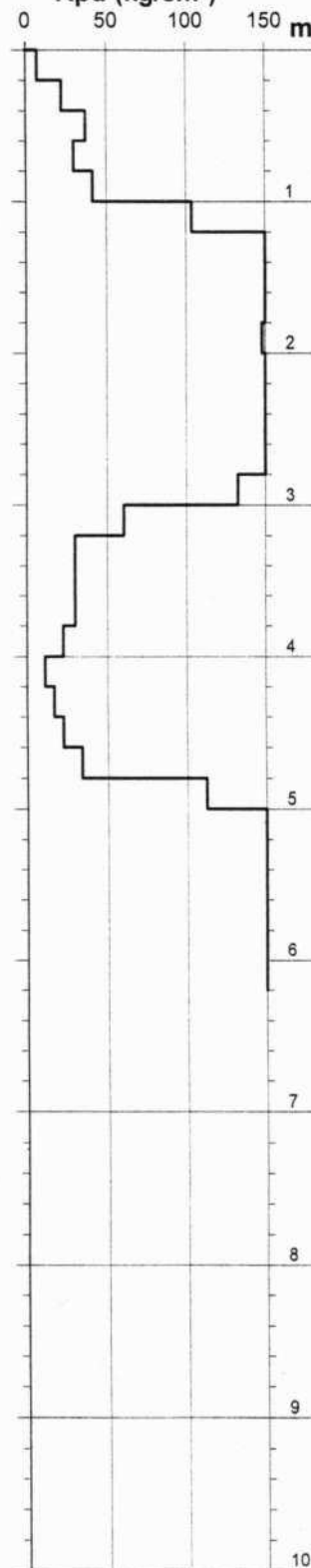
- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- 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

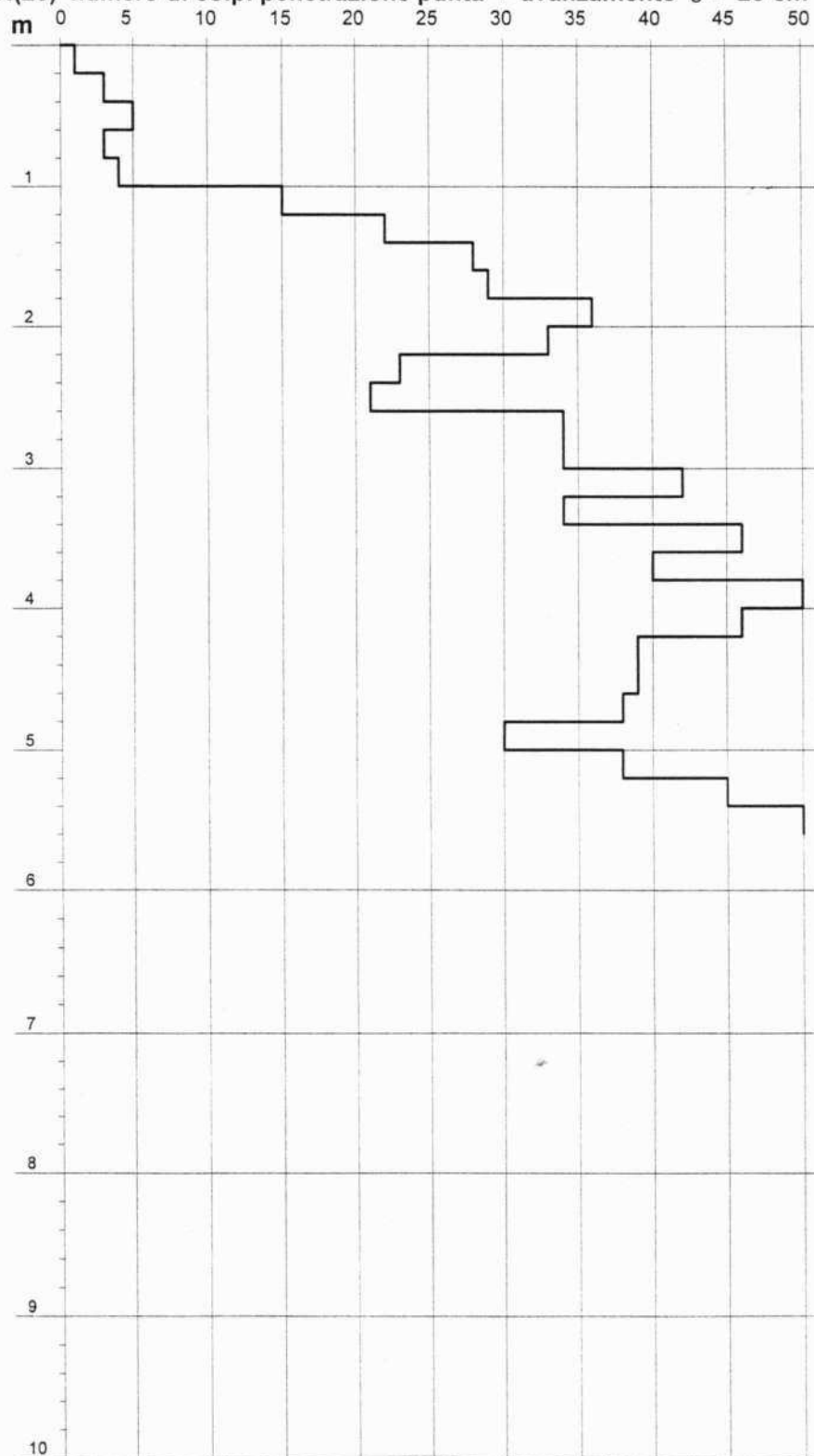
DIN 9

Scala 1: 50

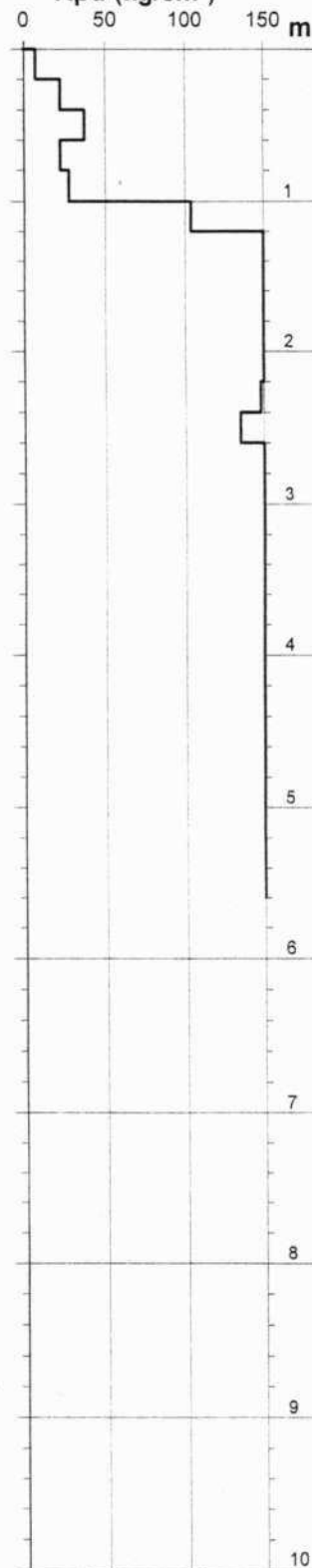
- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- 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

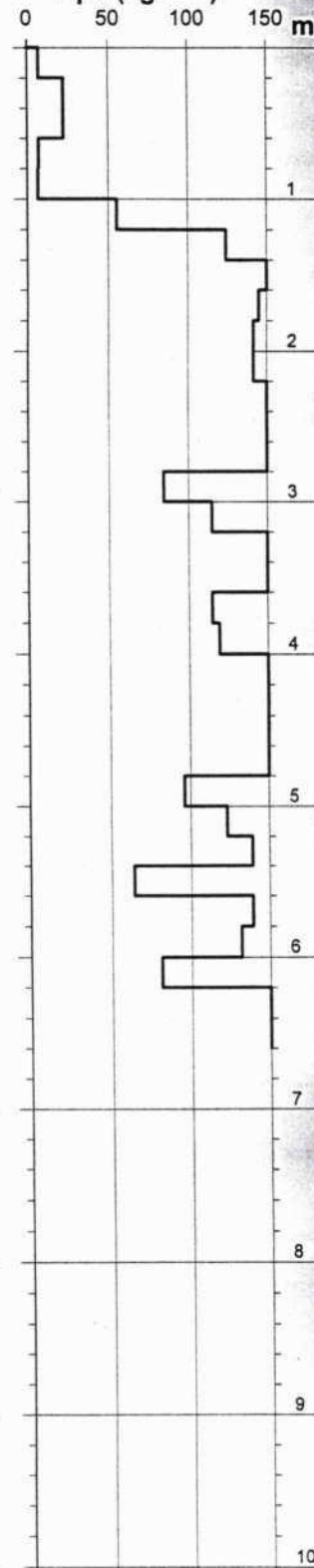
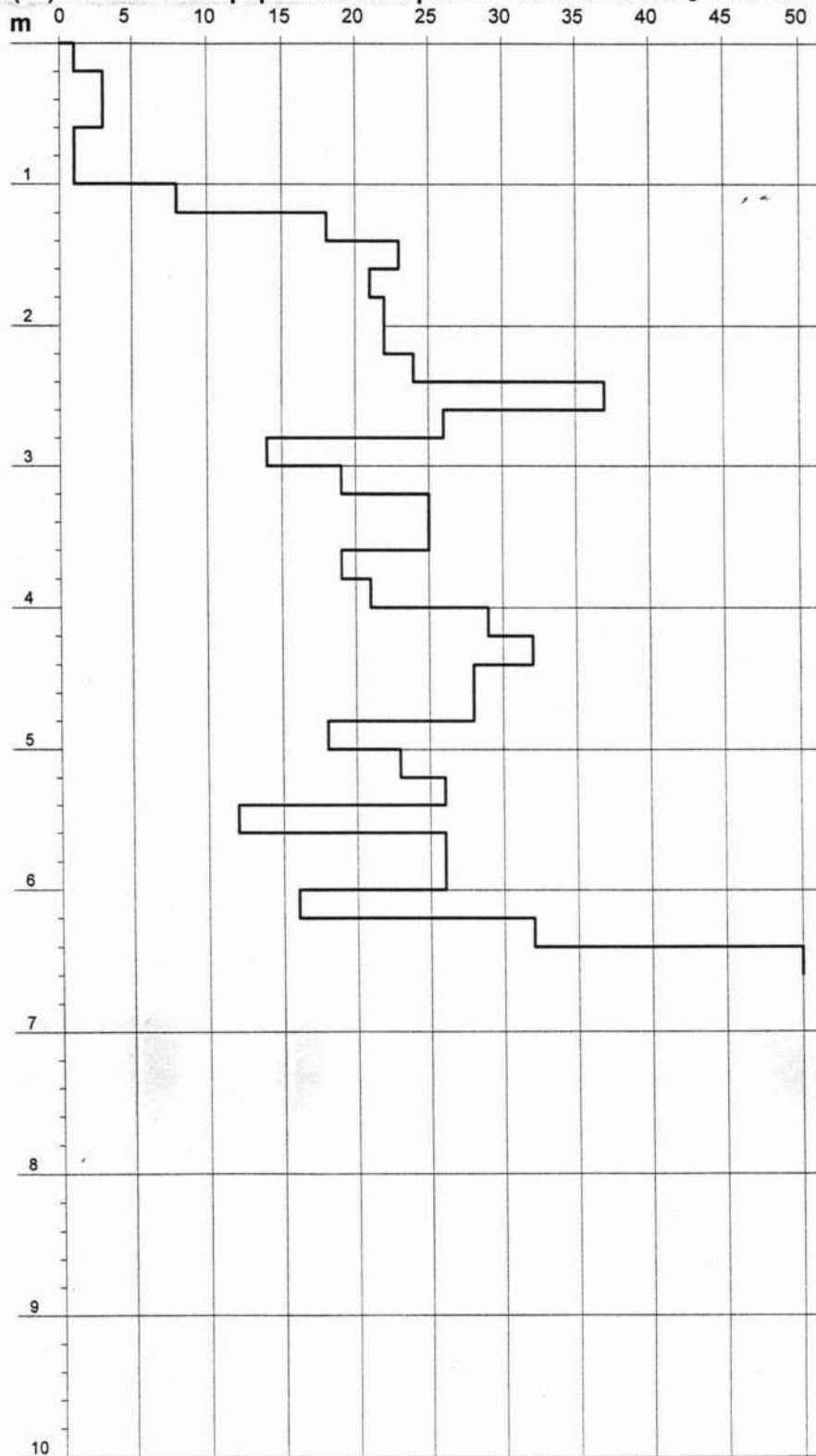
Scala 1: 50

- 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

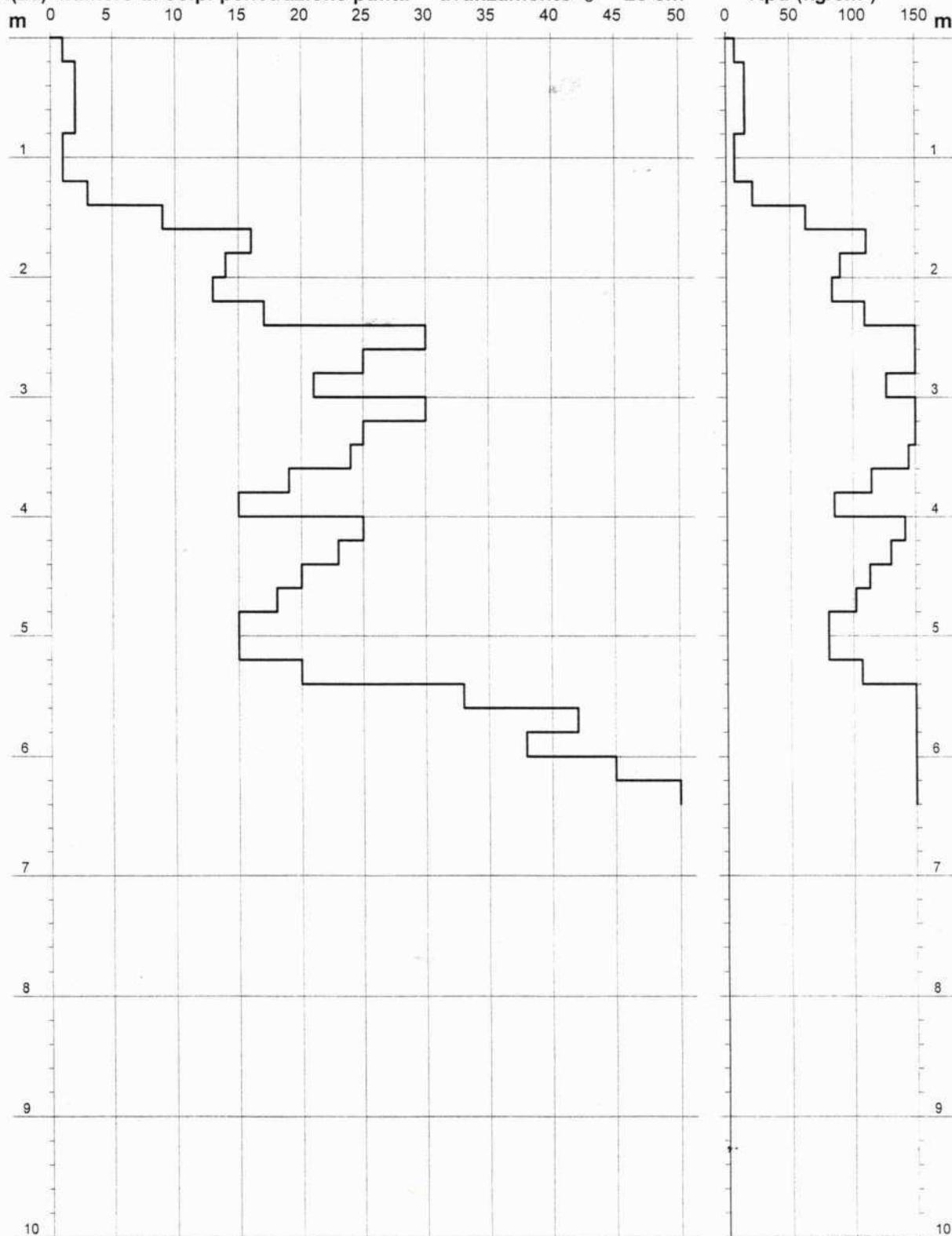
Scala 1: 50

- 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

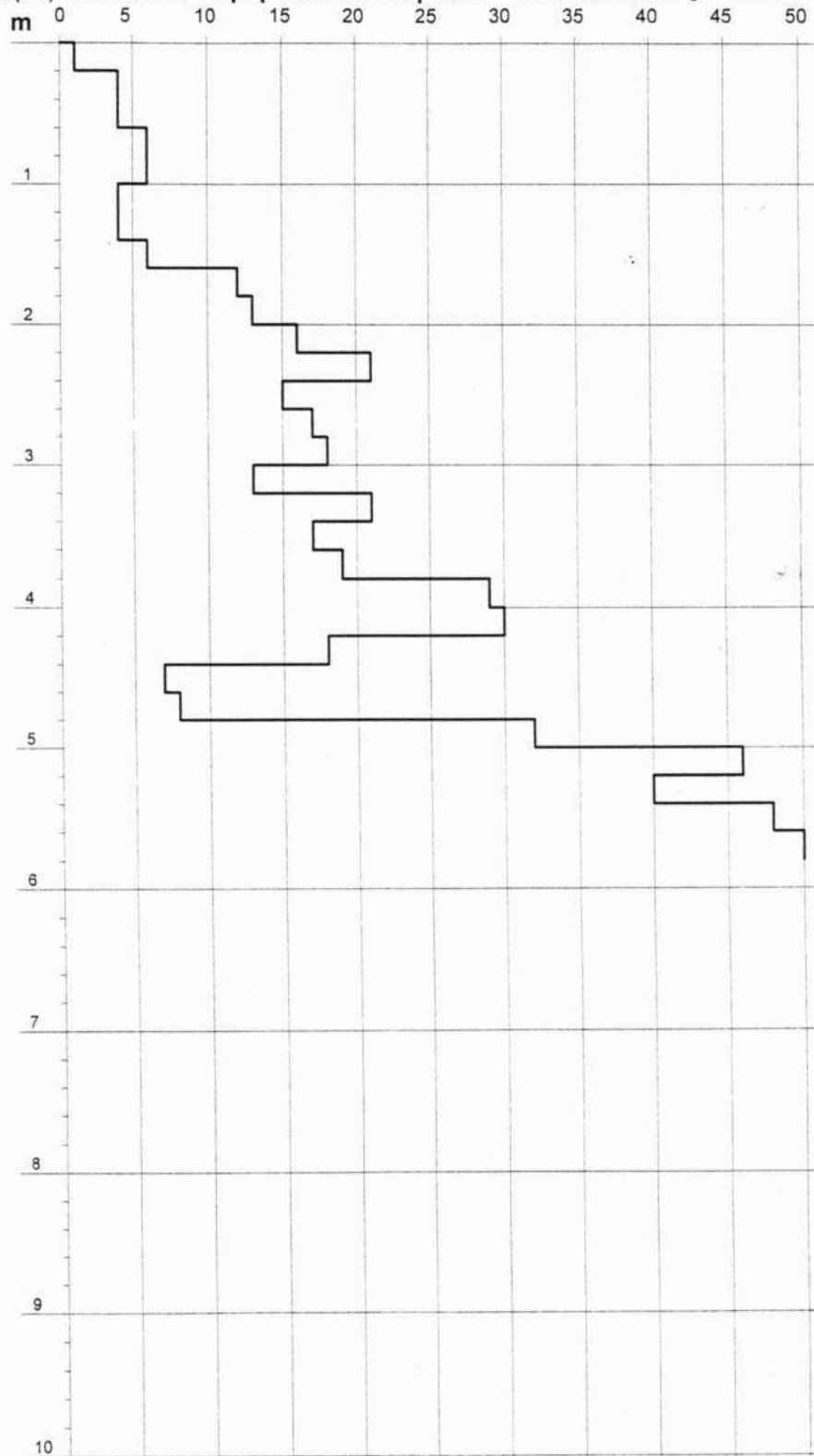
DIN 12

Scala 1: 50

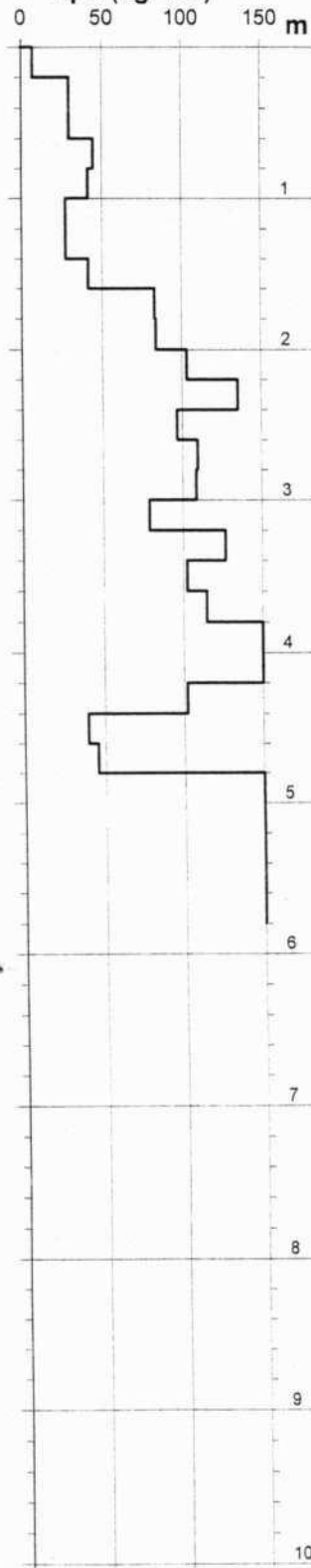
- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- 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

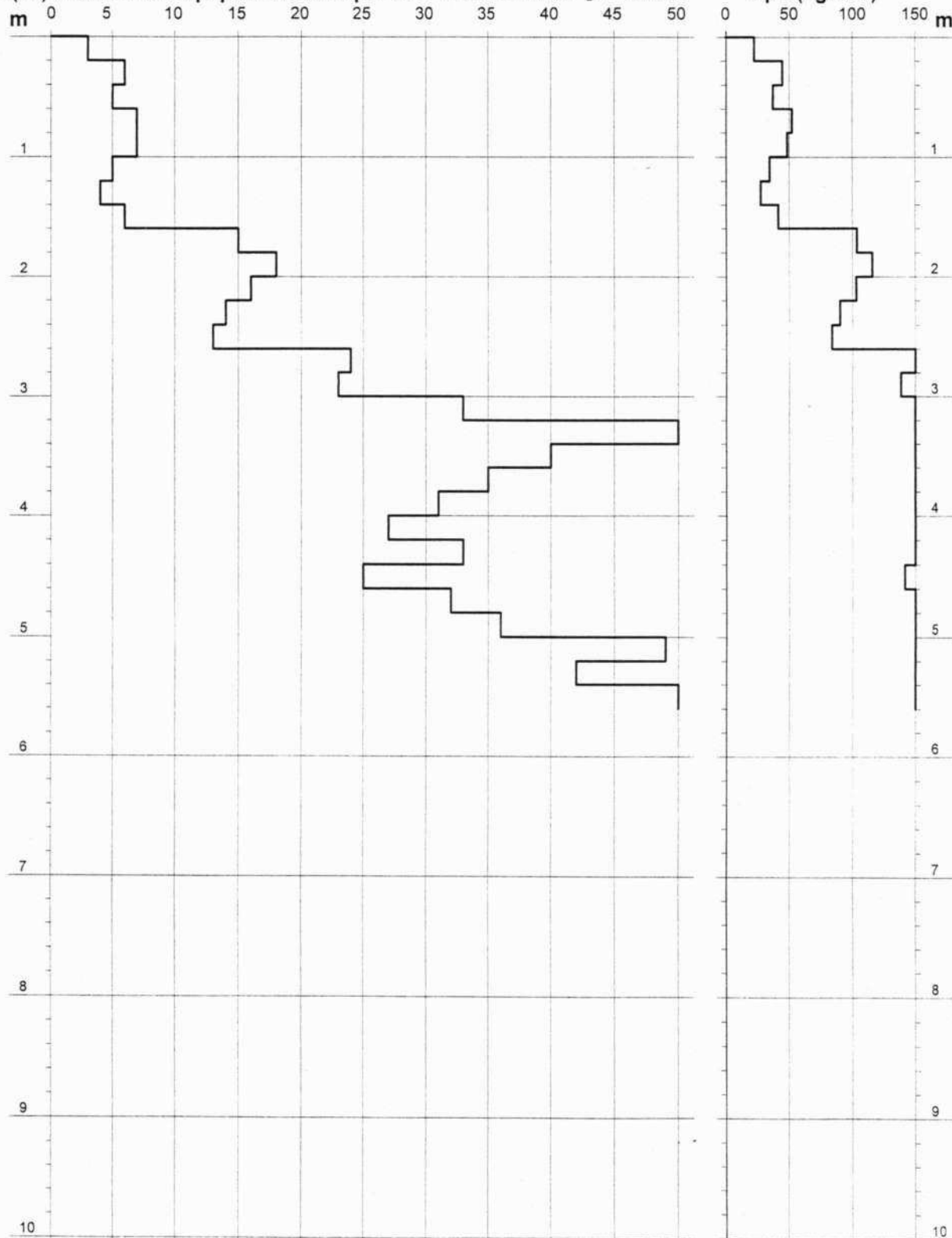
Scala 1: 50

- 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

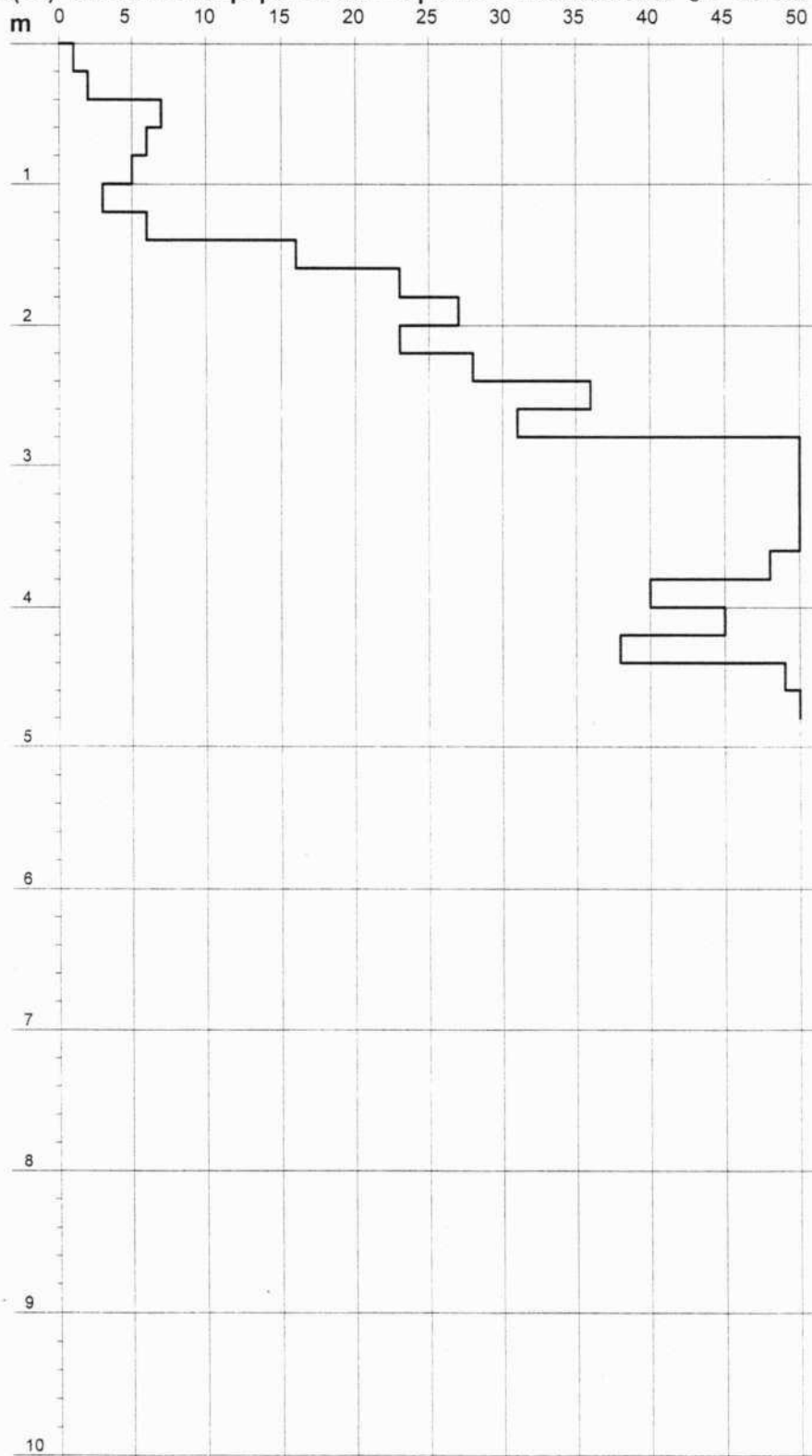
DIN 14

Scala 1: 50

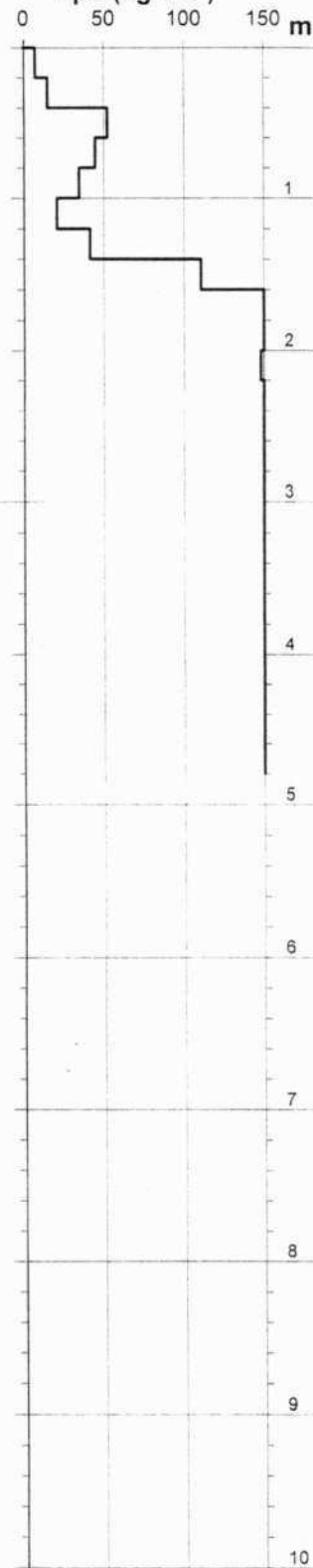
- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- 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

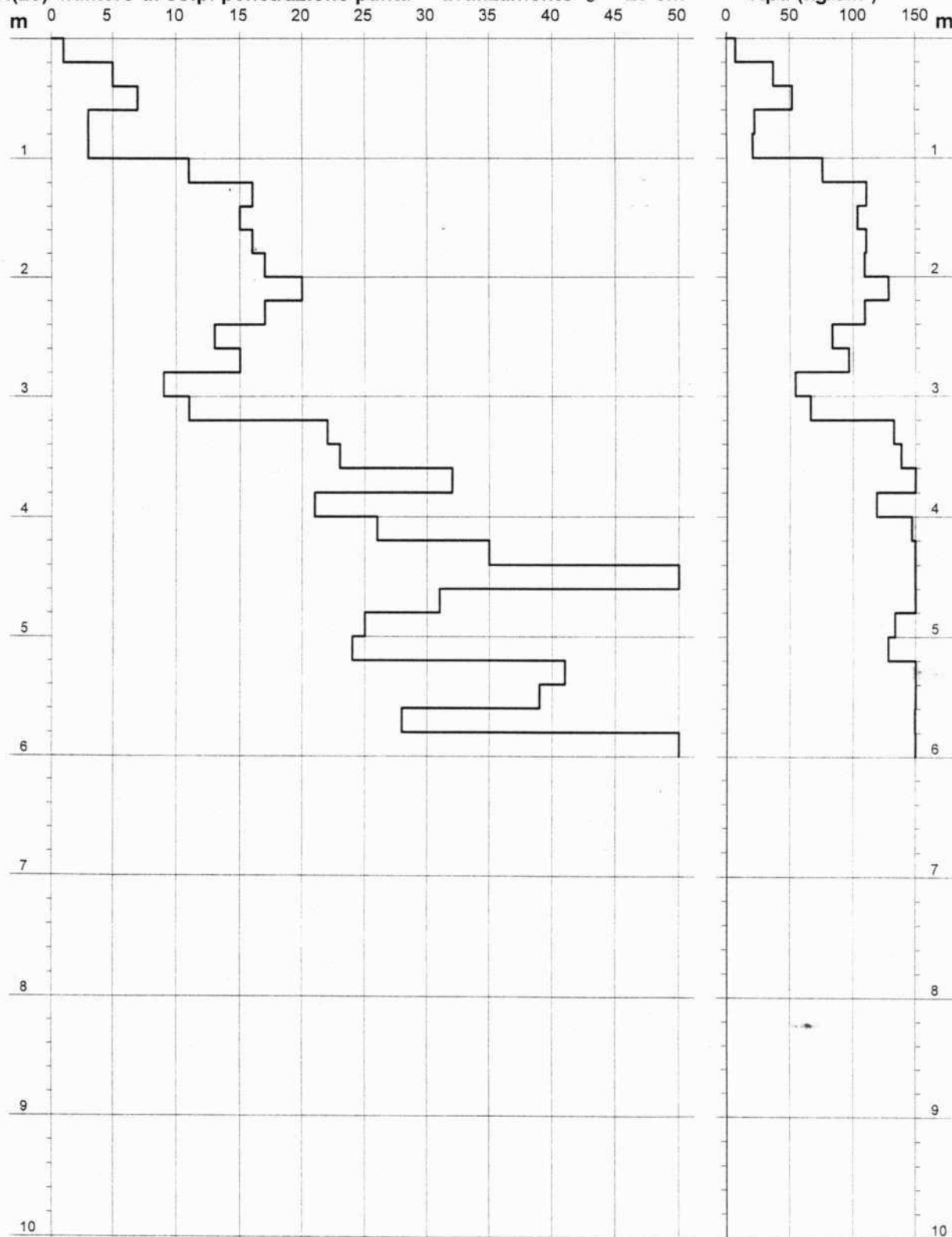
DIN 15

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

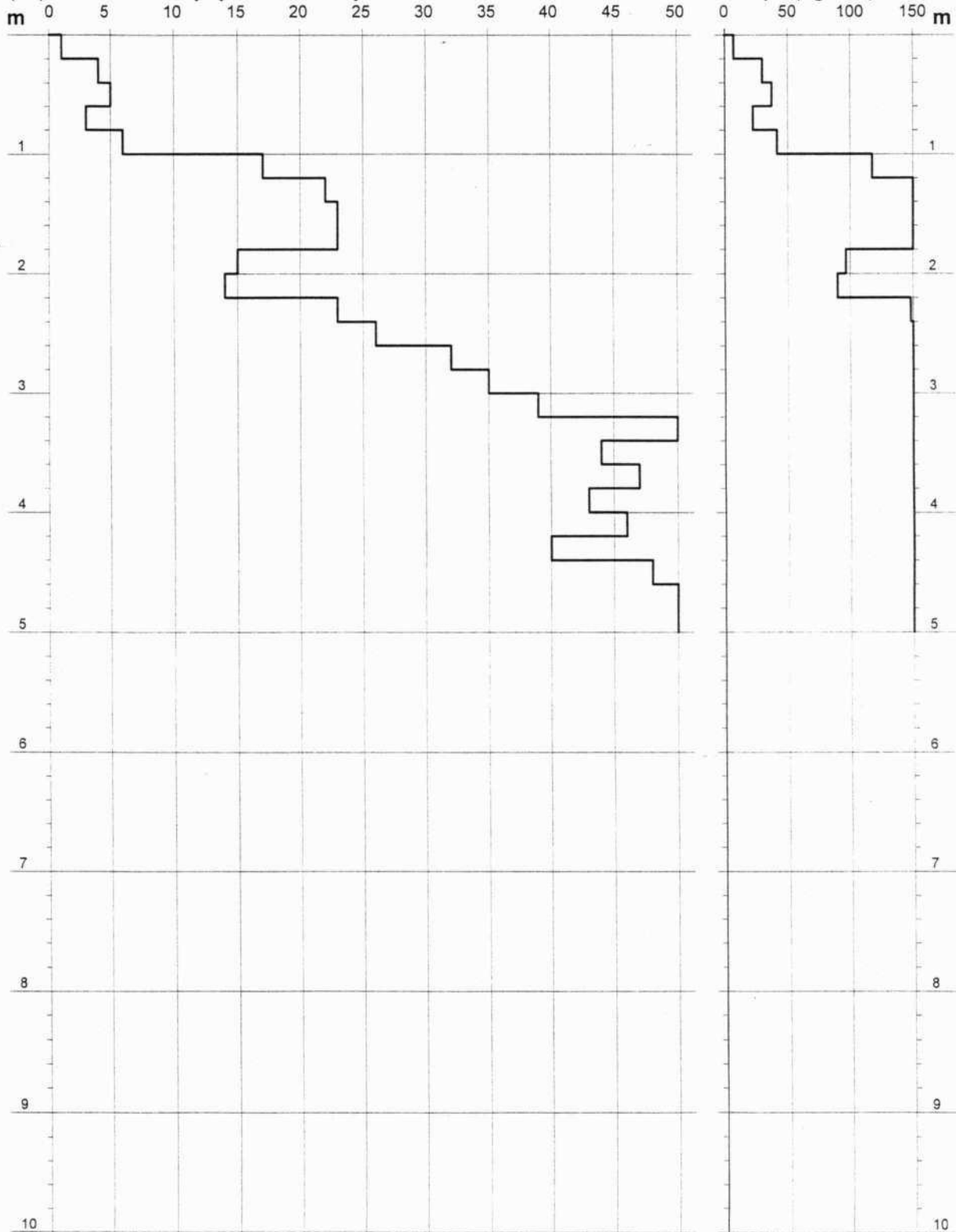
Scala 1: 50

- 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

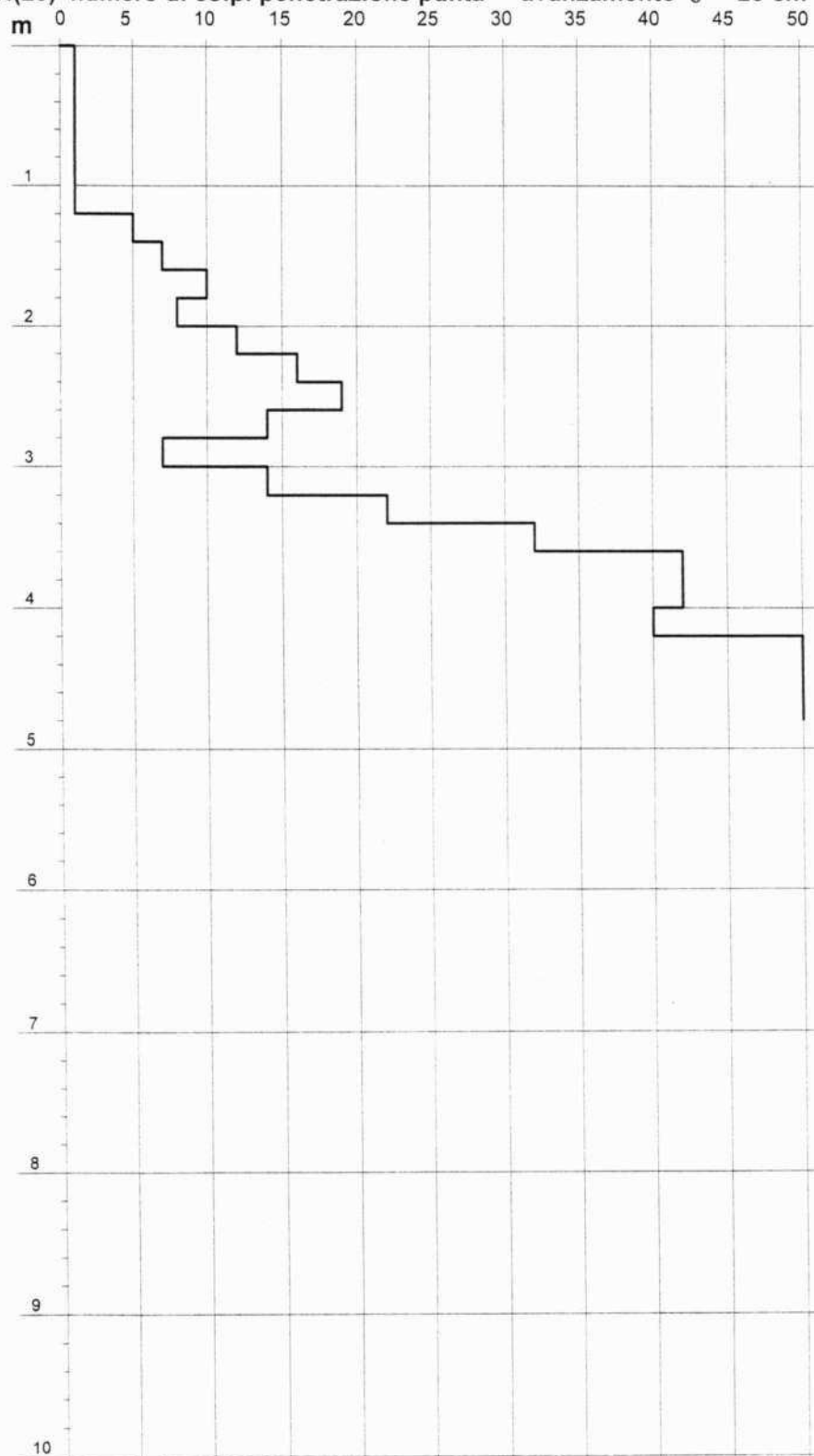
DIN 17

Scala 1: 50

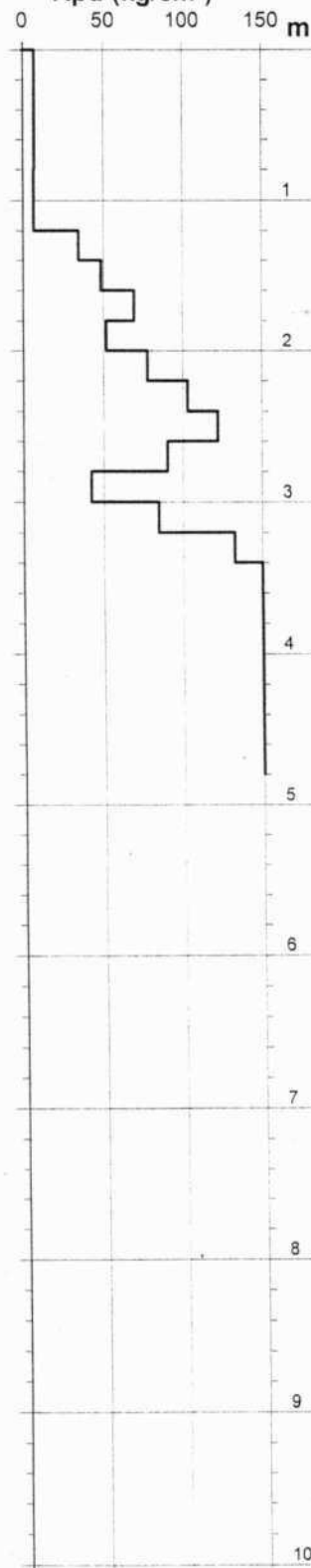
- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- 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

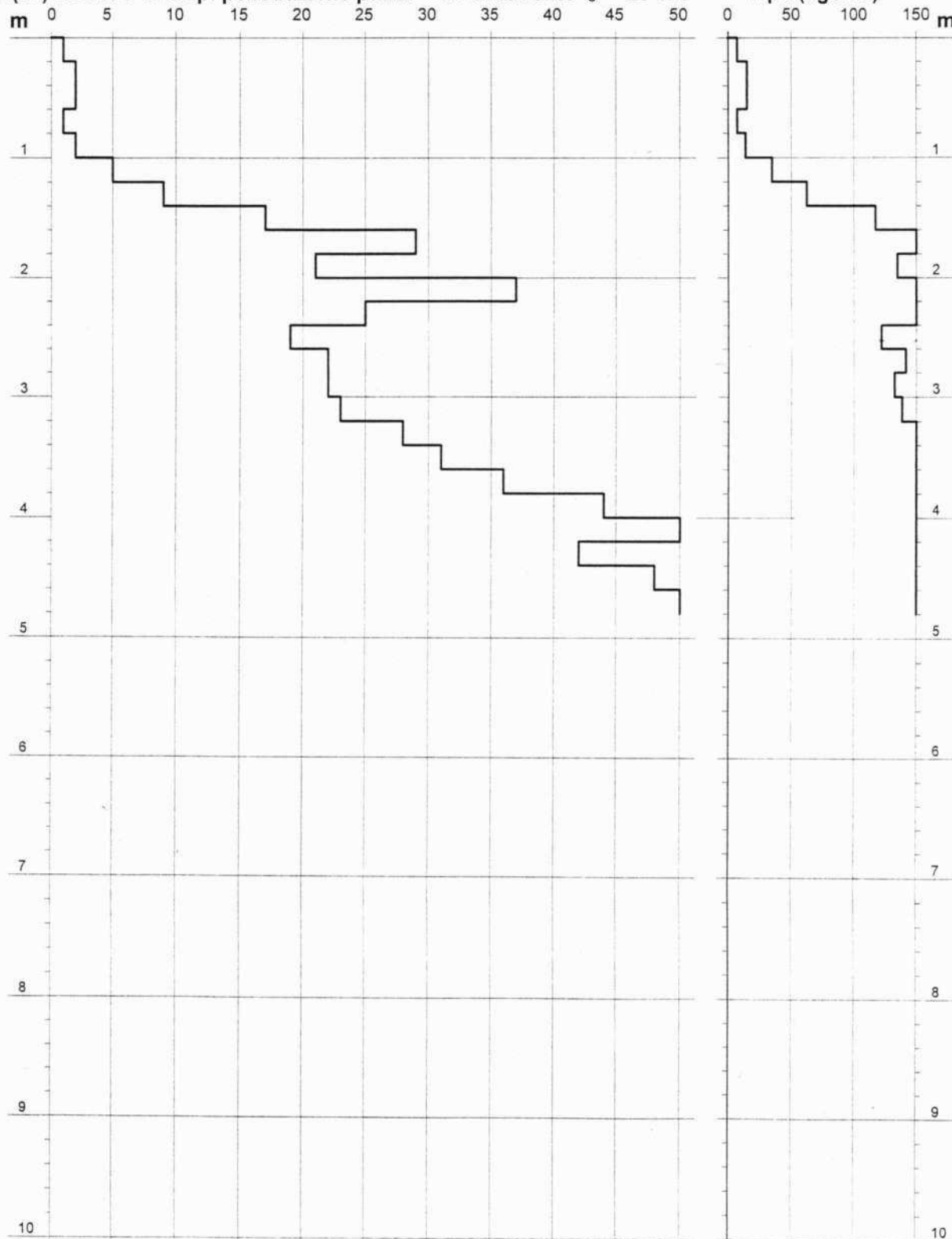
Scala 1: 50

- 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

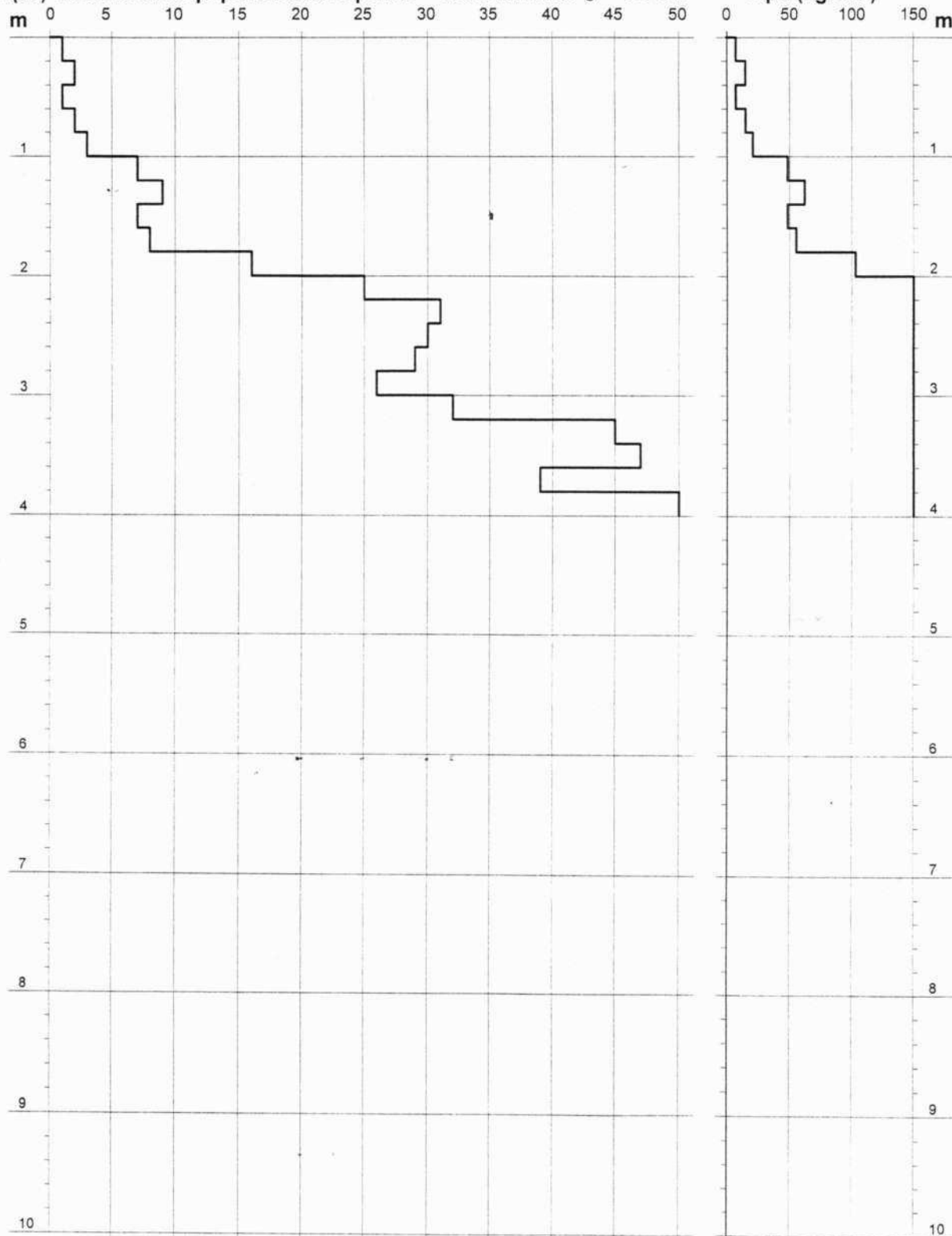
Scala 1: 50

- 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

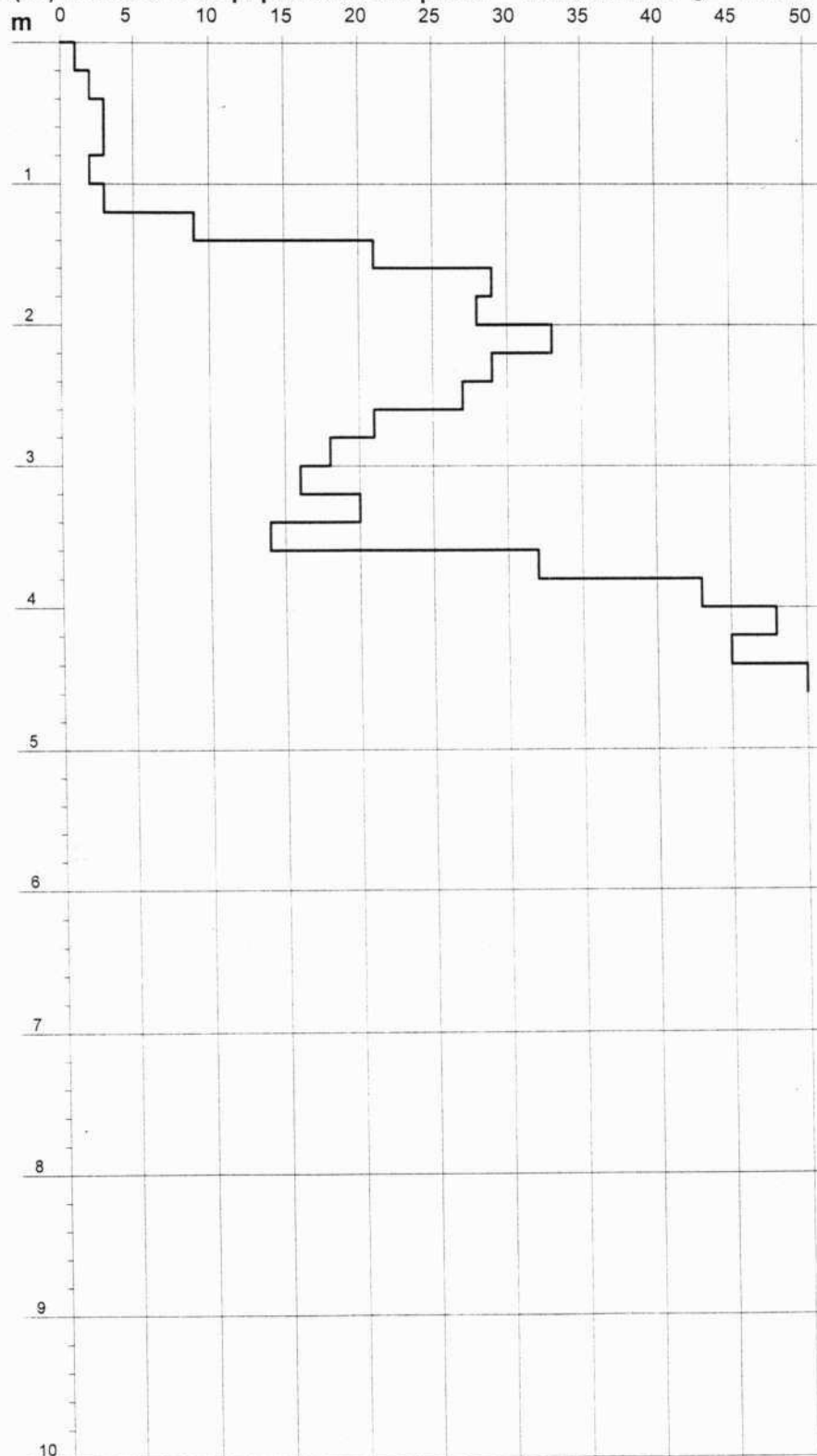
DIN 20

Scala 1: 50

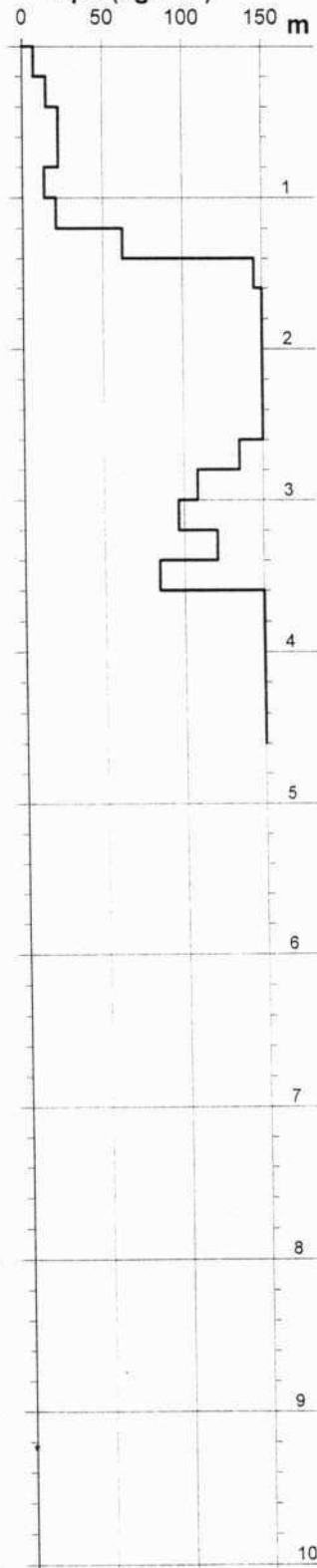
- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- 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

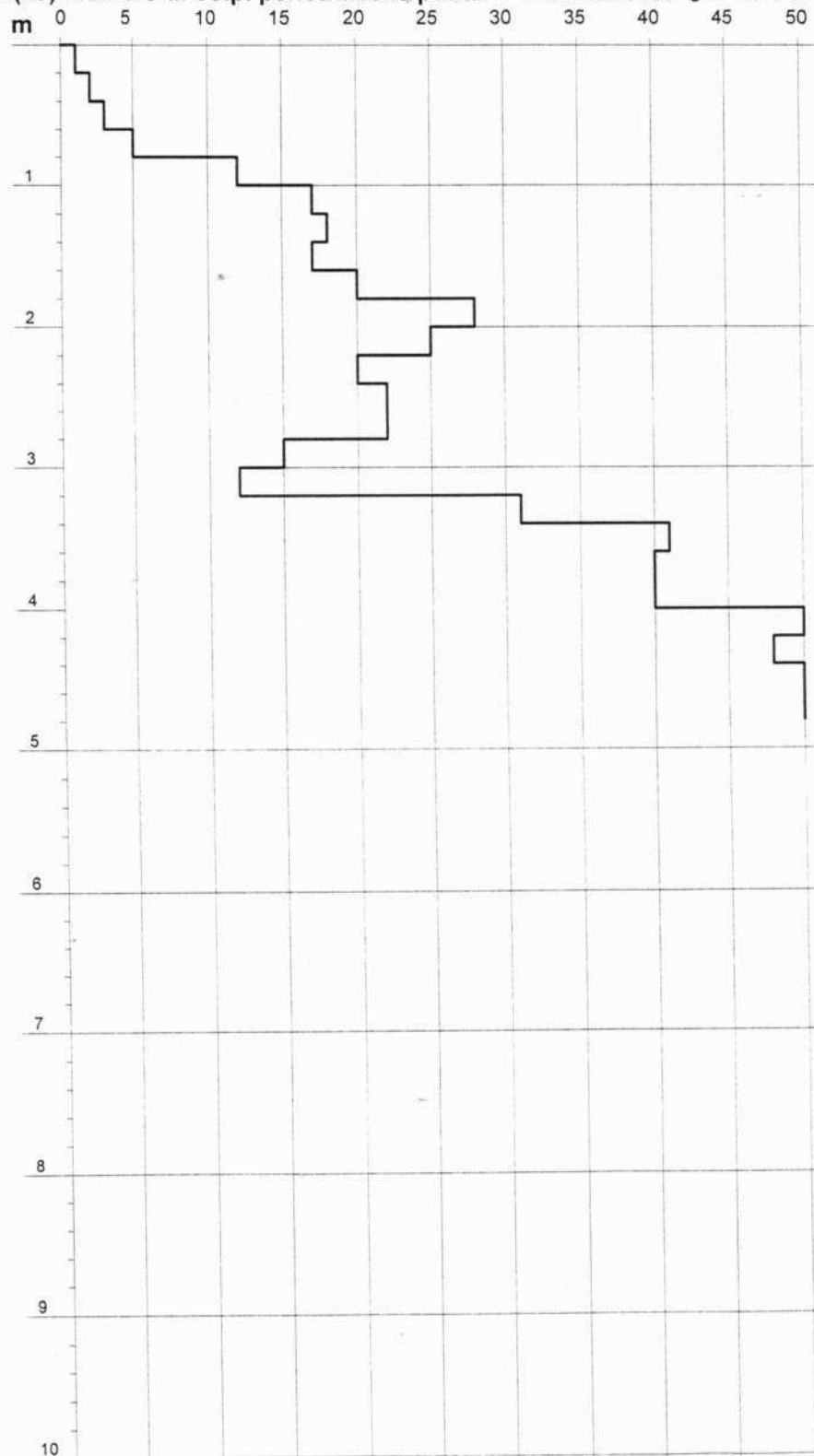
DI. 21

Scala 1: 50

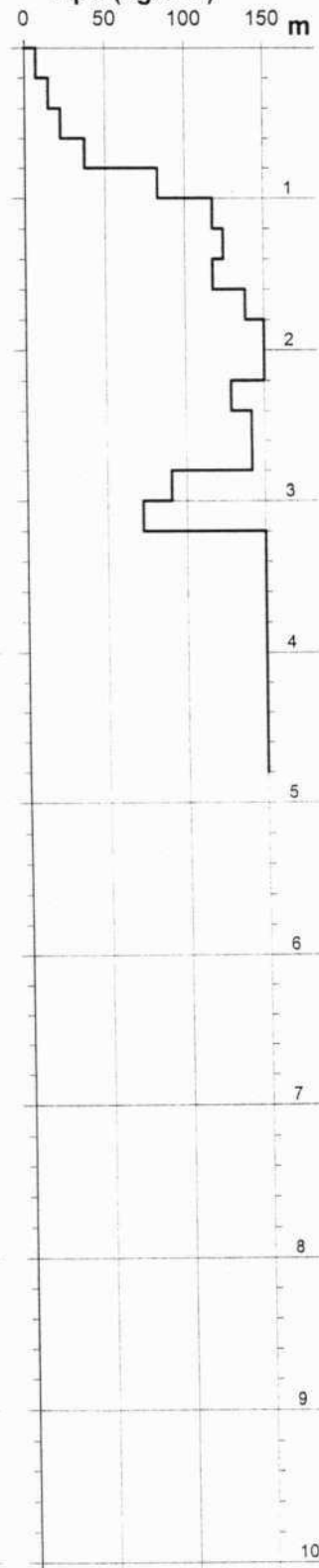
- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- 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

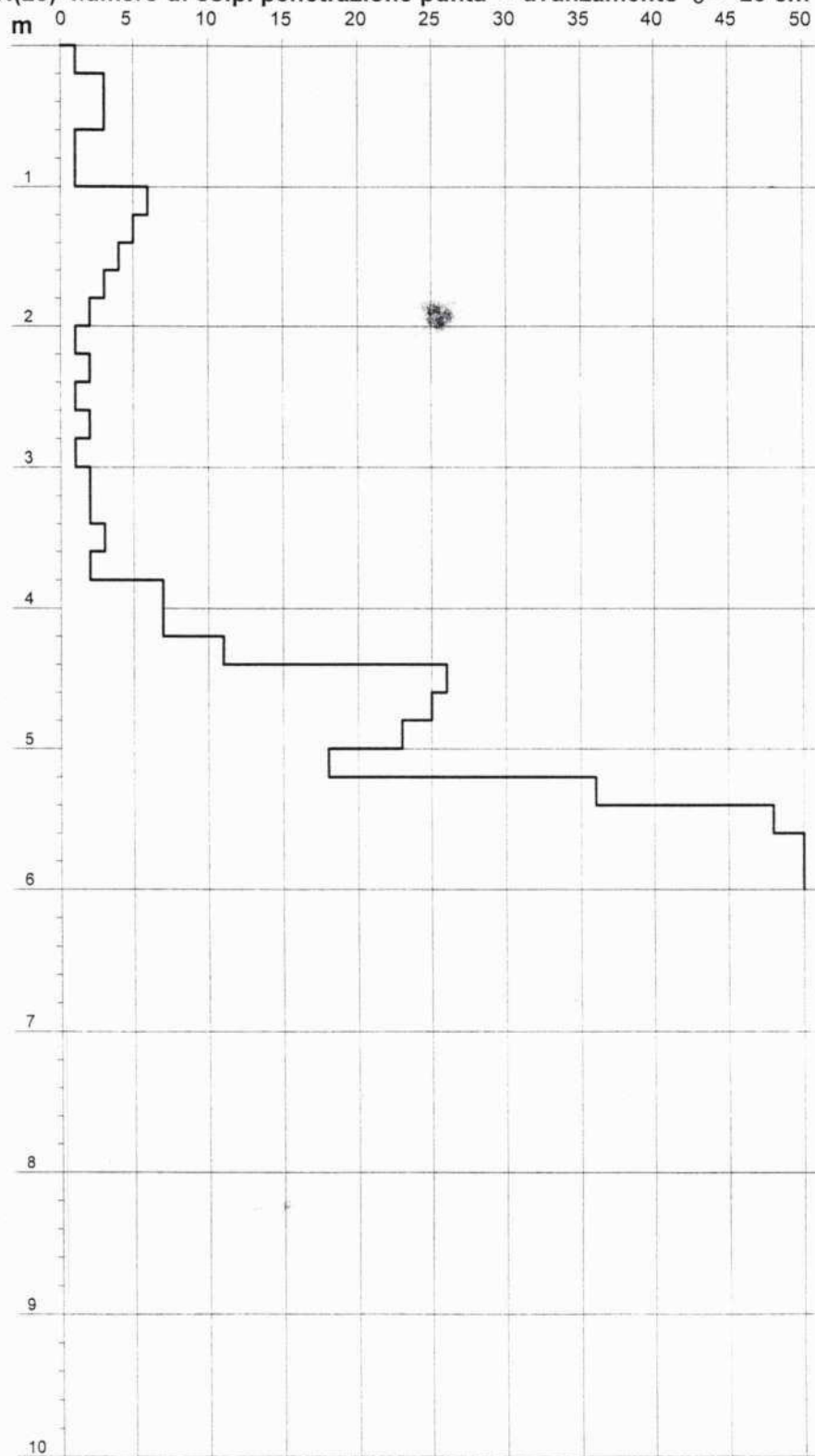
DIN 22

Scala 1: 50

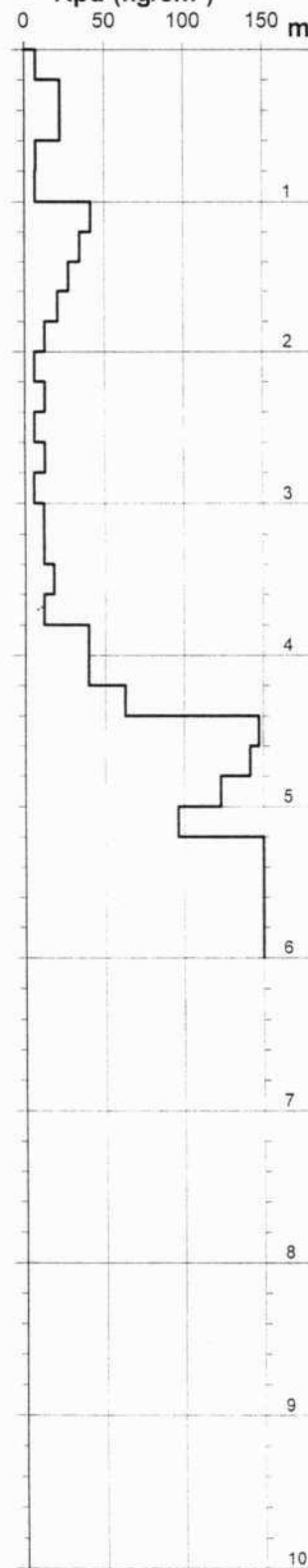
- committente : STUDIO SARDI
- lavoro : NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI
- località : BRUGHERIO - VIA GARIBALDI (MI)
- note : Prova terminata per rifiuto all'avanzamento

- 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)



PROVE DI PERMEABILITA'
MARZO 2021

PROVA DI INFILTRAZIONE A CARICO VARIABILE*(per abbassamento del livello dell'acqua nei rivestimenti)*

Committente	CRS HOME SRL
Commessa	
Località	BRUGHERIO (MB) - VIA GARIBALDI
Data	31/03/2021

Sondaggio n.	INF
Prova di permeabilità n.	I1
Profondità da piano campagna	2,0 m

Diametro del tratto di prova	D	[dm]	0,500
Lunghezza del tratto di prova (tasca)	L	[m]	0,50

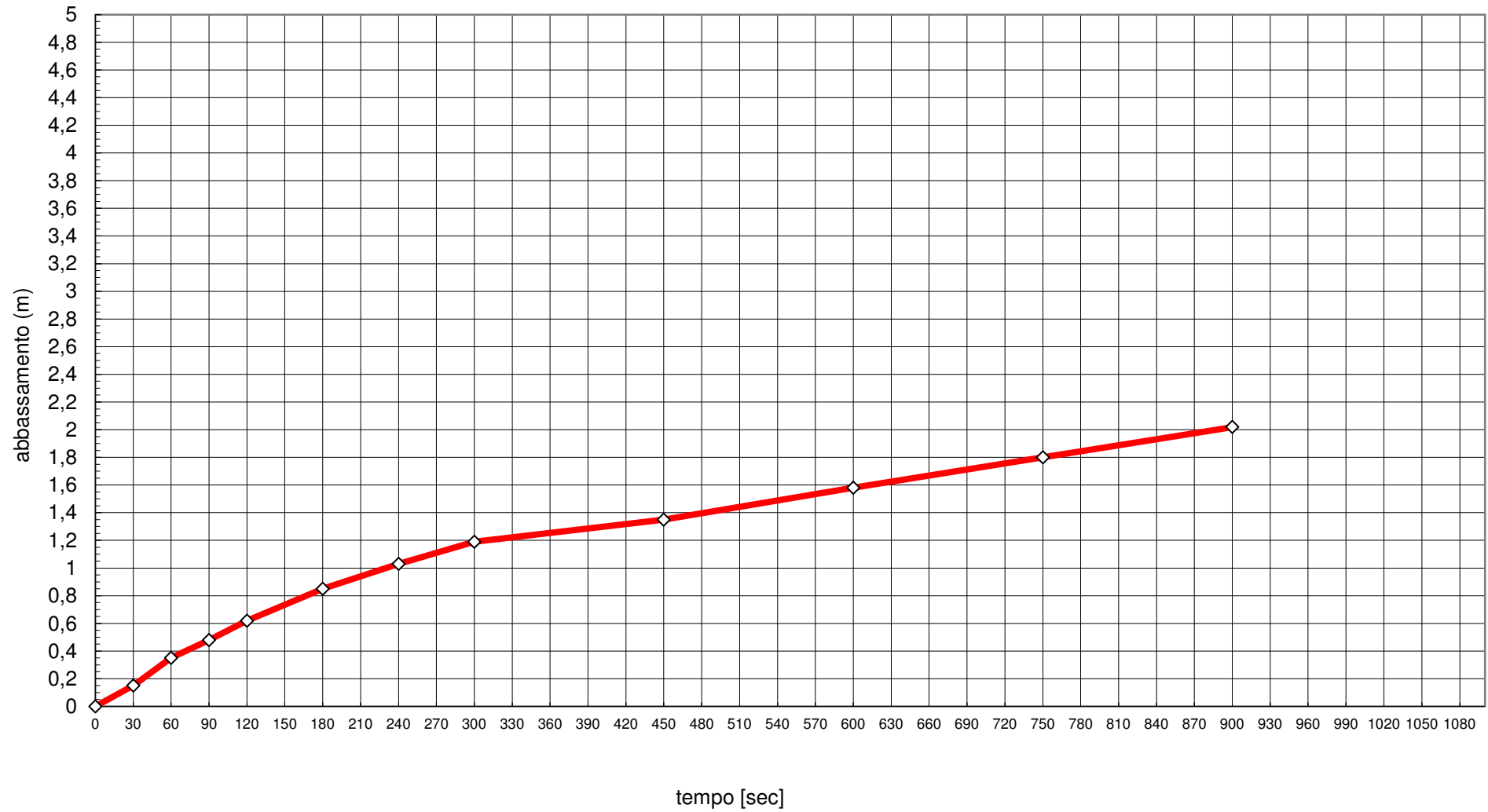
Coefficiente di forma	C _L	[m]	0,50
-----------------------	----------------	-----	------

Altezza della colonna del rivestimento rispetto a p.c. (livello di riferimento)	h _r	[m]	0,90
---	----------------	-----	------

Profondità del livello dell'acqua nel foro rispetto al livello di riferimento	z	[m]	0,00
Carico idraulico inizio prova	h	[m]	3,40
Carico idraulico fine prova	h	[m]	1,380

Δh	ΔT	Letture		Elaborazioni	
		Tempo	Abbassamento	Coefficiente di permeabilità K	
		[sec]	[m]	[m/s]	[cm/s]
3,400		0	0		
3,250	30	30	0,15	5,90E-04	5,90E-02
3,050	30	60	0,35	8,31E-04	8,31E-02
2,920	30	90	0,48	5,70E-04	5,70E-02
2,780	30	120	0,62	6,43E-04	6,43E-02
2,550	60	180	0,85	5,65E-04	5,65E-02
2,370	60	240	1,03	4,79E-04	4,79E-02
2,210	60	300	1,19	4,57E-04	4,57E-02
2,050	150	450	1,35	1,97E-04	1,97E-02
1,820	150	600	1,58	3,11E-04	3,11E-02
1,600	150	750	1,8	3,37E-04	3,37E-02
1,380	150	900	2,02	3,87E-04	3,87E-02
				4,88E-04	4,88E-02

Prova di permeabilità a carico variabile



PROVA DI INFILTRAZIONE A CARICO VARIABILE
(per abbassamento del livello dell'acqua nei rivestimenti)

Committente	CRS HOME SRL
Commessa	
Località	BRUGHERIO (MB) - VIA GARIBALDI
Data	31/03/2021

Sondaggio n.	INF
Prova di permeabilità n.	I2
Profondità da piano campagna	5,0 m

Diametro del tratto di prova	D	[dm]	0,500
Lunghezza del tratto di prova (tasca)	L	[m]	0,50

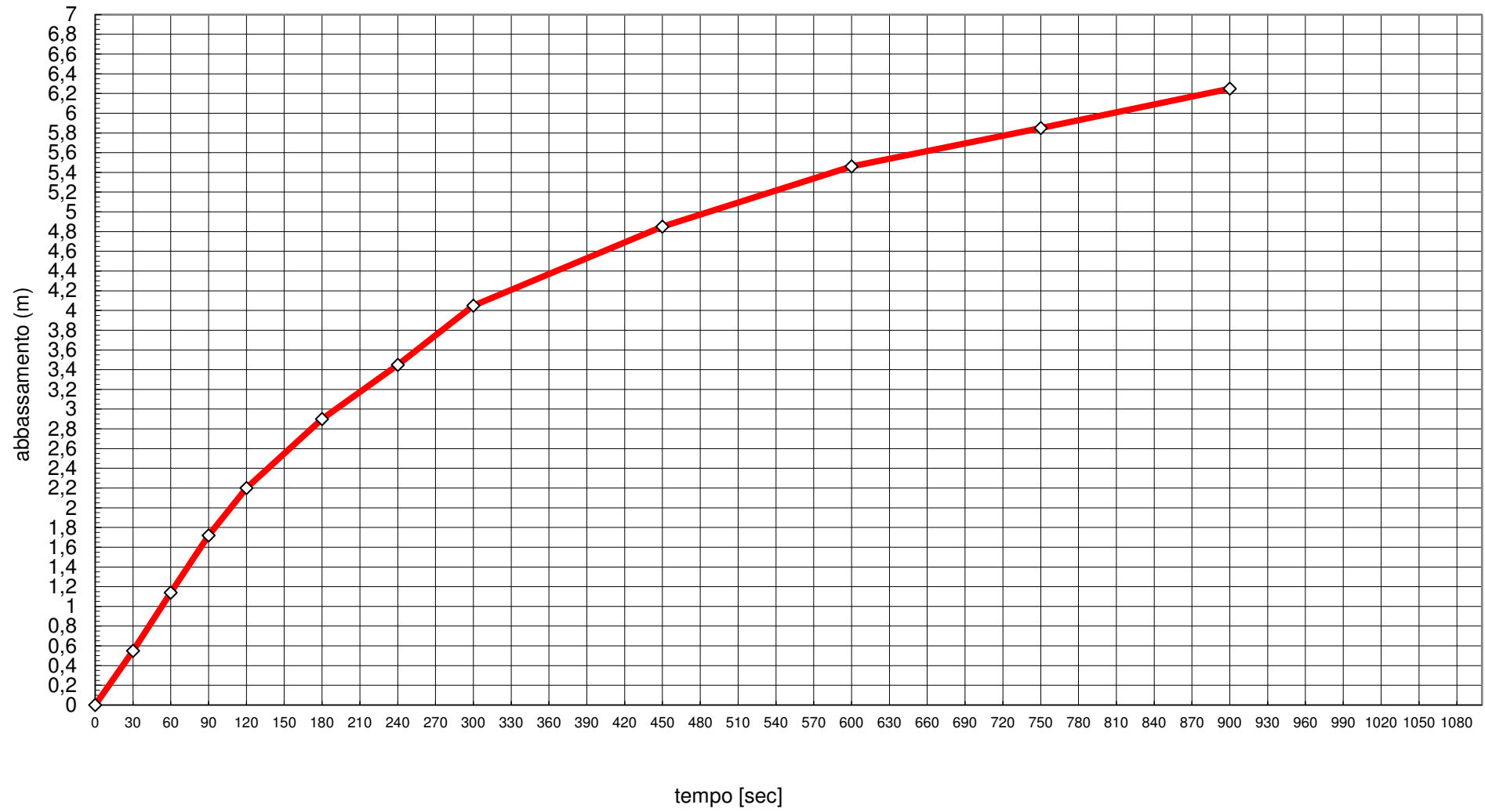
Coefficiente di forma	C _L	[m]	0,50
-----------------------	----------------	-----	------

Altezza della colonna del rivestimento rispetto a p.c. (livello di riferimento)	h _r	[m]	0,90
---	----------------	-----	------

Profondità del livello dell'acqua nel foro rispetto al livello di riferimento	z	[m]	0,00
Carico idraulico inizio prova	h	[m]	6,40
Carico idraulico fine prova	h	[m]	0,150

Δh	ΔT	Letture		Elaborazioni	
		Tempo	Abbassamento	Coefficiente di permeabilità K	
		[sec]	[m]	[m/s]	[cm/s]
6,400		0	0		
5,850	30	30	0,55	1,18E-03	1,18E-01
5,260	30	60	1,14	1,39E-03	1,39E-01
4,680	30	90	1,72	1,53E-03	1,53E-01
4,200	30	120	2,2	1,42E-03	1,42E-01
3,500	60	180	2,9	1,19E-03	1,19E-01
2,950	60	240	3,45	1,12E-03	1,12E-01
2,350	60	300	4,05	1,49E-03	1,49E-01
1,550	150	450	4,85	1,09E-03	1,09E-01
0,940	150	600	5,46	1,31E-03	1,31E-01
0,550	150	750	5,85	1,40E-03	1,40E-01
0,150	150	900	6,25	3,40E-03	3,40E-01
				1,50E-03	1,50E-01

**Prova di permeabilità
a carico variabile**



PROVA DI INFILTRAZIONE A CARICO VARIABILE*(per abbassamento del livello dell'acqua nei rivestimenti)*

Committente	CRS HOME SRL
Commessa	
Località	BRUGHERIO (MB) - VIA DOLOMITI
Data	31/03/2021

Sondaggio n.	INF
Prova di permeabilità n.	I3
Profondità da piano campagna	4,0 m

Diametro del tratto di prova	D	[dm]	0,500
Lunghezza del tratto di prova (tasca)	L	[m]	0,50

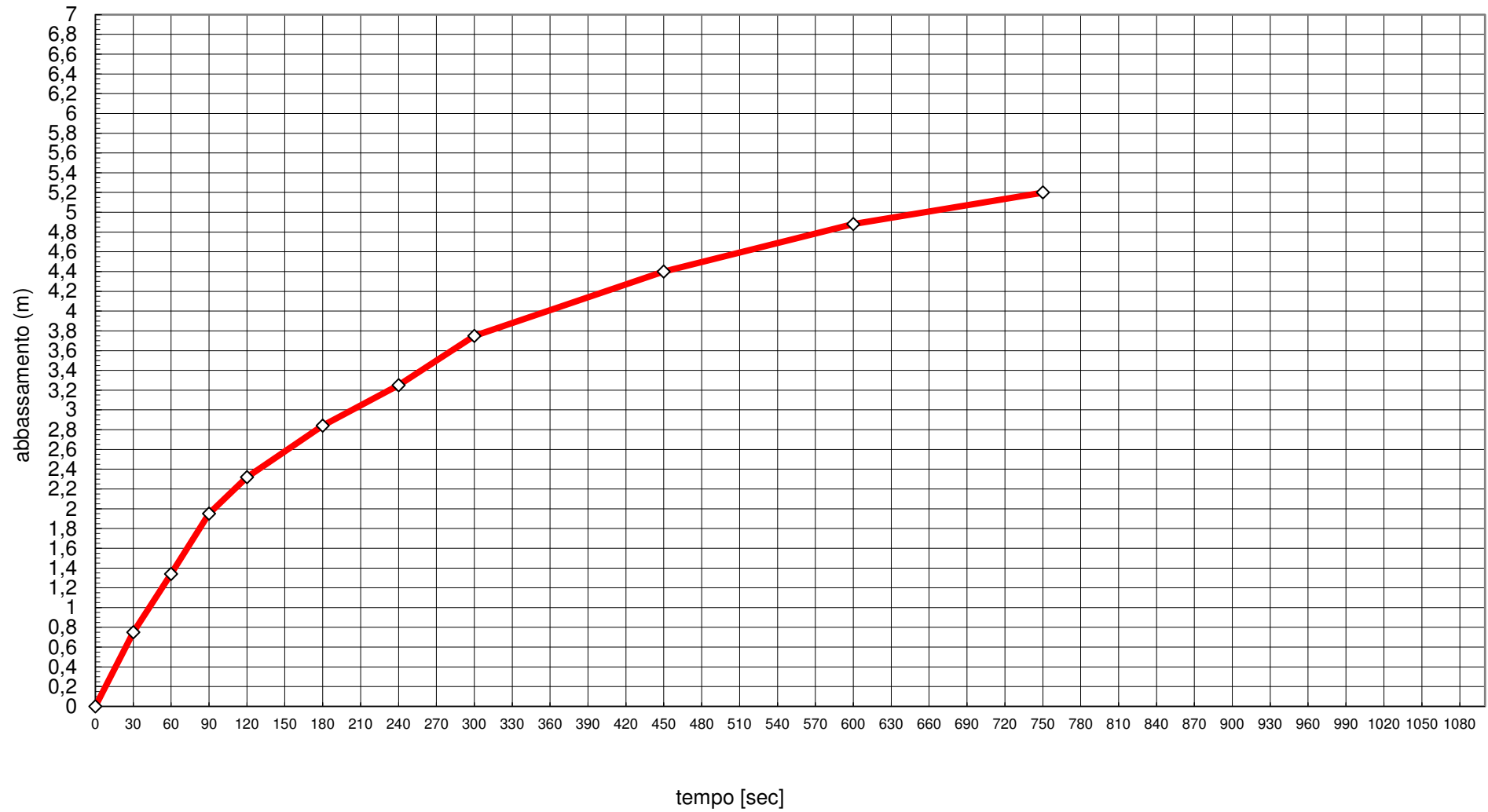
Coefficiente di forma	C _L	[m]	0,50
-----------------------	----------------	-----	------

Altezza della colonna del rivestimento rispetto a p.c. (livello di riferimento)	h _r	[m]	0,90
---	----------------	-----	------

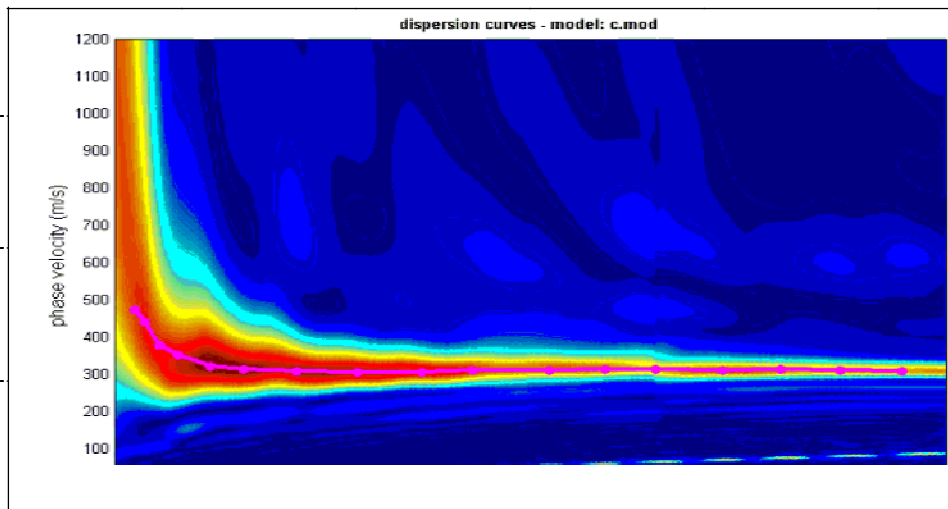
Profondità del livello dell'acqua nel foro rispetto al livello di riferimento	z	[m]	0,00
Carico idraulico inizio prova	h	[m]	5,40
Carico idraulico fine prova	h	[m]	0,200

Δh	ΔT	Letture		Elaborazioni	
		Tempo	Abbassamento	Coefficiente di permeabilità K	
		[sec]	[m]	[m/s]	[cm/s]
5,400		0	0		
4,650	30	30	0,75	1,96E-03	1,96E-01
4,060	30	60	1,34	1,78E-03	1,78E-01
3,450	30	90	1,95	2,13E-03	2,13E-01
3,080	30	120	2,32	1,48E-03	1,48E-01
2,560	60	180	2,84	1,21E-03	1,21E-01
2,150	60	240	3,25	1,14E-03	1,14E-01
1,650	60	300	3,75	1,73E-03	1,73E-01
1,000	150	450	4,4	1,31E-03	1,31E-01
0,520	150	600	4,88	1,71E-03	1,71E-01
0,200	150	750	5,2	2,50E-03	2,50E-01
				1,70E-03	1,70E-01

**Prova di permeabilità
a carico variabile**



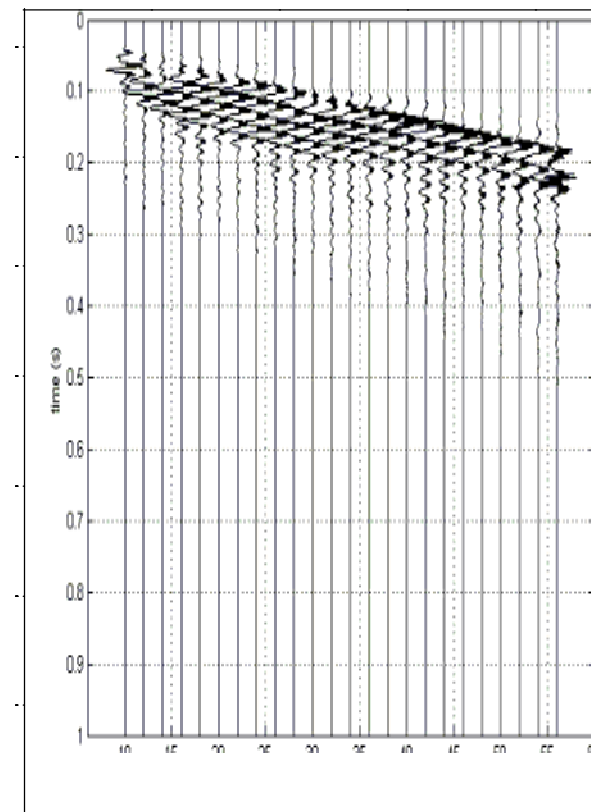
PROVA SISMICA MASW
2017



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

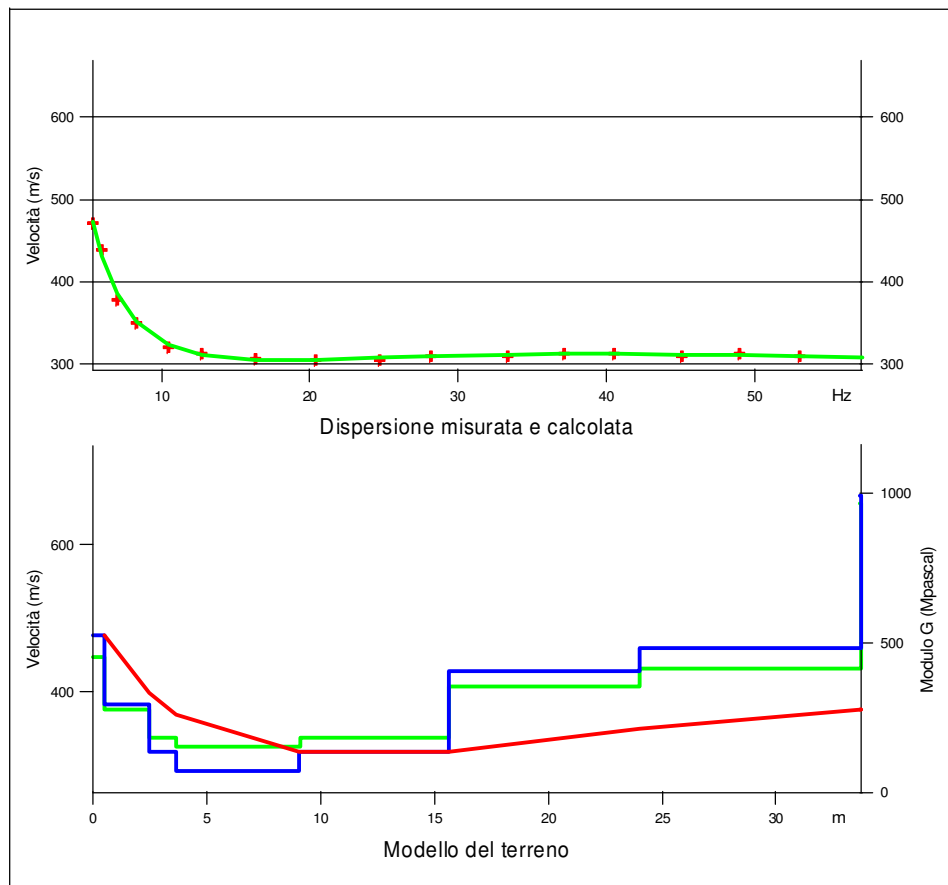


TABELLA DI CALCOLO

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

EFFETTI LITOLGICI – SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

Da sabbia con ghiaia e ciottoli a limo e sabbia passando per sabbie ghiaiose, sabbie limose, sabbie con limo e ghiaia, sabbie limose debolmente ghiaiose, sabbie ghiaiose debolmente limose e sabbie

NOTE:

Comportamento granulare

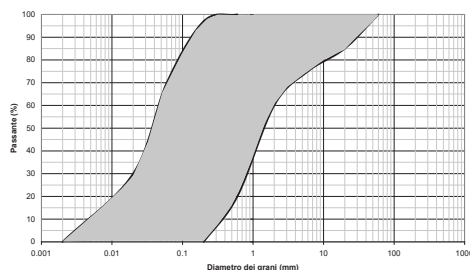
Struttura granulo-sostenuta

Clasti con $D_{max} > 20$ cm inferiori al 15%

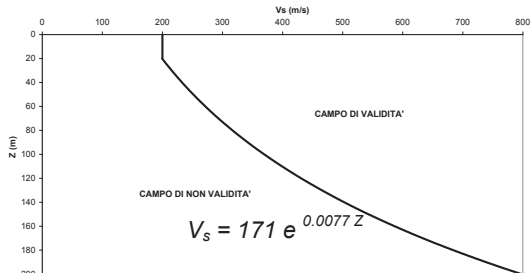
Frazione ghiaiosa inferiore al 25%

Frazione limosa fino ad un massimo del 70%

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO



ANDAMENTO DELLE V_s CON LA PROFONDITA'
LITOLOGIA SABBIOSA



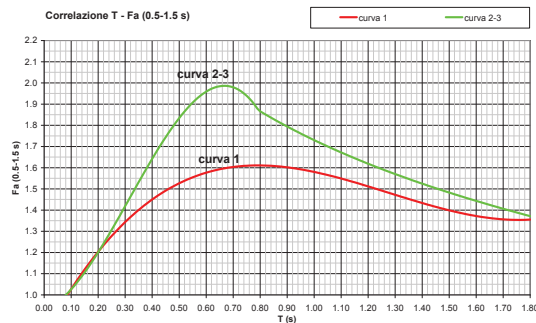
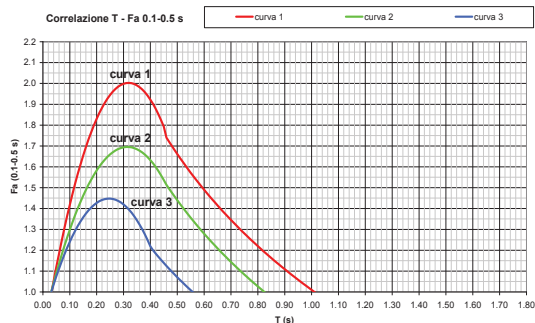
		Profondità primo strato (m)																	
		1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110
Velocità primo strato (m/s)	200	2	1-2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	250	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	300	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	350	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	NA	NA	NA
	400	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA
	450	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA
	500	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA
	600	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA
	700	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA
	700	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA

ove
la sigla NA indica $Fa = 1$

il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1

CONDIZIONE: strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media V_s minore o uguale a 300 m/s poggianti su strato con velocità maggiore di 500 m/s

$V_s < 300$ m/s	0
$V_s > 500$ m/s	5 - 12 m



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$	$0.50 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $Fa_{0.1-0.5} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$0.45 < T \leq 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$T > 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -9.68 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$0.50 < T \leq 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$T > 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$

Curva	
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = 0.57 T^3 - 2.18 T^2 + 2.38 T + 0.81$
2	$0.08 \leq T < 0.80$ $Fa_{0.5-1.5} = -6.11 T^3 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$
3	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = 1.73 - 0.61 \ln T$

