

COMUNE DI GATTICO - VERUNO
PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO

Committente

CALEFFI SpA

Via Maggiate 15, 28013 Gattico (NO)



GRUPPO DI PROGETTAZIONE

BMS

BMS Progetti s.r.l.

piazza santissima trinità 6
20154 milano

bmsprogetti.it

Tecnico incaricato

ing. Aldo Bottini

TITOLO

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

SCALA

-

DOCUMENTO

21018 PEC GEN AL1 00

EMISSIONE

07/02/2022

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	07/02/2022	Prima emissione	-	-	-

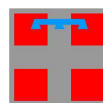
**PEC
GEN
AL1**



COMUNE DI GATTICO-VERUNO



PROVINCIA DI NOVARA



REGIONE PIEMONTE

AMPLIAMENTO DI UN COMPLESSO PRODUTTIVO IN LOC. MAGGIATE



Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 e s.m.i.

"AGGIORNAMENTO DELLE «NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI»"

Circolare del Presidente della Giunta Regionale - n° 7/LAP

"L.R. 5 DICEMBRE 1977, N° 56, E SUCCESSIVE MODIFICHE ED INTEGRAZIONI - SPECIFICHE TECNICHE PER L'ELABORAZIONE DEGLI STUDI GEOLOGICI A SUPPORTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI"

Consulente geologo



Via XX Settembre, 73 – 28041 ARONA (NO)
tel. 0322 241531 - fax 0322 48422
e-mail studio@geologoepifani.it

dott. geol. Fulvio Epifani

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Codice

091.21

Nome del file

Relazione.doc

Data

Dicembre 2021

Scala

Committente:

BMS Progetti s.r.l.
Piazza S.S. Trinità 6
Milano



revisione	oggetto	data	controllato
1			
2			
3			

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	IDONEITÀ ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA E NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	4
4	INDAGINE GEOGNOSTICHE PREGRESSE	6
4.1	Pozzetti esplorativi	6
4.2	Prove penetrometriche dinamiche	9
5	NUOVE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE	11
5.1	Sondaggio a carotaggio continuo	11
5.2	Prove SPT	11
5.3	Parametri ricavabili dalle prove SPT	12
6	RISULTATI DELLE PROVE EFFETTUATE	16
6.1	Sondaggio a carotaggio continuo	16
6.2	Prove SPT	16
7	MODELLO GEOLOGICO	18
8	MODELLO E PARAMETRAZIONE GEOTECNICA	19
9	INDAGINE GEOFISICA CON IL METODO MASW	21
9.1	Generalità sulle onde sismiche	21
9.2	Caratteristiche del metodo	23
9.3	Elaborazione dei dati	26
9.4	Caratteristiche delle indagini masw eseguite	28
9.4.1	Prova n° 1	28
9.4.2	Prova n°2	31
9.5	Classificazione del sottosuolo	33
10	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	35
11	SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE	39
12	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	40

ALLEGATI

- Corografia (scala 1:10.000)
- Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica (scala 1:5.000)
- Carta geomorfologica (scala 1:10.000)
- Planimetria ubicazione indagini geognostiche
- Tabulati e istogrammi della prove penetrometriche pregresse
- Stratigrafia sondaggio

1 PREMESSA

La Società Caleffi S.p.A. intende procedere all'ampliamento di un edificio industriale esistente, ubicato al civico 15 di Via S. Rocco Maggiate, in Comune di Gattico-Veruno.

Su incarico della Società di progettazione BMS S.r.l., lo scrivente ha quindi predisposto la presente relazione geologica e sismica di supporto al progetto, in cui sarà analizzata la compatibilità dell'intervento con lo "status geologico" del sito, utilizzando sia le indagini specificatamente realizzate, sia indagini sviluppate in precedenza sulla medesima area.

L'analisi di tutti i dati disponibili ha consentito di sviluppare il modello geologico, sismico e geotecnico dell'area su cui insisterà l'opera in progetto.

2 IDONEITÀ ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per quanto riguarda l'idoneità all'utilizzazione urbanistica, l'area in oggetto risulta ascritta alla classe "IIA"; a tal proposito si allega uno stralcio della cartografia del vigente PRG di Gattico (ora Gattico-Veruno).

Alla classe II appartengono *"Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici, realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante. Tali interventi non dovranno in alcun modo incidere negativamente sulle aree limitrofe, né condizionarne la propensione all'edificabilità."* e, in particolare, sono ascritti alla sottoclasse IIA i settori che presentano *"pendii caratterizzati da moderata acclività; presenza di terreni con mediocri caratteristiche geotecniche; aree con condizioni di scarso drenaggio, aree soggette a modesti allagamenti (centimetrici) a bassa energia. Possono essere presenti anche più agenti contemporaneamente."*

Il presente elaborato è redatto ottemperando a:

- Decreto Ministeriale 17.01.2018 "AGGIORNAMENTO DELLE «NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI»"
- Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 "ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELL'«AGGIORNAMENTO DELLE «NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI»» DI CUI AL DECRETO MINISTERIALE 17 GENNAIO 2018"
- Circolare del Presidente della Giunta Regionale dell'08.05.1996, n° 7/LAP "SPECIFICHE TECNICHE PER L'ELABORAZIONE DEGLI STUDI GEOLOGICI A SUPPORTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI",
- Nota Tecnica Esplicativa alla Circolare P.G.R. 8 maggio 1996 n. 7/LAP

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Da un punto di vista geologico, l'area di intervento è compresa nel Foglio n° 31 "VARESE" della Carta Geologica d'Italia (Scala 1: 100.000).

Il territorio di Gattico è caratterizzato dalla presenza dei rilievi collinari circumlacuali dell'anfiteatro morenico del Verbano e presenta una quota media di circa 350 m s.l.m., con minimi intorno ai 270 m nella porzione nord-occidentale e massimi di circa 410 m, presso C.na Scella.

Il reticolo idrografico è costituito da piccoli corsi d'acqua a carattere torrentizio, quali i Torrenti Lirone, Meja e Geola; altri rii, di importanza minore, sono il Rio della Vall'Alta, la Roggia Molinara, i Rii Strola e Bistracca e il Fosso Rese.

L'assetto fisiografico generale del territorio è caratterizzato dall'alternanza di rilievi collinari, di modesta elevazione, e di aree intercluse pianeggianti o blandamente ondulate.

Nel territorio comunale affiorano le unità glaciali e fluvioglaciali relative all'apparato glaciale del Verbano, poggianti su un substrato argilloso pliocenico e sui depositi sabbiosi villafranchiani.

La copertura quaternaria è costituita in prevalenza da ghiaie sabbioso-limose, variamente alterate, e da diamicton, interpretabili come till di ablazione e di alloggiamento, con coperture eoliche e paleosuoli.

Per una migliore comprensione, in allegato si propone un estratto della *Carta geologica* del vigente PRGC del Comune di Gattico, in scala 1: 5.000, dell'area in esame in cui sono evidenziati le seguenti unità:

- Depositi fluvioglaciali (Pleistocene superiore): ghiaie a supporto di matrice sabbioso-limosa e sabbie, localmente intercalate ad argille limose, ciottoli eterometrici, arrotondati, non alterati o poco alterati, con intercalazioni di limi argillosi; ciottoli eterometrici, arrotondati, alterati in cortex superficiale. Occupano l'ampia valle dalla morfologia piatta che si trova ad ovest di Maggiate e che si estende longitudinalmente per tutta la lunghezza del territorio; inoltre colmano le vallecole ad est del concentrico, tra C.na Simonotti e C.na Motto d'Omino.
- Depositi fluvioglaciali (Pleistocene medio): ghiaie a supporto di matrice sabbiosa-limosa-argillosa e sabbie limoso-argillose; ciottoli eterometrici, arrotondati, alterati. Rappresentano la fase fluvioglaciale più estesa sul territorio e si rinvencono in tutta la porzione sud-occidentale.
- Depositi glaciali (Pleistocene medio): till di alloggiamento e till di ablazione, ciottoli eterometrici, arrotondati, molto alterati talora arenizzati o argillificati; presenza di coperture loessiche anche di spessore metrico; creste moreniche da evidenti a poco o per nulla conservate dal punto di vista morfologico. È la fase glaciale più antica rappresentata sul

territorio comunale di Gattico; le morene appartenenti a questa fase raggiungono le quote topograficamente più elevate (oltre 400 m s.l.m.), pur non essendone completamente conservata la morfologia.

Dal punto di vista geomorfologico generale, la zona rispecchia la morfogenesi glaciale e fluvioglaciale alla quale è stata sottoposta.

Nella carta sono state distinte varie unità geomorfologiche, di seguito descritte.

- Forme fluviali e fluvioglaciali: suddivise in base all'attività, tra le forme di erosione sono state distinte: orli di terrazzo, sia di origine propriamente fluviale che fluvioglaciale, vallecule con profilo concavo, tracce di paleoalvei, solchi da ruscellamento concentrato ed erosioni spondali; tra le forme di accumulo si nota la presenza di vallecule a fondo piatto ed un piccolo conoide stabilizzato naturalmente, in località Maggiate Superiore. Nell'ambito delle forme fluviali sono stati riportati i dissesti di tipo torrentizio: i dissesti codificati ad intensità elevata riguardano la zona di esondazione appena a sud-ovest di Maggiate Superiore, dove in occasione degli eventi alluvionali del maggio 2002, sono state registrate altezze idriche di circa un metro, mentre l'area in esame rientra nei processi areali ad intensità medio/moderata.
- Forme glaciali: tra le forme di erosione di natura glaciale sono stati riconosciuti i principali terrazzi, mentre tra le forme di accumulo predominano i massi erratici e le creste dei cordoni morenici.
- Elementi dell'idrografia superficiale: sono state delimitate le aree umide, che raggruppano le aree di ristagno e le zone di locale emergenza della falda freatica. Le prime sono collocate in corrispondenza di piane fluvioglaciali, parzialmente colmate da depositi colluviali fini originatisi dal dilavamento delle morene più antiche, mentre le seconde si riscontrano in corrispondenza di situazioni geoidrologiche (geomorfologiche e litologiche) locali che favoriscono l'emersione della superficie della falda freatica.

L'area di intervento si imposta su depositi fluvioglaciali del pleistocene superiore caratterizzati dalla presenza di ghiaie a supporto di matrice sabbioso-limosa e sabbie, localmente intercalate ad argille limose; dal punto di vista geomorfologico l'area si presenta sub-pianeggiante. A ovest dell'area in esame scorre il Torrente Geola la cui dinamica non interferisce con il sito.

La presenza della falda è stata rilevata a quote comprese fra 1 e 3 m da piano campagna.

4 INDAGINE GEOGNOSTICHE PREGRESSE

Nel novembre 2005, per la progettazione e la realizzazione di un precedente ampliamento, realizzato nello stesso sito, era stata sviluppata una campagna di indagini geognostiche articolata attraverso l'esecuzione di 11 pozzetti esplorativi e 15 prove penetrometriche dinamiche.

Di seguito si riportano gli esiti delle indagini eseguite.

4.1 POZZETTI ESPLORATIVI

Si riporta di seguito la stratigrafia dei pozzetti realizzati:

POZZETTO P1

- da 0,0 a 0,4 m da p.c. → suolo vegetato
- da 0,4 a 1,7 m da p.c. → sabbia limosa con ghiaia e ciottoli (riporto)
- da 1,7 a 4,5 m da p.c. → sabbia limosa con ghiaia
- da 4,5 a 5,0 m da p.c. → limo con sabbia e ghiaia

POZZETTO P2

- da 0,0 a 0,3 m da p.c. → suolo
- da 0,3 a 1,5 m da p.c. → sabbia limosa con ghiaia e ciottoli di colore marrone
- da 1,5 a 4,0 m da p.c. → sabbia limosa con ghiaia
- da 4,0 a 5,0 m da p.c. → ghiaia sabbiosa

POZZETTO P3

- da 0,0 a 0,5 m da p.c. → suolo limoso-sabbioso ricco di materiale vegetale
- da 0,5 a 3,0 m da p.c. → sabbia limosa debolmente ghiaiosa con rari ciottoli
- da 3,0 a 4,0 m da p.c. → ghiaia sabbiosa

POZZETTO P4

- da 0,0 a 0,3 m da p.c. → suolo limoso-sabbioso ricco di materiale vegetale
- da 0,3 a 2,5 m da p.c. → materiale di riporto costituito da sabbia, ciottoli e blocchi con resti di mattoni, plastica, ecc.
- da 2,5 a 4,5 m da p.c. → limo debolmente sabbioso
- da 4,5 a 5,0 m da p.c. → ghiaia sabbiosa

POZZETTO P5

- da 0,0 a 0,4 m da p.c. → suolo
- da 0,4 a 1,8 m da p.c. → materiale di riporto con resti vegetali

da 1,8 a 4,0 m da p.c. → limo sabbioso debolmente ghiaioso

da 4,0 a 4,5 m da p.c. → ghiaia e sabbia con ciottoli

POZZETTO P6

da 0,0 a 0,4 m da p.c. → suolo

da 0,4 a 1,8 m da p.c. → materiale di riporto

da 1,8 a 3,0 m da p.c. → ghiaia sabbiosa con ciottoli

da 3,0 a 3,5 m da p.c. → sabbia ghiaioso-limosa con rari ciottoli

POZZETTO P7

da 0,0 a 0,4 m da p.c. → suolo

da 0,4 a 2,5 m da p.c. → materiale di riporto

da 2,5 a 4,5 m da p.c. → sabbia ghiaioso-limosa con rari ciottoli

POZZETTO P8

da 0,0 a 0,4 m da p.c. → suolo

da 0,4 a 2,0 m da p.c. → materiale di riporto

da 2,0 a 4,0 m da p.c. → sabbia ghiaiosa poco addensata con rari ciottoli

POZZETTO P9

da 0,0 a 0,5 m da p.c. → suolo

da 0,5 a 3,0 m da p.c. → sabbia limosa con rari ciottoli

da 3,0 a 4,0 m da p.c. → sabbia ghiaioso-limosa

POZZETTO P10

da 0,0 a 0,4 m da p.c. → suolo

da 0,4 a 1,5 m da p.c. → materiale di riporto costituito da sabbia ghiaiosa con ciottoli e grossi blocchi; presenza di rifiuti

da 1,5 a 2,5 m da p.c. → ghiaia sabbiosa con ciottoli

POZZETTO P11

da 0,0 a 0,2 m da p.c. → suolo

da 0,2 a 1,0 m da p.c. → materiale di riporto con resti di laterizi e rifiuti

da 1,0 a 2,0 m da p.c. → limo sabbioso con resti vegetali

da 2,0 a 3,0 m da p.c. → ghiaia sabbiosa con ciottoli

Durante l'esecuzione dei pozzetti esplorativi erano stati raccolti 15 campioni, successivamente

sottoposti ad analisi granulometrica. I materiali erano stati classificati facendo riferimento a tre diverse classificazioni: le norme A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana), la classificazione UNI-CNR 10006 (rif. American Association of State Highway Officials - AASHO) e la classificazione U.S.C.S. (Unified Soil Classification System) adottato dal Corps of Engineers e dal Bureau of Reclamation statunitensi.

Nella tabella sono riassunti i risultati ottenuti:

Pozz.	Camp.	Prof.	Norme A.G.I.	Classif. UNI 10006	Classif. U.S.C.S.
1	1	2,0	Sabbia con ghiaia limosa	A1-b	SW
1	2	3,6	Ghiaia con sabbia debolmente limosa	A1-a	GW
1	3	5,0	Limo con sabbia	A6	ML
2	1	3,8	Sabbia con limo	A6	SM
2	2	5,0	Ghiaia con sabbia debolmente limosa	A1-a	GW
3	1	2,4	Sabbia ghiaiosa limosa debolmente argillosa	A2-6	SW
3	2	4,0	Ghiaia con sabbia	A1-a	GW
4	1	4,7	Ghiaia con sabbia	A1-a	GW
5	1	4,5	Ghiaia con sabbia	A1-a	GW
6	1	3,5	Sabbia con ghiaia debolmente limosa	A1-b	SW
7	1	4,5	Sabbia con ghiaia debolmente limosa	A1-b	SW
8	1	4,0	Ghiaia con sabbia	A1-a	GW
9	1	4,0	Sabbia ghiaiosa limosa	A2-6	SW
10	1	2,5	Ghiaia con sabbia	A1-a	GW
11	1	3,0	Ghiaia con sabbia	A1-a	GW

Confrontando la classificazione ottenuta con il metodo U.S.C.S. con la tabella dei "Valori orientativi dei parametri che caratterizzano la curva sforzi - deformazioni di forma iperbolica - Primo carico" tratta da Michele Jamiolkowski ed Erio Pasqualini, si può ottenere il range di variazione dell'angolo d'attrito interno dei materiali. I valori ottenuti sono riportati nella tabella sottostante.

Pozz.	Camp.	Classif. U.S.C.S.	Φ	Φ_{MEDIO}
1	1	SW	33°÷49°	36°
1	2	GW	32°÷53°	42°
1	3	ML	29°÷35°	32°
2	1	SM	29°÷38°	35°

2	2	GW	32°÷53°	42°
3	1	SW	33°÷49°	36°
3	2	GW	32°÷53°	42°
4	1	GW	32°÷53°	42°
5	1	GW	32°÷53°	42°
6	1	SW	33°÷49°	36°
7	1	SW	33°÷49°	36°
8	1	GW	32°÷53°	42°
9	1	SW	33°÷49°	36°
10	1	GW	32°÷53°	42°
11	1	GW	32°÷53°	42°

4.2 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Per l'esecuzione delle prove citate era stato utilizzato un penetrometro dinamico superpesante TG 63/100 KN della Ditta PAGANI motorizzato e cingolato le cui caratteristiche tecniche sono descritte nello schema allegato (fig. 1).

Si tiene a precisare che i dati ricavati tramite lo strumento in questione sono in tutto paragonabili a quelli della prova SPT (Standard Penetration Test) in foro di sondaggio. La prova penetrometrica dinamica (DP) consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta d'acciaio, prolungabile con l'aggiunta di aste successive; l'infissione avviene per battitura, facendo cadere da un'altezza costante un maglio di dato peso.

Si contano i colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza stabilita; la resistenza del terreno è funzione inversa della penetrazione per ciascun colpo e, diretta, del numero di colpi (NDP) per una data penetrazione.

La successione stratigrafica ottenuta mostra una notevole disomogeneità: al di sotto di uno strato superficiale di materiale di riporto presente nella porzione più orientale dell'area, si rilevano infatti alternanze di materiali interpretabili, anche grazie alla correlazione con i pozzetti eseguiti, come limi sabbiosi, sabbie limose più o meno sciolte, sabbie e ghiaie.

Nel corso dell'indagine svolta, era stata individuata la presenza di acqua di falda ad una profondità variabile da -1,1 m (prova n° 8) a -3,3 m da piano campagna (prova n° 1).

Nei tabulati allegati, relativi all'interpretazione geotecnica, è riportata la parametrizzazione geotecnica e, in particolare, i valori di DR, di Φ' e di γ_d , riassunti nella seguente tabella:

Materiale	D_R	Φ'	γ_d
Limi sabbiosi e sabbie limose sciolte	10÷25%	27°÷29°	1,38÷1,45 t/mc
Sabbie limose e sabbie ghiaiose sciolte	30÷50%	29°÷33°	1,48÷1,60 t/mc
Sabbie debolmente limose, sabbie e ghiaie	50÷90%	34°÷41°	1,61÷1,83 t/mc

Negli allegati vengono proposti tutti tabulati delle 15 prove effettuate e la loro ubicazione.

5 NUOVE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

5.1 SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO

Al fine di determinare con precisione le caratteristiche geologiche, stratigrafiche e geotecniche dei terreni oggetto di intervento, è stato effettuato un sondaggio a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 30 m da piano campagna. Con il termine “sondaggio” si intende una perforazione, verticale od orizzontale, avente lo scopo di determinare la natura e la qualità dei terreni. Il metodo utilizzato, adatto sia per i terreni che per le rocce, è quello a rotazione che prevede l'utilizzo di una sonda di perforazione provvista di aste, sull'ultima delle quali viene montato il tubo carotiere, utensile che consente il prelievo della carota da utilizzarsi per la ricostruzione stratigrafica e per l'esecuzione di prove di laboratorio.

Nel caso in esame è stato realizzato un sondaggio verticale, eseguito a carotaggio continuo, con un diametro pari a 101/127 mm utilizzando una sonda Comacchio Geo 305.

I campioni estratti, rappresentativi di tutta la lunghezza del sondaggio, sono stati ordinati e raccolti in apposite cassette catalogatrici (si veda la documentazione fotografica allegata), opportunamente classificate con gli estremi identificativi del sondaggio.

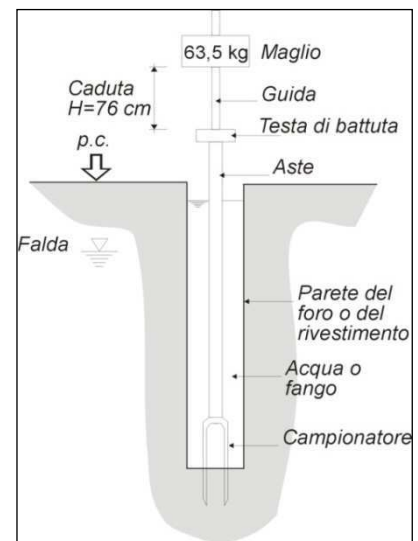
5.2 PROVE SPT

Durante l'esecuzione del sondaggio sono state eseguite 15 prove SPT: ogni 1,5 m nei primi 15 metri del sondaggio, ogni 3 m nei restanti 15 m. La prova SPT consente di determinare la resistenza a rottura che un terreno offre alla penetrazione dinamica di uno strumento infisso a partire dal fondo di un foro di sondaggio.

La prova consiste nel far cadere un maglio, del peso di 63,5 kg, da un'altezza di 760 mm, su una testa di battuta fissata alla sommità di una batteria di aste, alla cui estremità inferiore è avvitato il campionatore di dimensioni standardizzate.

Il numero di colpi (N) necessario per una penetrazione del campionatore pari a 300 mm (dopo l'eventuale penetrazione quasi-statica per gravità e dopo 150 mm di infissione dinamica per il posizionamento) è il dato assunto come indice della resistenza alla penetrazione (N_{SPT}).

Questo tipo di prova può essere eseguita in tutti i tipi di terreni, incluse le rocce tenere, e consente, attraverso l'esame del campione prelevato dal campionatore, una più sicura interpretazione del risultato.



Va posto in evidenza come essa in genere non simuli il comportamento del terreno nel campo delle sollecitazioni statiche e quindi i risultati possono essere correlati solo empiricamente con i parametri geotecnici.

La prova può considerarsi conclusa quando:

- non sono sufficienti 50 colpi per la penetrazione di uno dei tre tratti da 15 cm;
- si applicano 100 colpi per la penetrazione di 300 mm;
- non si osserva un'apprezzabile penetrazione con 10 colpi successivi.

Numerosi sono i fattori che possono influenzare i valori di NSPT per cui possono venire introdotti alcuni fattori correttivi quali:

- normalizzazione rispetto all'influenza della pressione del terreno sovrastante mediante l'espressione:

$$N_1 = C_N \cdot N$$

dove:

N è il numero di colpi (NSPT) misurati con la prova standard

N1 è il valore di N riferito ad un valore unitario di σ'_{V0} ;

CN è un coefficiente di correzione dipendente dal valore di σ'_{V0} e ricavabile come segue:

$$C_N = 1 / \sigma_{V0}^{(n)}$$

introducendo:

n = 0,56 (Jamiolkowski e al., 1985b)

n = 0,5 (Liao e Whitman, 1985)

- normalizzazione rispetto al dispositivo di battitura mediante l'espressione:

$$N_{60} = \frac{ER_{iM}}{60} \cdot N$$

dove:

- N_{60} è il numero di colpi corretto per riferirlo al rendimento 60%
- ER_{iM} è il rendimento medio misurato, espresso in percentuale
- N è il numero di colpi (NSPT) misurati con la prova standard

Il valore normalizzato di N che tenga conto delle due correzioni può essere espresso dalla relazione:

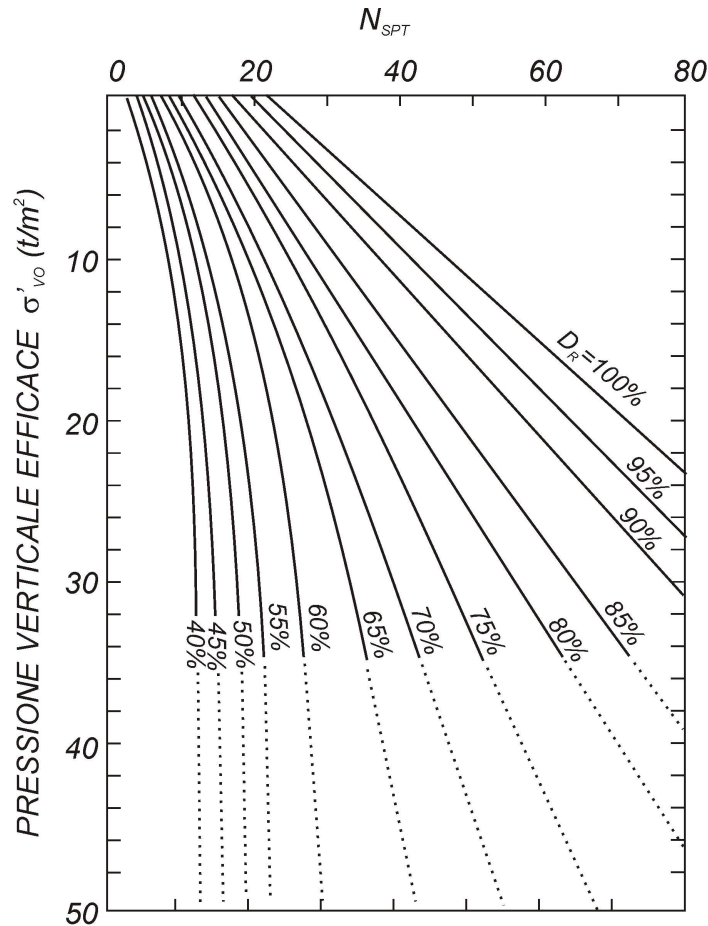
$$(N_1)_{60} = C_N (ER_{iM} / 60) N \approx \frac{ER_{iM} \cdot N}{60 \sqrt{\sigma'_{V0}}}$$

5.3 PARAMETRI RICAVABILI DALLE PROVE SPT

I parametri ricavabili da tale tipologia di prova risultano essere:

- Densità relativa

Usualmente si adotta la correlazione di Gibbs e Holtz (1957) valida per sabbie quarzose normal-consolidate, non cementate e che tiene conto dell'influenza della pressione verticale efficace.



Relazione fra N_{SPT} e densità relativa (D_R) delle sabbie.
(Gibbs e Holtz, 1957)

(valori in percentuale) e Terzaghi-Peck (valori qualitativi):

DR %					
0	15	35	50	65	85
100					
	Molto sciolta	Sciolta	Media	Addensata	Molto addensata
0	3	8	15	25	42
58					
(N_1) ₆₀					

Ai valori ottenuti è necessario apportare una riduzione di 55/60 nel caso di sabbie fini ed un incremento di 65/60 nel caso di sabbie grossolane.

- Angolo di attrito efficace (Φ')

La correlazione proposta da De Mello (1971) consente la valutazione dell'angolo di attrito Φ' in base al valore di NSPT e dello sforzo efficace σ'_{vo} , presentando le stesse condizioni di validità della relazione proposta per la DR da Gibbs e Holtz.

Per bassi valori dello sforzo verticale efficace ($\sigma'_{vo} < 10$ kPa) l'angolo di attrito risulta sopravvalutato, così come per valori di $\Phi' > 38^\circ$.

Di seguito viene riportata la correlazione proposta da Peck-Hanson-Thorburn (1953-'74):

NSPT	Φ'	NSPT	Φ'
5	28°	55	41,8°
10	30°	60	42,5°
15	31,5°	65	43,3°
20	33°	70	44°
25	34,5°	75	44,3°
30	36°	80	44,5°
35	37,3°	85	44,8°
40	38,5°	90	45°
45	39,8°	95	45°
50	41°	100	45°

- Modulo elastico (E)

E' possibile utilizzare la formula proposta da Schmertmann (1970) per le sabbie in cui:

$$E = 8 \cdot N$$

- Modulo di compressibilità edometrica

Confronti tra il NSPT ed il modulo di compressibilità $E_{ed}=1/mv$, sono stati condotti da Shultze e Menzenbach su numerosi provini di varia granulometria.

Essi hanno dato come risultato la seguente espressione:

$$E_{ed} = C_1 + (C_2 \cdot N_{SPT}) \pm S_E$$

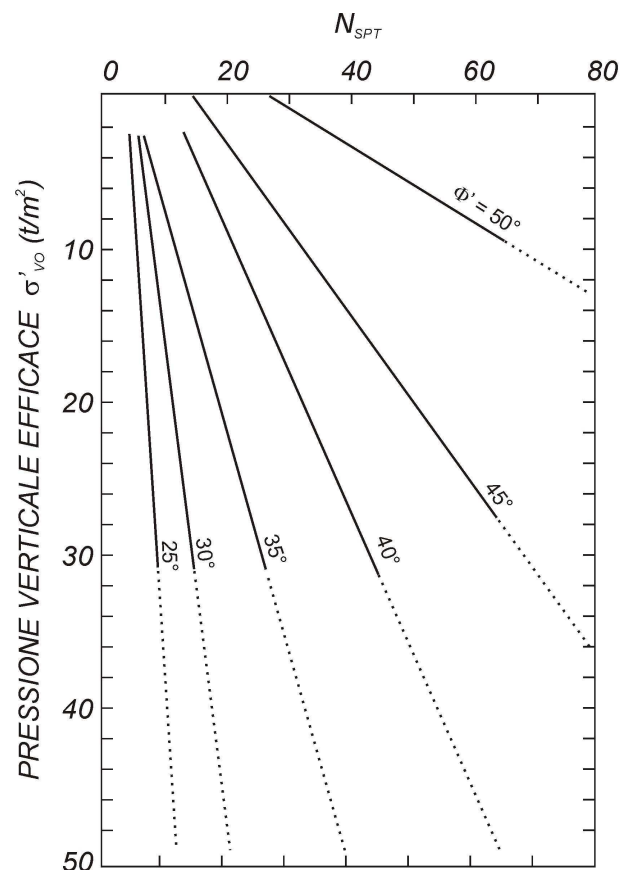
dove C_1 e C_2 sono costanti che dipendono dal materiale ed S_E è la deviazione standard.

- Stress ratio (τ/σ)

Rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ (tau) e la tensione verticale di consolidazione σ (sigma) per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie ed è stato definito da Seed ed al. (1985) come:

$$\frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d$$

dove:



Relazione fra angolo di attrito (Φ') delle sabbie e valori di NSPT, tenendo conto dell'influenza del peso del terreno sovrastante (σ'_{vo}) (De Mello, 1971)

a_{max} = accelerazione massima al piano campagna.

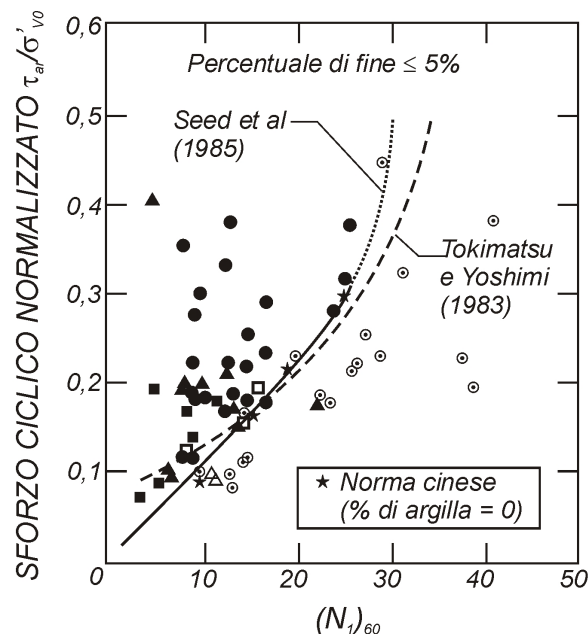
σ_{vo} = pressione verticale totale agente alla profondità considerata.

σ'_{vo} = pressione verticale efficace agente alla profondità considerata.

r_d = fattore dello sforzo che decresce dal valore di 1 al piano campagna al valore di 0,9 a 10 m di profondità.

In figura è illustrata la relazione fra lo sforzo ciclico ed il valore NSPT normalizzato, basata su siti sabbiosi con percentuale di fine $\leq 5\%$, che hanno mostrato fenomeni di liquefazione a seguito di terremoti di magnitudo dell'ordine di 7,5.

Le linea piena e quella tratteggiata indica il limite di separazione fra i terreni liquefacibili e non liquefacibili, rispettivamente proposte da Seed ed al. (1985) e Tokimatsu e Yoshimi (1983).



	Liquefazione		
	sì	marginale	no
Dati inter-americani	■	◼	◻
Dati giapponesi	●	◐	○
Dati cinesi	▲	△	△

Stima della potenzialità alla liquefazione delle sabbie in base al valore N_{SPT} normalizzato $[(N_1)_{60}]$
(Seed e al. 1985; Tokimatsu e Yoshimi, 1983)

6 RISULTATI DELLE PROVE EFFETTUATE

6.1 SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO

Di seguito viene riportata la stratigrafia del sondaggio realizzato

Profondità	Descrizione litologica
0,00 - 0,10	Terreno vegetale.
0,10 - 0,90	Materiale di riporto medio-grossolano con resti di laterizi di colore marrone scuro.
0,90 - 1,70	Sabbia medio-fine limosa con clasti sub-arrotondati di origine vulcanica e metamorfica di colore 2.5Y 7/2 secondo la Munsell Soil Color Chart.
1,70 - 1,90	Limo sabbioso con elevato contenuto organico di colore 2.5Y 4/4.
1,90 - 2,20	Sabbia medio-fine limosa con clasti sub-arrotondati di origine vulcanica e metamorfica di colore 2.5Y 7/2.
2,20 - 2,80	Limo sabbioso con elevato contenuto organico di colore 2.5Y 4/4.
2,80 - 3,40	Sabbia in matrice limosa con ghiaia inglobante clasti vulcanici e metamorfici sub-spigolosi con diametro massimo di 4 cm.
3,40 - 3,60	Ghiaia a supporto di matrice sabbiosa fine limosa di colore grigio chiaro con clasti e ciottoli sub-arrotondati.
3,60 - 10,80	Sabbia medio-grossolana con ghiaia e presenza di ciottoli inglobati di origine metamorfica di diametro medio 4-5 cm; puntuale presenza di blocchi (4,70 m; 9,00 m) in matrice limosa moderata. Colore 5Y 7/4.
10,80-13,60	Sabbia fine da limosa a con limo con puntuali ciottoli inglobati; comportamento poco plastico. Colore GLEY2 6/5B.
13,60 - 15,50	Sabbia medio-fine limosa compatta con modesta presenza di ghiaia con clasti di piccole dimensioni sub-arrotondati di colore 2.5Y 7/3.
15,50 - 19,40	Sabbia medio fine da limosa a con limo con comportamento mediamente plastico; clasti e piccoli ciottoli inglobati sub-arrotondati con diametro medio 2-4cm. Fra 18,00 e 18,10 diminuzione della presenza di ghiaia.
19,40 - 20,00	Ghiaia in matrice sabbioso-limosa con elevato contenuto di clasti e piccoli ciottoli sub-arrotondati di origine metamorfica di dimensione media 2-5 cm.
20,00 - 30,00	Sabbia media-grossolana limosa compatta che puntualmente si presenta debolmente ghiaiosa. Colore 5Y 7/6.

6.2 PROVE SPT

Al fine di possedere elementi utili per la modellazione geotecnica del terreno, si sono eseguite le prove SPT nel foro di sondaggio, prove che hanno fornito i seguenti risultati.

PROFONDITÀ	RISULTATO	N _{SPT}
1,5	2-2-5	7

3,0	3-6-9	15
4,5	22-33-38	71
6,0	23-14-8	22
7,5	4-6-7	13
9,00	Rif.	Rif.
10,50	17-18-18	36
12,00	12-15-15	30
13,50	13-10-14	24
15,00	10-15-18	33
18,00	41-Rif.	Rif.
21,00	22-27-30	57
24,00	24-26-27	53
27,00	14-21-28	49
30,00	34-38-42	80

Tutti i dati ottenuti nella presente indagine geognostica, unitamente a quelli ottenuti in quella pregressa, saranno utilizzati per la definizione del modello geologico e di quello geotecnico.

7 MODELLO GEOLOGICO

Sulla base delle indagini effettuate nel 2005 e del sondaggio effettuato per il progetto attuale è stato possibile costruire un modello geologico del terreno così riassumibile:

- fra 0,0 e 2,0 metri da piano campagna: terreno di riporto con presenza di laterizi;
- fra 2,0 e 4,0 metri da piano campagna: alternanza di livelli di sabbia fine limosa e limo sabbioso con presenza di livelli organici;
- fra 4,0 e 10,8 metri da piano campagna: sabbia media grossolana e ghiaia con presenza di ciottoli e blocchi in una matrice limosa, presenza di livelli più prettamente limosi;
- fra 10,8 e 19,4 m da piano campagna: sabbia fine limosa in alternanza con livelli più ghiaiosi;
- fra 19,4 e 30,0 m da piano campagna: sabbia e ghiaia limosi.

Tutti i depositi sono di origine glaciale o fluvioglaciale e si presentano con granulometrie eterogenee e con una variabilità spaziale elevata.

8 MODELLO E PARAMETRAZIONE GEOTECNICA

Dalla modellazione geologica descritta nel precedente capitolo, che ha permesso di individuare la tipologia di depositi presenti, si è potuta determinare la parametrizzazione geotecnica del terreno e valutarne le caratteristiche. Per tale motivo facendo riferimento all'indagine eseguita, si sono ricavati alcuni parametri del terreno, che vengono di seguito elencati: si tratta della densità relativa, dell'angolo di attrito efficace, del peso di volume secco e del valore medio degli N_{SPT} rilevati.

MATERIALE	DR	Φ' [°]	γ_d [t/mc]	γ_s [t/mc]	N_{SPT}
Riporto	35÷77%	30÷39°	1,50÷1,78	1,93÷2,11	10÷42
Alternanza di limi e sabbie	11÷51%	27,2÷33,3°	1,38÷1,60	1,54÷2,00	3÷21
Sabbia ghiaiosa limosa	31÷83%	30,0÷40,5°	1,50÷1,83	1,93÷2,14	10÷71
Sabbia limosa ghiaiosa	34÷41%	32,6÷34,4°	1,59÷1,64	1,99÷2,02	24÷33
Sabbia e ghiaia limosi	35÷44%	36,1÷40,6°	1,72÷1,84	2,07÷2,14	49÷80

In conformità alla normativa vigente, devono essere definiti i valori “caratteristici” dei parametri geotecnici: con tale termine si intende *“quel valore a cui è fissata la probabilità di non superamento e rappresenta la soglia al di sotto della quale si colloca non più del 5% dei valori”*.

In conformità alla normativa vigente, devono essere definiti i valori “caratteristici” dei parametri geotecnici: con tale termine si intende *“quel valore a cui è fissata la probabilità di non superamento e rappresenta la soglia al di sotto della quale si colloca non più del 5% dei valori”*.

Avendo a disposizione un numero congruo di misure (≥ 5), si adotta rispettivamente la seguente formula:

$$x_k = x_m + 1,645 \cdot \sigma_x$$

dove:

- x_m : valore medio;
- 1,645: costante relativa alla distribuzione normale;
- n : numero di dati;
- σ : scarto quadratico medio.

Disponendo invece di un numero di misure inferiore a 5, si adotta la seguente formula:

$$x_k = x_m - 1,645 \cdot \sigma_x$$

- x_m : valore medio;

- 1,645: costante relativa alla distribuzione normale;
- σ_x : deviazione standard;
- COV: coefficiente di variazione (da fonti bibliografiche, pari a 5 nel caso di studio).

A seguito delle elaborazioni sviluppate, nella tabella seguente viene riassunta la parametrizzazione geotecnica dei vari orizzonti identificati dal modello geologico. Per quanto concerne il peso di volume si ritiene più adeguato utilizzare un valore naturale, equivalente ad un peso parzialmente saturo in assenza di falda.

MATERIALE	Φ_k [°]	γ_N [t/mc]	c [kg/cmq]
Riporto	29,1°	1,7	0
Alternanza di limi e sabbie	26,5°	1,7	0
Sabbia ghiaiosa limosa	30,6°	1,8	0
Sabbia limosa ghiaiosa	30,9°	1,8	0
Sabbia e ghiaia limosi	34,6°	1,9	0

Si precisa come la parametrizzazione determinata in modo statistico risulta congruente con le caratteristiche dei depositi presenti.

Le caratteristiche geotecniche possono essere definite come “discrete” per i depositi di riporto, “da mediocri a scadenti” nelle alternanze presenti fino a 4 metri da piano campagna, di nuovo “discrete” fino a 10 m da piano campagna e “buone” al di sotto di tale quota.

9 INDAGINE GEOFISICA CON IL METODO MASW

L'Ordinanza n. 3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 ha individuato per ciascun comune una zona sismica di appartenenza (da 1 a 4) relativa alla maggiore (zona 1) o minore (zona 4) suscettività sismica del territorio comunale stesso.

Il Comune di Gattico-Veruno è individuato in Zona sismica 4 nell'elenco della zonazione sismica dei comuni italiani.

Le indagini eseguite vengono sviluppate allo scopo di definire del parametro sismico V_{seq} medio negli strati di terreno, per meglio determinare il fattore di rischio sismico nel caso si manifestasse il sisma di riferimento. Al valore della velocità delle Onde Trasversali (V_s) corrisponde la propensione dei terreni ad esaltare/contenere (effetto di sito) le sollecitazioni provocate dalle onde sismiche superficiali, che sono le più pericolose nei confronti dei manufatti.

Come accennato in premessa, per lo studio delle V_s nel presente lavoro si è adottato il metodo MASW (acronimo di *Multichannel Analysis Surface Waves*).

9.1 GENERALITÀ SULLE ONDE SISMICHE

La prospezione sismica consiste in una serie di misure, condotte in superficie, sulla variazione nello spazio della proprietà fisica dei terreni denominata "elasticità".

Tale metodo non sfrutta campi di forze naturali ma richiede l'immissione artificiale nel terreno di una certa quantità di energia, la cui intensità, così come la distanza fra sorgente di energia e apparecchi di misura, può essere regolata al fine di rispondere al meglio ai quesiti posti dall'indagine.

Tale energia genera nel terreno delle onde sismiche che si dividono in due grandi categorie:

- onde di corpo (o di volume): onde P (Primarie) e onde S (Secondarie).
- onde superficiali (onde di Rayleigh e onde di Love).

Tra le onde generate, per più di due terzi vengono trasmesse 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.

Onde di corpo

Le Onde P sono delle onde di corpo di compressione (o longitudinali) e corrispondono a

compressioni e rarefazioni del mezzo in cui viaggiano: al loro passaggio le particelle di terreno infatti oscillano in avanti e indietro nella stessa direzione di propagazione dell'onda.

Sono le onde più veloci generate da un sisma, quindi sono le prime avvertite, da cui il nome di Onda P (Primaria).

La velocità dell'onda può essere ricavata dall'equazione:

$$V_p = \sqrt{\frac{k + \frac{4}{3}\mu}{\rho}}$$

con :

- k che rappresenta il modulo di incompressibilità;
- μ è il modulo di rigidità;
- ρ la densità del materiale attraversato dall'onda.

Le Onde S sono onde di corpo che oscillano perpendicolarmente rispetto alla direzione di propagazione. Possono essere immaginate come le onde che si propagano su una corda che viene fatta oscillare. Un'importante caratteristica di queste onde è che non possono propagarsi in mezzi fluidi:

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

con:

- μ che rappresenta il modulo di taglio del materiale;
- ρ la densità.

Dal confronto delle due relazioni sopra citate, è possibile osservare come la velocità delle onde S è necessariamente inferiore alla velocità delle onde P (in quanto manca il termine K) e raggiungono una velocità che si aggira solitamente intorno al 60-70% della velocità delle onde P. Per questo motivo giungono sempre dopo le Onde P (da cui onde S come Secondarie).

Onde superficiali

Le onde superficiali (o onde di superficie) vengono a crearsi a causa dell'intersezione delle onde di corpo con la superficie. Queste onde vengono trasmesse lungo la superficie e decadono esponenzialmente con la profondità (è questo il motivo per cui si dicono superficiali). Queste onde vengono generate facilmente nelle situazioni in cui la sorgente sismica è poco profonda. È da sottolineare che in caso di terremoto, dalla sorgente sismica vengono generate solo Onde P e Onde S, in quanto queste sono le onde di corpo, cioè le onde che si propagano all'interno della terra mentre non vengono generate direttamente le onde superficiali.

La velocità delle onde di superficie è inferiore alla velocità delle onde di corpo, per cui il loro

arrivo è successivo all'arrivo delle Onde P ed S, al contrario l'ampiezza di queste onde è notevolmente maggiore di quella delle onde di corpo.

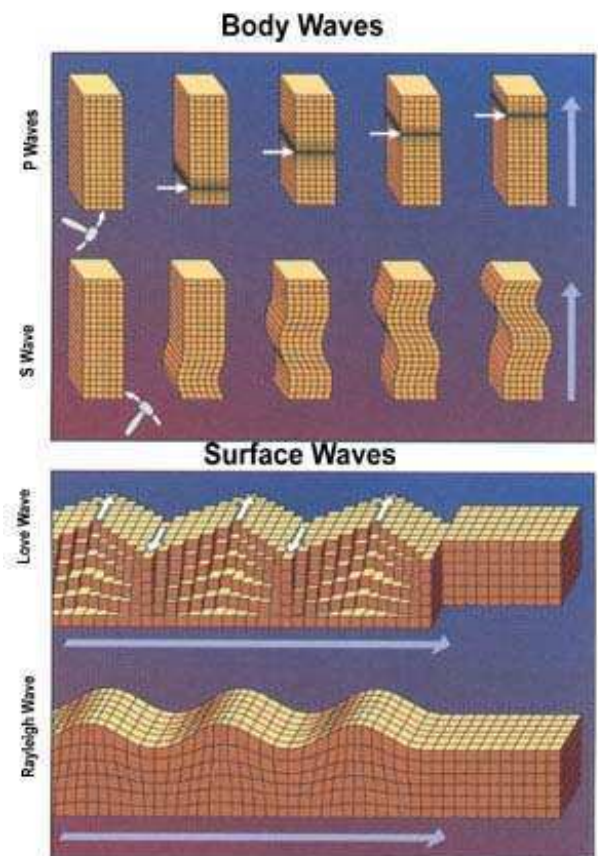
Le Onde di Rayleigh vengono generate quando un'onda S, che incide sulla superficie libera, viene in parte riflessa, determinando un'ulteriore onda che si propaga sulla superficie stessa.

Queste onde esistono sia in semispazi omogenei (in questo caso la sua velocità è circa 0,92 volte la velocità delle onde S) che disomogenei (in cui risulta essere un'onda dispersa, cioè la sua velocità dipende dalla frequenza). Per meglio visualizzarle possono essere immaginate come molto simili a quelle che si creano gettando un sasso nello stagno, provocando quindi uno scuotimento o un sussulto del terreno. Il loro moto è vincolato in uno spazio verticale contenente la direzione di propagazione dell'onda.

Le Onde di Love sono anch'esse generate dalla riflessione delle Onde S sulla superficie libera del terreno, ma vengono generate solo nei mezzi in cui la velocità delle Onde S aumenta con la profondità (quindi siamo in presenza di un mezzo disomogeneo) e quindi sono sempre onde disperse. Le Onde di Love fanno vibrare il terreno sul piano orizzontale lungo la direzione ortogonale rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.

La velocità delle onde di Love è maggiore di quella delle onde S negli strati più superficiali della crosta, ma minore della stessa negli strati più bassi.

Nella figura è illustrato il movimento dei diversi tipi di onde di corpo e di superficie.



9.2 CARATTERISTICHE DEL METODO

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.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde di Rayleigh e di Love, è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

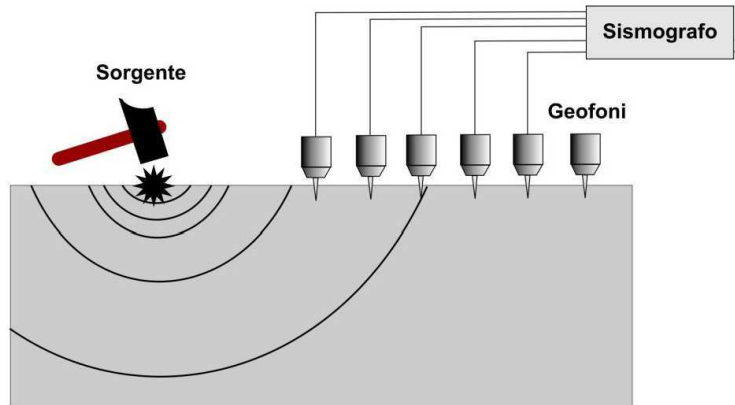
L'intero processo comprende tre passi successivi:

1. l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll),
2. la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza)
3. l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Modalità di esecuzione, strumentazione e squadra

Per ottenere un profilo Vs è necessario produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarli minimizzando il rumore.

La base sismica (disegno a lato) è costituita da uno stendimento formato da un cavo multipolare cui sono collegati 12/24 geofoni a bassa frequenza (4,5 Hz), tali geofoni vengono infissi nel terreno con un intervallo variabile.



Attraverso tali geofoni (ricevitori)

vengono rilevati gli impulsi sismici generati artificialmente da una sorgente di energia (mazza, fucile sismico, ecc.); gli impulsi sismici vengono poi trasformati in impulsi elettrici dal sismografo registratore che ha la possibilità di ampliarli e decodificarli.

Al fine di migliorare la qualità del segnale viene eseguita l'operazione di stacking: si tratta di sommare più acquisizioni pertinenti allo stesso stendimento, eseguendo un numero n di battute.

Il punto di energizzazione "P" è ubicato all'estremità dello stendimento, ad una distanza (offset) variabile dall'ultimo geofono; il tempo "zero", corrispondente all'attimo dell'energizzazione, viene inviato al sismografo registratore da un geofono starter, collegato via cavo.

Per ogni punto di energizzazione si effettua una registrazione dei tempi di arrivo ai geofoni degli impulsi generati per una finestra di ricezione di 2000 millisecondi (2,0 sec) sufficiente a captare tutti gli arrivi d'onda e le relative attenuazioni.

La strumentazione utilizzata è la seguente:

- sismografo PASI 16S24U 24 canali;
- notebook ASUS per la registrazione dei dati;
- geofoni PASI ad asse orizzontale da 4,5 Hz;
- cavi sismici multipolari con 24 prese intervallate di 5 metri;
- massa battente;



- geofono starter, munito di "switch" per l'invio via cavo del "time break" al sismografo;
- cavi di prolunga e collegamento.

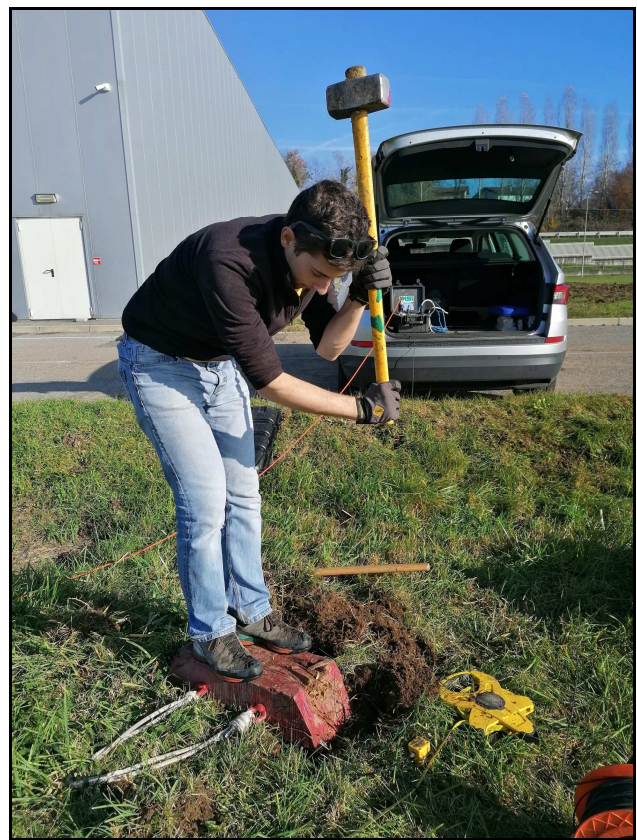
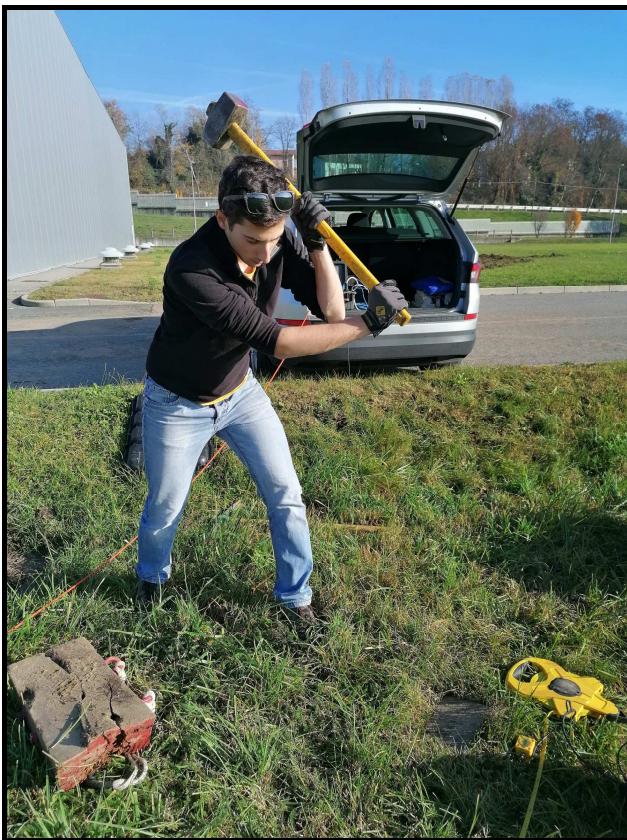
La squadra geofisica è stata composta da:

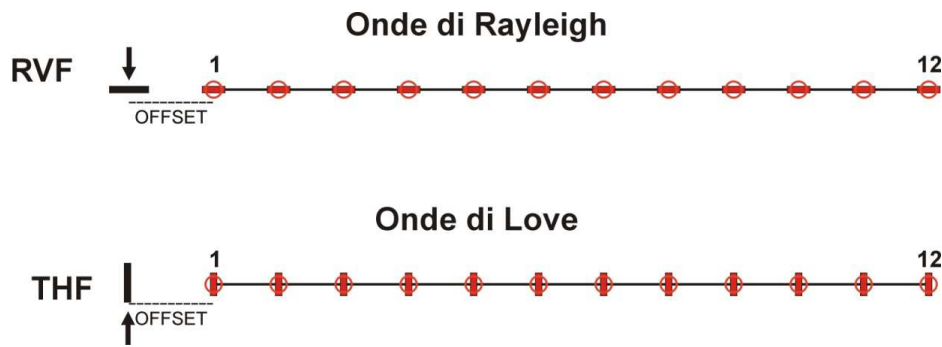
- geologo-geofisico responsabile dell'unità operativa;
- geologo.

Per una completezza di dati che consenta una migliore modellizzazione del sottosuolo, vengono effettuate molteplici acquisizioni per l'ottenimento sia delle onde di Rayleigh sia di quelle di Love. Come illustrato nello schema e nelle immagini e sottostanti, per la registrazione delle diverse tipologie di onde si ha una diversa direzione di energizzazione ed un diverso posizionamento dei geofoni.

Onde di Rayleigh: l'energizzazione avviene perpendicolarmente alla superficie del terreno, acquisendo i dati con geofoni orizzontali con asse disposto parallelamente all'asse dello stendimento (Acquisizione RVF – Radial Vertical Force).

Onde di Love: l'energizzazione avviene parallelamente alla superficie del terreno (colpendo la piastra ortogonalmente all'asse dello stendimento) e l'asse dei geofoni viene disposto perpendicolarmente all'asse dello stendimento (Acquisizione THF – Transversal Horizontal Force).





9.3 ELABORAZIONE DEI DATI

Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

Per le analisi dei dati acquisiti si è utilizzato il software winMASW 2018 Academy, prodotto dalla Società EliaSoft.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento.

Per ottenere il profilo verticale Vs dalla curva di dispersione è necessario conoscere i valori approssimati del rapporto di Poisson e della densità; tali valori vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali (stratigrafie di pozzi limitrofi).

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh, vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane ed infine le onde riverberate (back scattered), generate dalle disomogeneità superficiali, dal rumore ambientale e da quello imputabile alle attività umane.

Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale: le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni), mentre quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità.

Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali, quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative a ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse

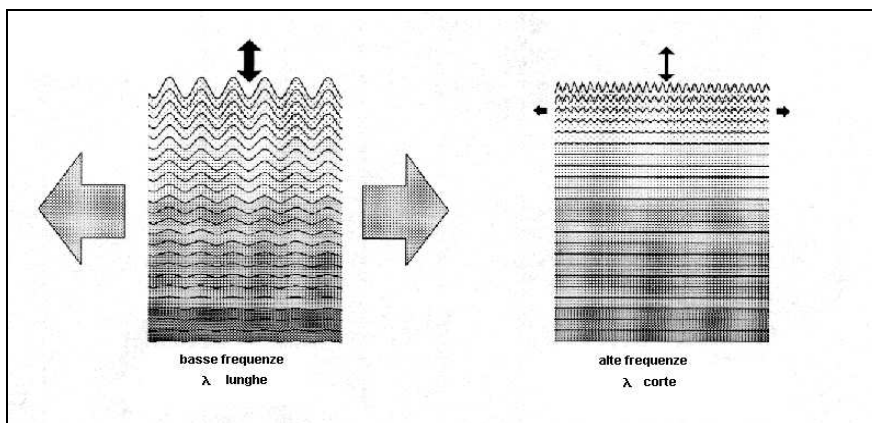
velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore analizzando la fase e la frequenza dipendentemente dalla distanza dalla sorgente. La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione.

La scelta dei parametri di elaborazione, così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza.

La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x, y) il cui legame costituisce la curva di dispersione. È anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso la metodologia MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti Segnale/Disturbo (S/N). Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo V_s di inversione.

L'illustrazione sottostante mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori) sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.



L'analisi della dispersione delle onde di superficie per la determinazione del profilo Vs, si sviluppa essenzialmente in due operazioni svolte in successione:

1. determinazione dello spettro di velocità dal quale vengono, per così dire, estratte le proprietà dispersive delle onde di superficie (curve di dispersione);
2. inversione delle curve di dispersione precedentemente individuate.

L'analisi delle curve di dispersione viene svolta nel dominio f-v (frequenza-velocità).

Il processo di inversione consente di passare dalla curva di dispersione al profilo verticale della velocità delle onde di taglio (Vs): poiché il dato che si va ad invertire non è un dato oggettivo ma un dato interpretato, una cattiva interpretazione del dato porta necessariamente ad un errore nel profilo Vs ricostruito.

Per effettuare l'interpretazione delle curve di dispersione si preferisce effettuare una modellazione diretta piuttosto che affidarsi in modo semplicistico alla procedura picking → inversione automatica.

Nella modellazione diretta occorre tenere in considerazione che le alte frequenze sono influenzate dalla porzione superficiale del terreno mentre le basse frequenze da quella profonda.

Effettuare un'analisi congiunta, ad esempio utilizzando le onde di Rayleigh e quelle di Love, consente di ridurre l'incertezza del modello.

9.4 CARATTERISTICHE DELLE INDAGINI MASW ESEGUITE

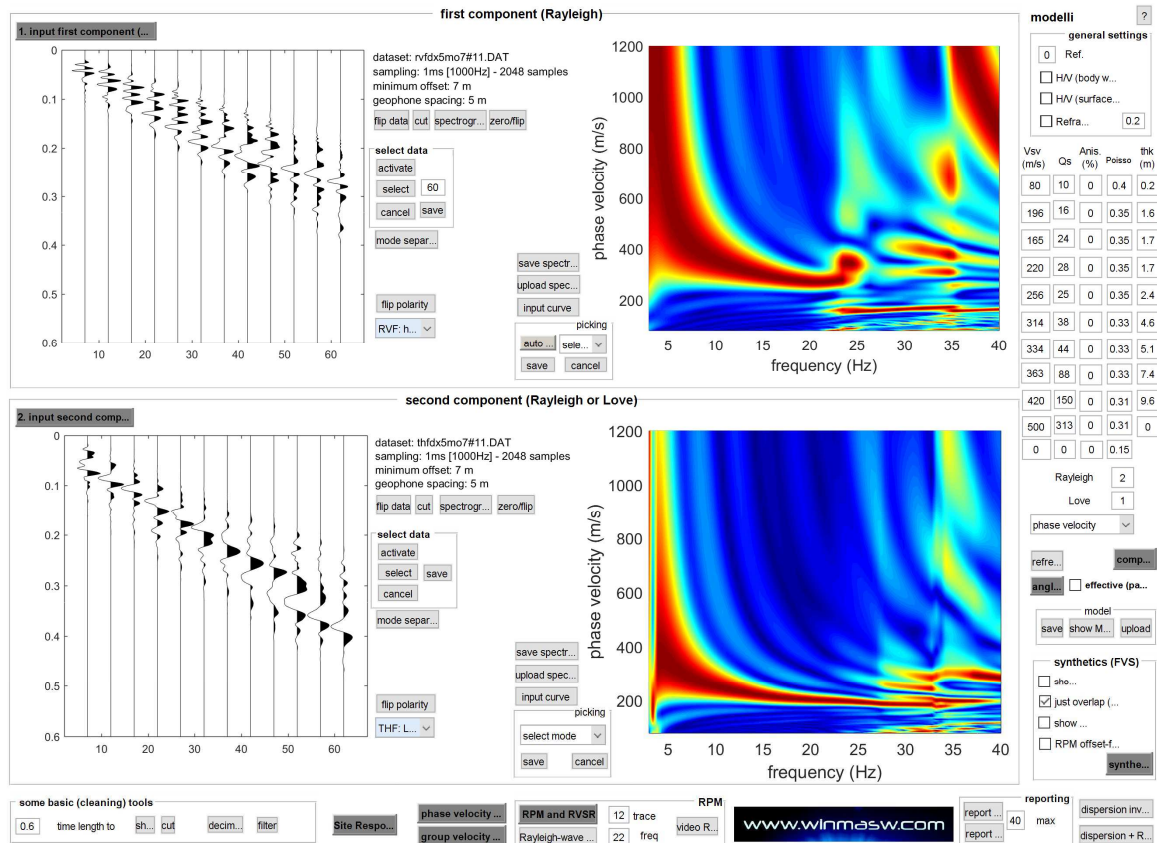
Il sito è costituito da depositi quaternari di tipo incoerente, di genesi glaciale.

Entrambe le indagini effettuate sono state realizzate mediante uno stendimento di 12 geofoni, con distanza intergeofonica pari a 5 m, per una lunghezza complessiva dello stesso di 55 m. Le acquisizioni, sia di tipo RVF che THF, sono state effettuate con offset pari 5 m ed energizzazione mediante l'utilizzo di una massa battente di peso pari a 8 kg.

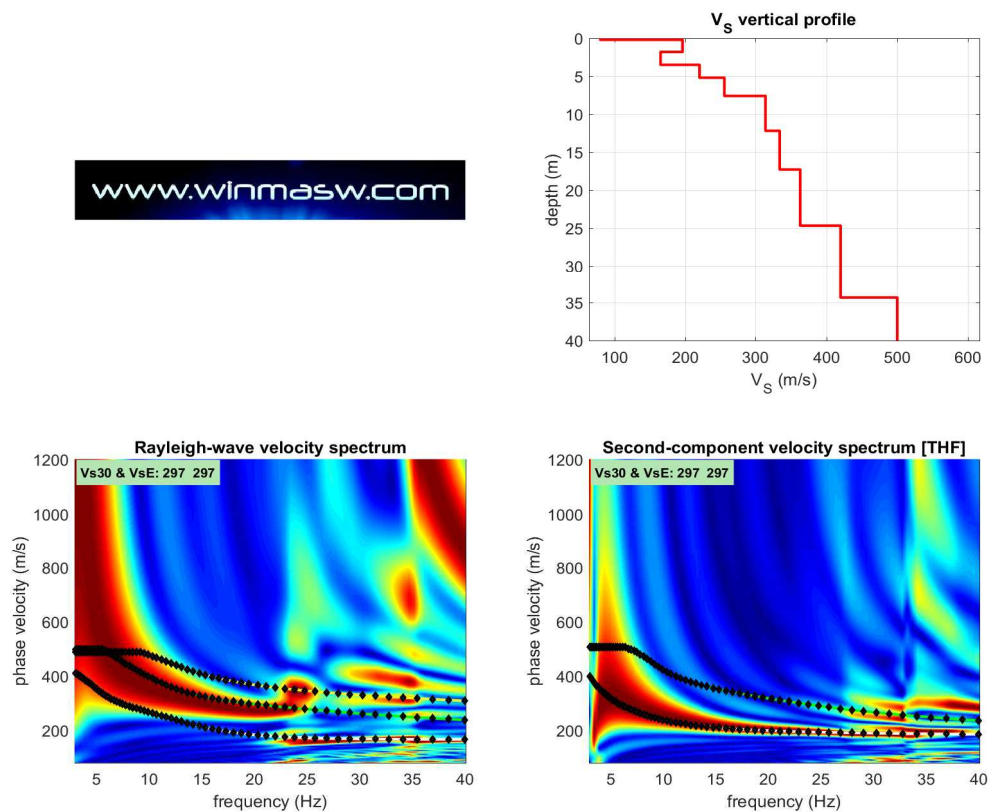
9.4.1 Prova n° 1

Per la definizione del modello del terreno si è proceduto all'analisi congiunta delle onde di Love e di quelle di Rayleigh.

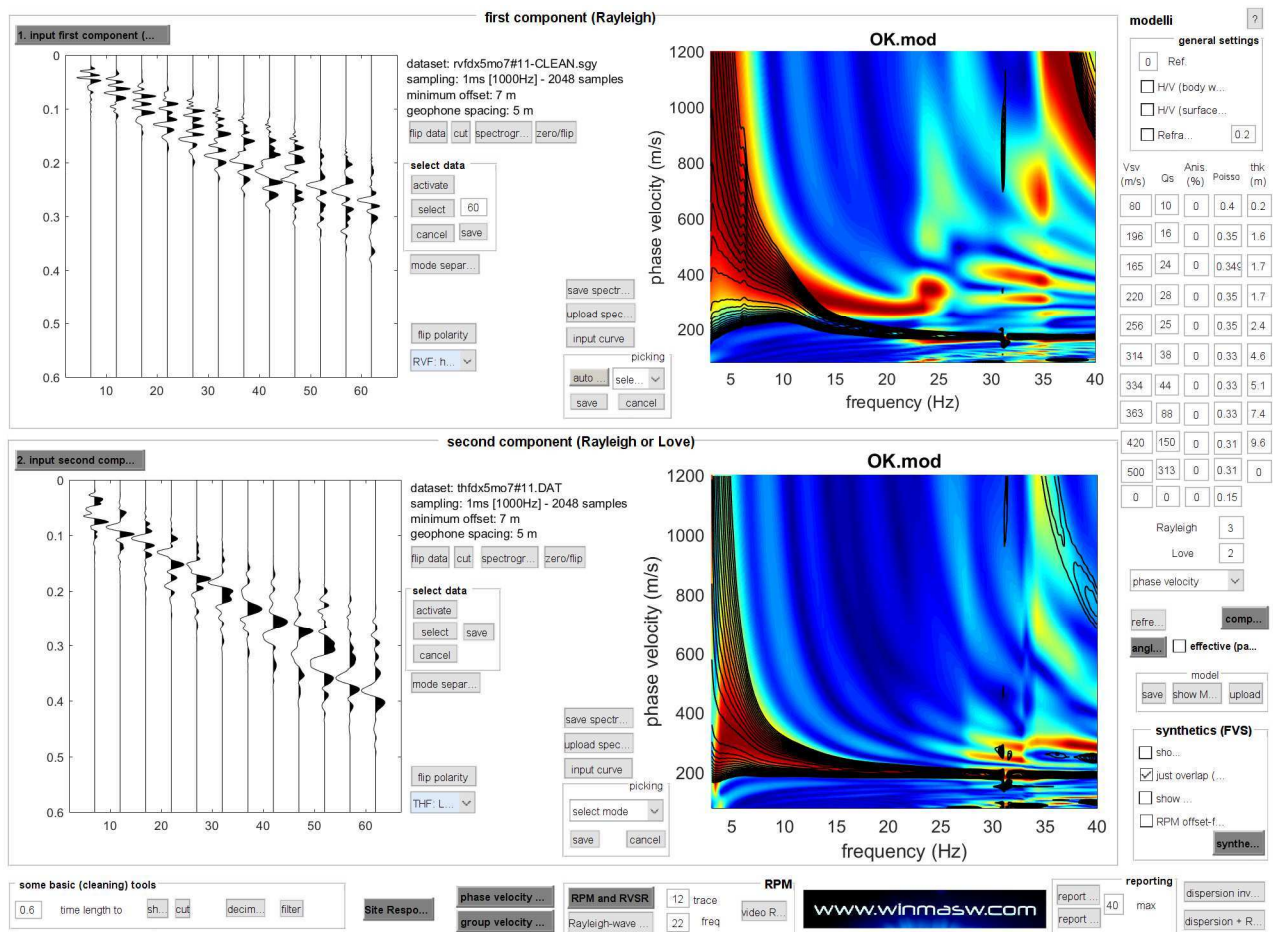
Di seguito è riportata l'immagine che contiene le registrazioni delle onde di Rayleigh e delle onde di Love.



Nella figura sotto riportata vengono illustrati la curva di dispersione relative alle onde di Rayleigh ed il grafico con l'andamento delle velocità.



Nell'immagine sottostante sono infine i modelli sintetici, che mostrano una buona corrispondenza con quanto registrato.



Di seguito viene proposta la tabella che riporta le velocità Vs per ciascuno strato.

Vs model (Vs30 & VsE: 297 297 m/s)

layer	Vs {m/s}	thickness {m}	depth {m}
1	80	0.2000	0.2000
2	196	1.6000	1.8000
3	165	1.7000	3.5000
4	220	1.7000	5.2000
5	256	2.4000	7.6000
6	314	4.6000	12.2000
7	334	5.1000	17.3000
8	363	7.4000	24.7000
9	420	9.6000	34.3000
10	500	0	0

La $V_{s,eq}$ viene definita dalla formula:

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

dove:

h_i = spessore dello strato individuato con specifica velocità V_s .

V_i = velocità V_s dello strato h_i .

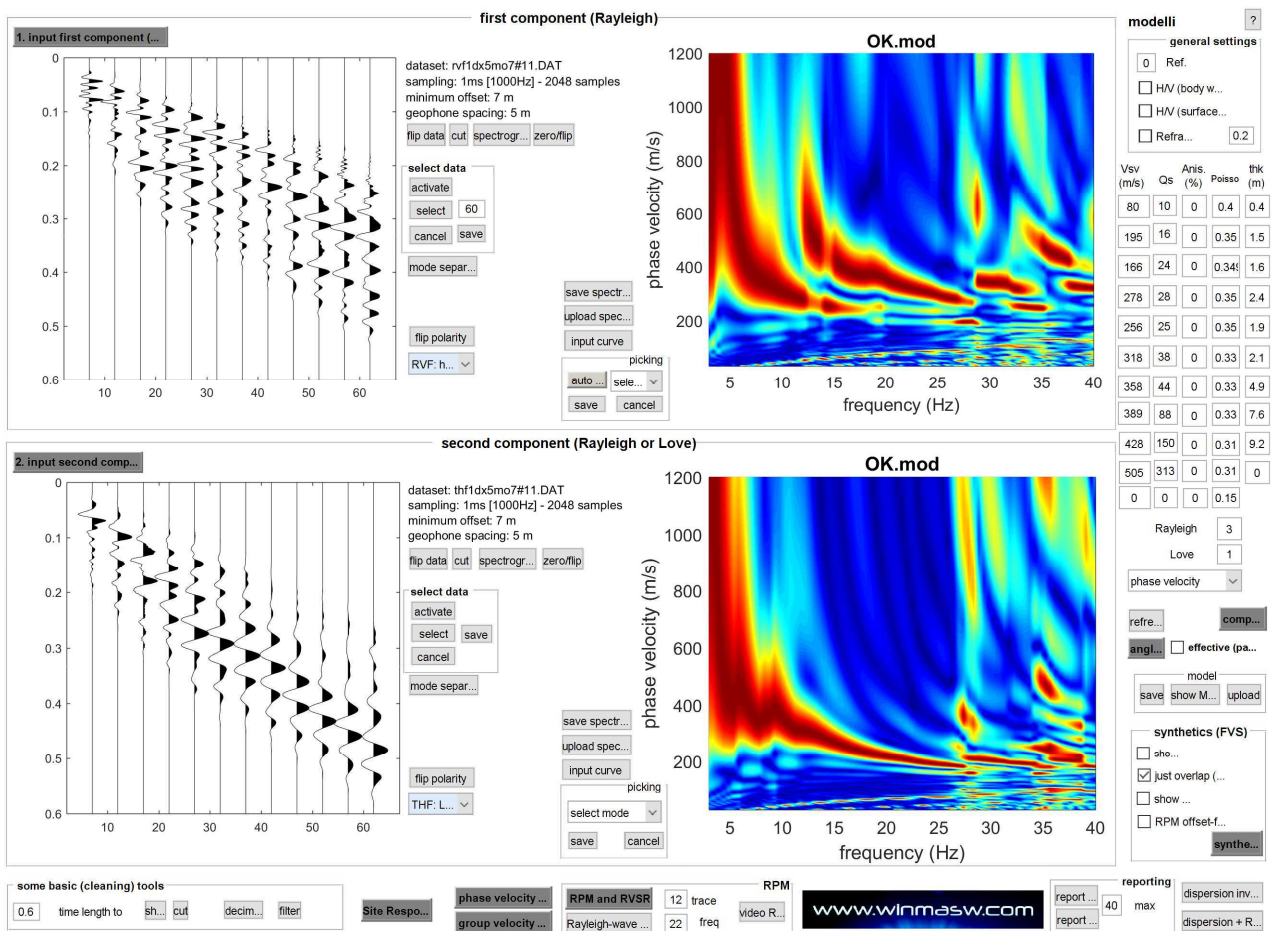
H = profondità del substrato, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s

Per il caso in esame è stato determinato un valore di $V_{s,eq}$ pari a 297 m/sec a piano campagna.

9.4.2 Prova n°2

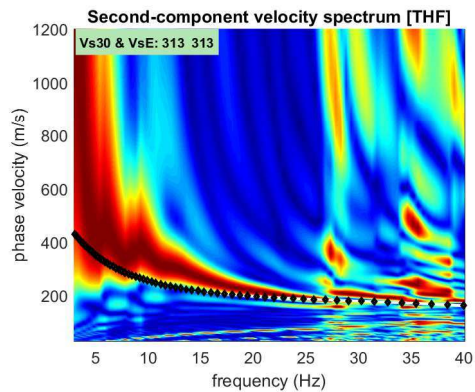
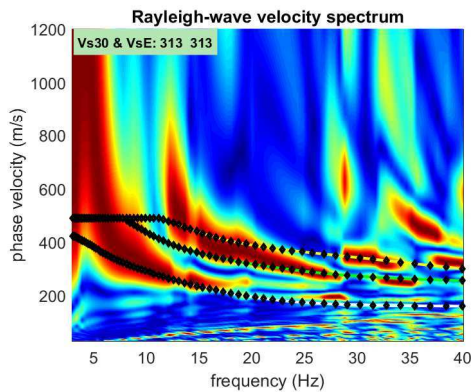
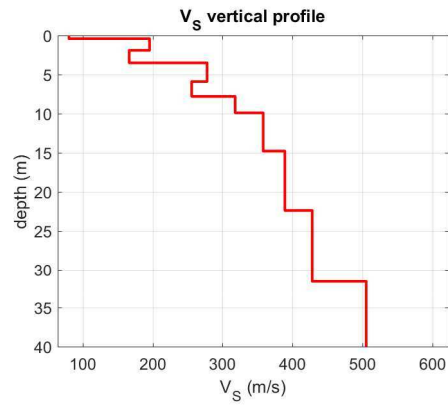
Anche in questo caso, per la definizione del modello del terreno si è proceduto all'analisi congiunta delle onde di Love e di quelle di Rayleigh.

Di seguito è riportata l'immagine che contiene le registrazioni delle onde di Rayleigh e delle onde di Love.

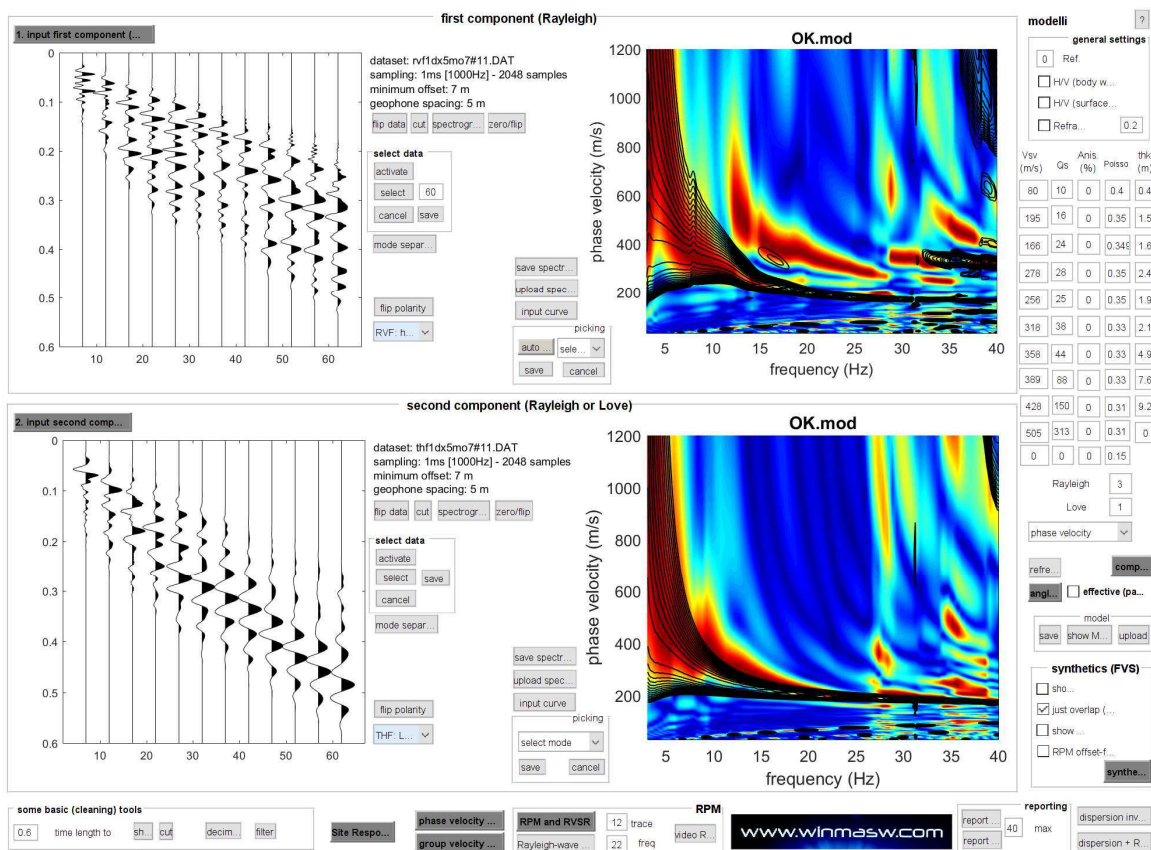


Nella figura sotto riportata vengono illustrati la curva di dispersione relative alle onde di Rayleigh ed il grafico con l'andamento delle velocità.

www.winmasw.com



Nell'immagine sottostante sono infine i modelli sintetici, che mostrano una buona corrispondenza con quanto registrato.



Di seguito viene proposta la tabella che riporta le velocità Vs per ciascuno strato.

Vs model (Vs30 & VsE: 313 313 m/s)

layer	Vs {m/s}	thickness {m}	depth {m}
1	80	0.4000	0.4000
2	195	1.5000	1.9000
3	166	1.6000	3.5000
4	278	2.4000	5.9000
5	256	1.9000	7.8000
6	318	2.1000	9.9000
7	358	4.9000	14.8000
8	389	7.6000	22.4000
9	428	9.2000	31.6000
10	505	0	0

9.5 CLASSIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO

Il Decreto Ministeriale 17/01/2018 definisce, come detto, cinque categorie di sottosuolo in funzione del valore di $V_{s,eq}$.

CAT.	DESCRIZIONE
A	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 dalle caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 e 800 m/s
C	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 graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 e 360 m/s
D	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 graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente e riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m

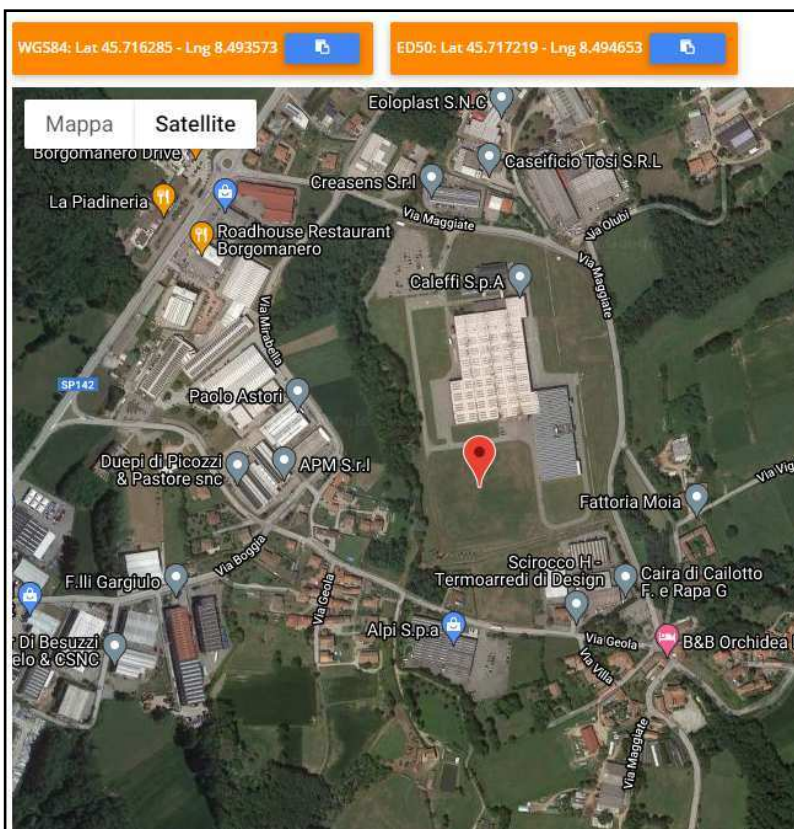
Le due prove effettuate hanno fornito valori di V_{seq} simili (297 e 313 m/sec) e compresi fra 180 e 360 m/s permettendo così di attribuire i terreni alla categoria dei suoli di fondazione di tipo "C" (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 e 360 m/s*).

10 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Per l'analisi sismica specifica del sito di intervento occorre innanzitutto individuare la posizione dell'area, in modo da definire i relativi spettri di risposta rappresentativi delle componenti orizzontali e verticali delle azioni sismiche di progetto.

La definizione di tali spettri, relativi ad uno specifico Stato Limite, è articolata in tre fasi:

- **FASE 1** – individuazione della pericolosità del sito, sulla base dei risultati del progetto S1-INGV.
- **FASE 2** – scelta della strategia di progettazione.
- **FASE 3** – determinazione dell'azione di progetto.



FASE 1 E 2

Una volta provveduto all'individuazione geografica del sito (immagine a lato), le variabili da considerare sono la classe dell'opera e la vita nominale della stessa.

Nel caso in esame si è fatto riferimento alla classe d'uso II *“Costruzioni con normale affollamento ...”* ed è stata considerata una vita nominale pari a 50 anni. Si ricorda che per Vita Nominale s'intende la *“durata alla quale deve farsi espresso riferimento in sede progettuale, con riferimento*

alla durabilità delle costruzioni, nel dimensionare le strutture e i particolari costruttivi, nella scelta dei materiali delle varie applicazioni e delle misure protettive per garantire il mantenimento della resistenza e della funzionalità”.

Le azioni sismiche vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U . Tale parametro riveste notevole importanza in quanto è utilizzato per valutare, fissata la probabilità di superamento P_{VR} corrispondente allo stato limite considerato, il tempo di ritorno (T_R) dell'azione sismica cui fare riferimento per la verifica.

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito al variare della classe d'uso, secondo quanto riportato

nella sottostante tabella.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

Nel caso in esame, essendo l'intervento ascrivibile in parte ad una classe d'uso II, avremo:

$$VR_{II} = 50 \cdot 1 = 50 \text{ anni}$$

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_vR nel periodo di riferimento VR .

Ai fini dell'attuale normativa, le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_vR , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;

FO : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

TC^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Gli "stati limite" sono definiti di seguito:

- Stato limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi.
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.
- Stato Limite di Salvaguardia (SLV): a seguito del terremoto, la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali. La costruzione conserva invece una parte della sua rigidezza per azioni verticali e un

marginale di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

- Stato limite di prevenzione del collasso (SLC): a seguito del terremoto, la costruzione subisce gravi danni rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

SLO e SLD appartengono agli “stati limite di esercizio”, mentre SLV e SLC fanno parte degli “stati limite ultimi”.

Come condizione di riferimento è stato scelto lo Stato Salvaguardia Vita (SLV); nella tabella seguente si riportano i dati ottenuti dai calcoli effettuati:

STATO LIMITE	Tr [anni]	a_g [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Salvaguardia della vita (SLV)	475	0,039	2,669	0,278

FASE 3

Nelle elaborazioni si farà riferimento ad un sottosuolo di “Categoria B”, così come determinato nell’indagine sismica effettuata in sito. Per quanto riguarda la categoria topografica, si dovrà fare riferimento alla tabella proposta in seguito:

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i=15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i>15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ < i < 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Morfologicamente, l’area, essendo pianeggiante, è ascrivibile alla categoria “T1”.

I parametri correttivi determinati sono quindi i seguenti:

PARAMETRI	VALORI
Amplificazione stratigrafica (Ss)	1,50
Coeff. funzione della categoria suolo (Cc)	1,60
Amplificazione topografica (St)	1,00

I valori del coefficiente sismico orizzontale e verticale, dell’accelerazione massima attesa al sito e del coefficiente di riduzione dell’accelerazione in sito, (riferiti allo SLU) si riassumono nella seguente tabella:

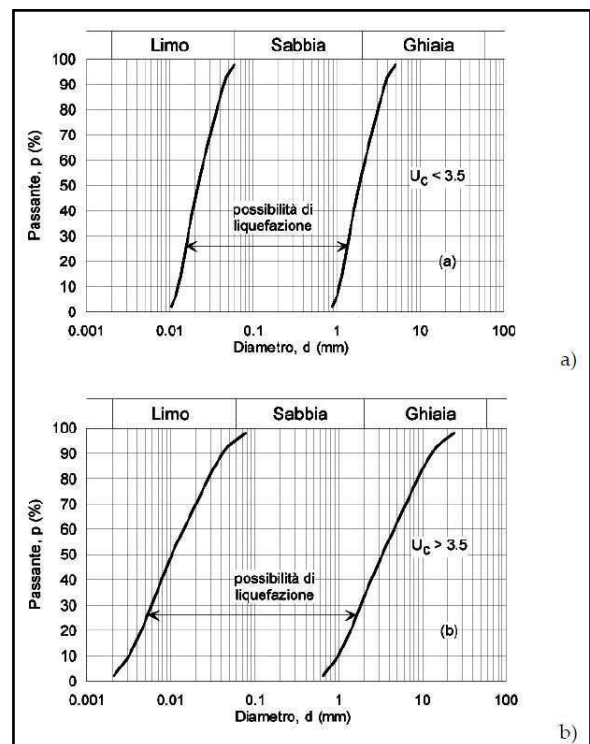
TIPO	kh	kv	A _{max}	Beta
Opere di fondazione, stabilità pendio	0,012	0,006	0,568	0,200

11 SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

La normativa vigente prevede che per il sito di costruzione sia verificata la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica sia prossima alla superficie ed il terreno comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine.

E' comunque da sottolineare che, in prima analisi, si può ritenere che la probabilità che si inneschi un fenomeno di liquefazione è estremamente basso o nullo, nel caso in cui l'evento sismico atteso soddisfi almeno una delle seguenti condizioni:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



Per quanto riguarda il calcolo dell'accelerazione massima attesa al sito, si farà riferimento alla seguente formula: $A_{max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$

Nel caso in esame, essendo $a_g=0,039$ – $S_s=1,50$ – $S_t=1,00$, il valore di A_{max} risulta pari a 0,059 g (quindi inferiore a 0,1g).

Essendo quindi verificata almeno una delle circostanze previste, la verifica a liquefazione può essere omessa.

12 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Al termine del presente lavoro è possibile evidenziare quanto segue:

- l'area in esame risulta ascritta alla classe "IIA" di idoneità all'utilizzazione urbanistica;
- dal punto di vista geologico l'area insiste sui depositi fluvioglaciali del Pleistocene Superiore, costituiti da ghiaie a supporto di matrice sabbioso-limosa e sabbie, localmente intercalate ad argille limose;
- dal punto di vista morfologico l'area risulta sub pianeggiante;
- nel novembre 2005 era stata sviluppata una campagna di indagini in cui erano state realizzate 15 prove penetrometriche dinamiche e 11 pozzetti esplorativi;
- in tale indagine la presenza della falda era stata individuata a profondità comprese fra -1,0 m e -3,3 m dal piano campagna;
- il modello geologico del terreno è così schematizzabile: un primo orizzonte rappresentato da 2 metri di terreno di riporto con presenza di laterizi, al di sotto si ritrova un orizzonte di uguale spessore costituito da alternanza di livelli di sabbia fine limosa e limo sabbioso con presenza di livelli organici, segue un terzo orizzonte, dello spessore di circa 7 metri, formato da sabbia media grossolana e ghiaia con presenza di ciottoli e blocchi in una matrice limosa con presenza di livelli più prettamente limosi; al di sotto si osserva la presenza di un orizzonte di spessore pari a circa 9 metri, costituito da sabbia fine limosa in alternanza con livelli più ghiaiosi a cui segue un ultimo orizzonte, fino a 30 metri, rappresentato da sabbia e ghiaia limosa;
- sono stati calcolati i parametri geotecnici caratteristici e definita la parametrizzazione geotecnica che viene di seguito riassunta:

MATERIALE	Φ_K [°]	γ_N [t/mc]	c [kg/cm ²]
Riporto	29,1°	1,7	0
Alternanza di limi e sabbie	26,5°	1,7	0
Sabbia ghiaiosa limosa	30,6°	1,8	0
Sabbia limosa ghiaiosa	30,9°	1,8	0
Sabbia e ghiaia limosi	34,6°	1,9	0

- sulla base delle indagini geofisiche effettuate, si è potuto attribuire il terreno alla categoria sismica "C" equivalente a *"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 graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di*

velocità equivalente compresi tra 180 e 360 m/s";

- si è omessa la verifica a liquefazione, essendo soddisfatta almeno una delle circostanze previste dal D.M. 17.01.2018.

Tutto ciò premesso, facendo riferimento sia alle indagini pregresse (dicembre 2005), sia ai dati ricavati dal sondaggio eseguito, sotto l'aspetto geotecnico è possibile evidenziare come gli strati superficiali, al di sotto dell'orizzonte costituito da materiale di riporto (spessore generalmente variabile tra 1,5 e 2 m), siano costituiti da materiali a granulometria fine (limosa o limoso sabbiosa) e contraddistinti da caratteristiche geotecniche definibili come da scadenti a pessime.

Anche la soggiacenza della falda appare limitata e compresa tra 1,5 e 3 m.

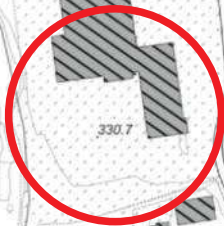
Alla luce delle considerazioni sopra esposte, qualora si intendessero eseguire fondazioni di tipo diretto, dovrà essere quindi prevista la realizzazione di un intervento di risanamento geotecnico al fine di ottenere un piano di posa delle fondazioni adeguato e tale da consentire una riduzione i cedimenti indotti.

In alternativa potrà essere valutata l'ipotesi di ricorrere a fondazioni indirette.

A conclusione delle presenti note si ritiene di poter affermare che l'intervento risulta compatibile con lo "status" geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area in esame.

ALLEGATI

Estratto BDTRE
scala 1 : 10.000

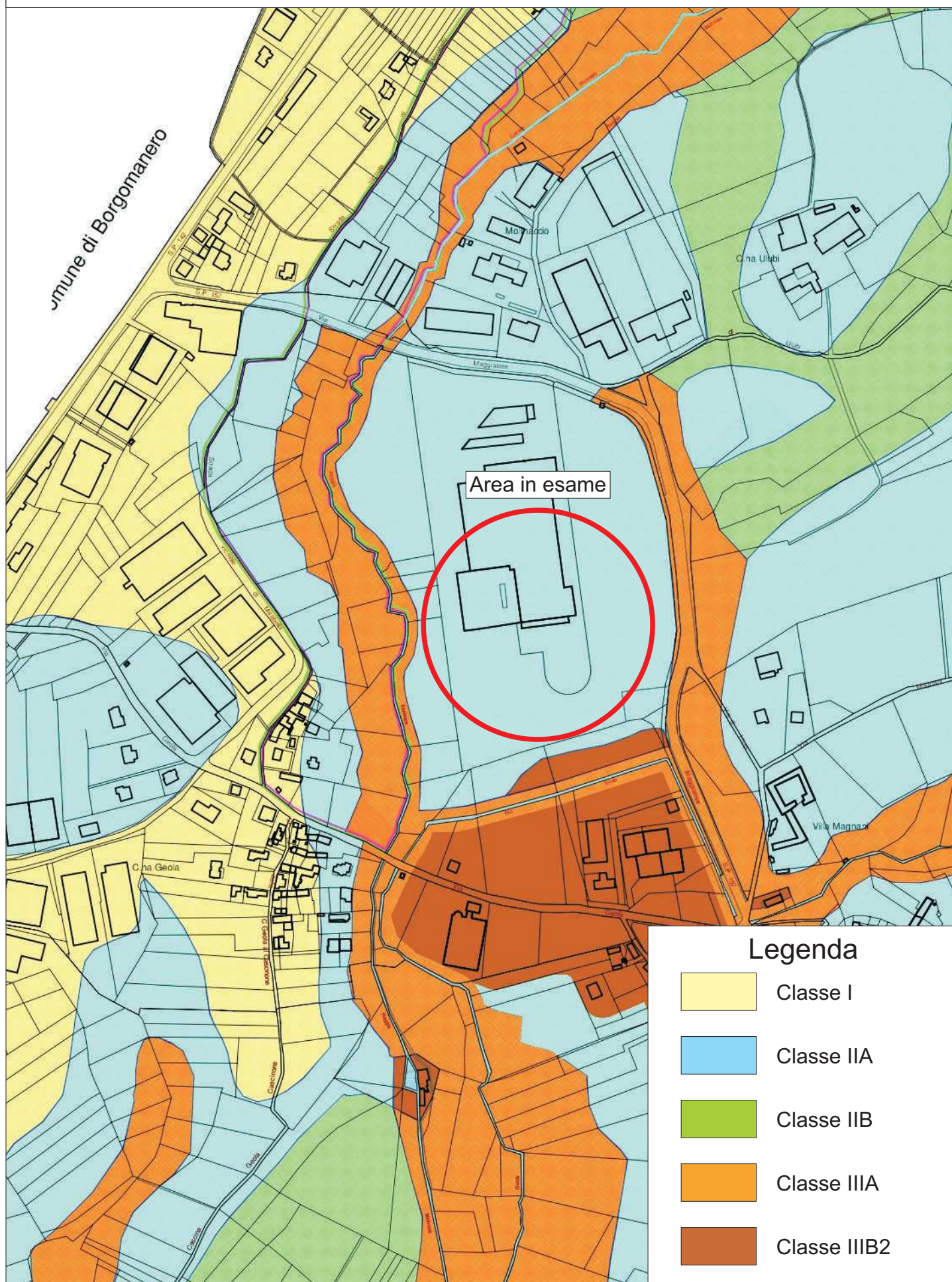


An aerial photograph of a building complex, likely a school or institutional facility. A red circle is drawn around a specific area in the upper left portion of the image, highlighting a building with a light-colored roof and surrounding greenery.



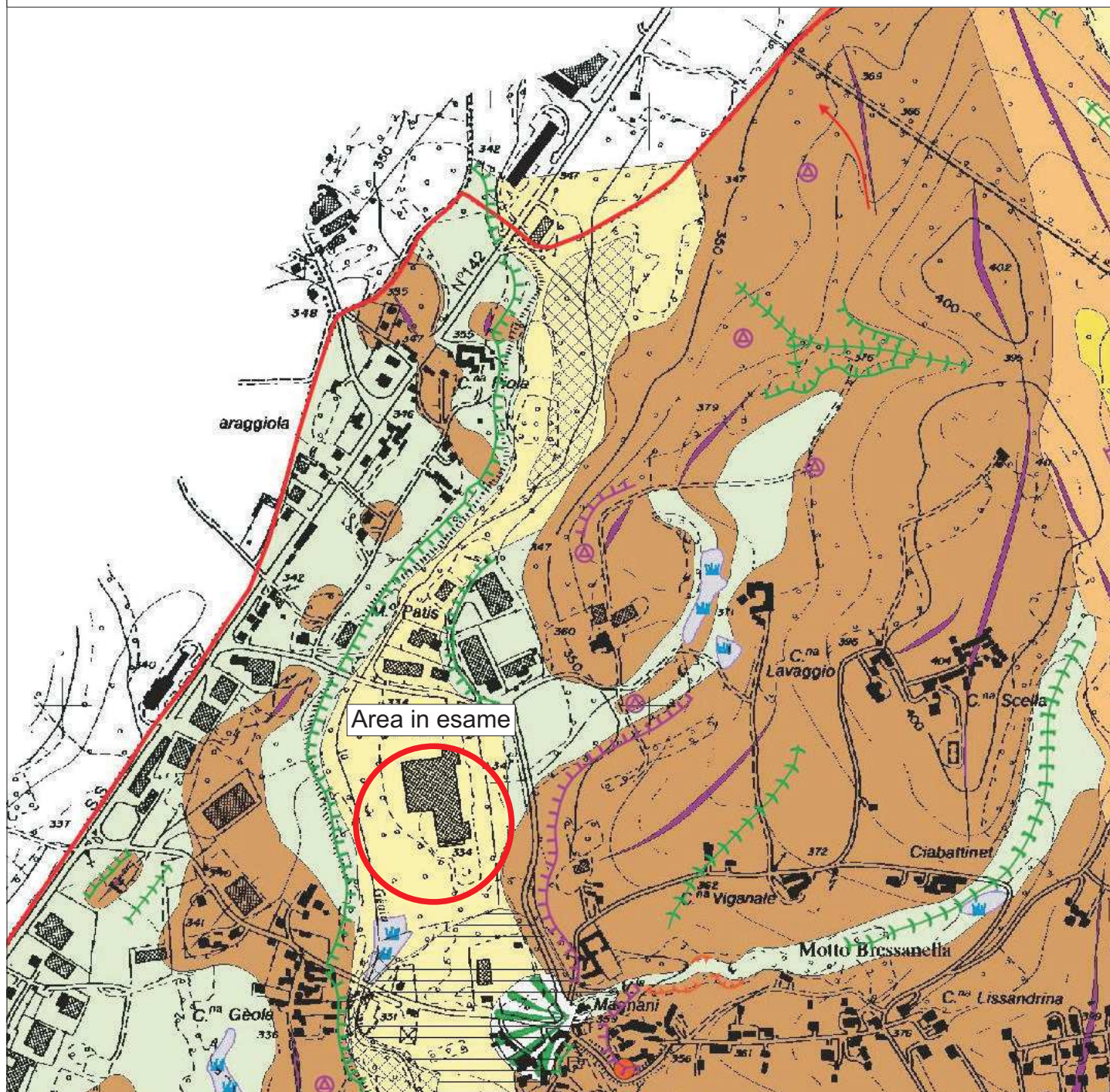
Estratto della carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica del PRGC vigente

scala 1:5.000



Estratto della carta geomorfologica del PRGC vigente

scala 1:10.000



LEGENDA

ELEMENTI LITOLOGICI

- Depositi alluvionali (Olocene): sabbie limose, talora argillose con ghiaie fini e ciottoli; colore di alterazione da 2.5Y a 5Y (Munsell Soil Color Charts), ciottoli eterometrici, arrotondati, non alterati.
- Depositi fluvio-glaciali (Pleistocene sup.): ghiaie sabbioso-limose con intercalazioni di limi argillosi; colore di alterazione da 10YR a 2.5Y (Munsell Soil Color Charts), ciottoli eterometrici, arrotondati, non alterati.
- Depositi fluvio-glaciali (Pleistocene sup.): ghiaie e sabbie limose con intercalazioni di limi argillosi; colore di alterazione 10YR (Munsell Soil Color Charts), ciottoli eterometrici, arrotondati, non alterati o poco alterati in cortex superficiale.
- Depositi fluvio-glaciali (Pleistocene sup.): ghiaie a supporto di matrice sabbioso-limosa e sabbie, localmente intercalate ad argille limose; colore di alterazione 10YR (Munsell Soil Color Charts), ciottoli eterometrici, arrotondati, non alterati o poco alterati.
- Depositi glaciali (Pleistocene sup.): tili di alloggiamento e tili di ablazione, colore di alterazione da 10YR a 7.5YR (Munsell Soil Color Charts), ciottoli eterometrici, arrotondati, da poco alterati a mediamente alterati (10-30% sul totale numerico); creste moreniche della morfologia ben conservata.
- Depositi fluvio-glaciali (Pleistocene sup.): limi sabbiosi e sabbie limose, passanti a ghiaie limose; colore di alterazione 10YR (Munsell Soil Color Charts), ciottoli eterometrici, arrotondati, da poco alterati ad alterati.
- Depositi glaciali (Pleistocene sup.): tili di alloggiamento e tili di ablazione, colore di alterazione 7.5YR (Munsell Soil Color Charts), ciottoli eterometrici, arrotondati, mediamente alterati (30-50% sul totale numerico); possibile presenza di coperture loessiche di spessore limitato (colore 7.5YR - 10YR); creste moreniche evidenti.
- Depositi fluvio-glaciali (Pleistocene medio-sup.): sabbie limose e limi sabbiosi, localmente intercalati ad argille limose, passanti inferiormente a ghiaie argillose; colore di alterazione da 7.5YR a 10YR (Munsell Soil Color Charts), ciottoli eterometrici, arrotondati, alterati.
- Depositi glaciali (Pleistocene medio-sup.): tili di alloggiamento e tili di ablazione, colore di alterazione 7.5YR (Munsell Soil Color Charts), ciottoli eterometrici, arrotondati, alterati (50% sul totale numerico); possibile presenza di coperture loessiche (colore 7.5YR - 10YR, con fragipan); creste moreniche da evidenti a morfologicamente mal conservate.
- Depositi fluvio-glaciali (Pleistocene medio): ghiaie a supporto di matrice sabbioso-limosa-argillosa e sabbie limoso-argillose; colore di alterazione da 7.5YR a 10YR (Munsell Soil Color Charts), ciottoli eterometrici, arrotondati, alterati.
- Depositi glaciali (Pleistocene medio): tili di alloggiamento e tili di ablazione, colore di alterazione da 5YR a 7.5YR (Munsell Soil Color Charts), ciottoli eterometrici, arrotondati, molto alterati talora arenizzati o argillificati (>50% sul totale numerico); presenza di coperture loessiche anche di spessore metrico (colore 7.5YR - 10YR, con fragipan); creste moreniche da evidenti a poco o per nulla conservate dal punto di vista morfologico.

ELEMENTI MORFOLOGICI

- | | |
|--|---|
| <p>FORME FLUVIALI FLUVIOGLACIALI</p> <p>Forme di erosione</p> <p>RATTIVE</p> <ul style="list-style-type: none"> Vallecola a V Vallecola concava Orlo di terrazzo fluvio-glaciale o fluviale Solco da ruscellamento concentrato Traccia di corso d'acqua estinto, a livello della pianura o leggermente incassato Erosioni spondali <p>Forme di accumulo</p> <ul style="list-style-type: none"> Vallecola a fondo piatto CS Conoide alluvionale stabilizzato naturalmente <p>Dissesti torrentizi e fluviali</p> <ul style="list-style-type: none"> Ee, Processi areali ad intensità molto elevata Eb, Processi areali ad intensità elevata Em, Processi areali ad intensità media/moderata <p>FORME DI VERSANTE DOVUTE ALLA GRAVITÀ</p> <p>Forme di denudazione quiescenti</p> <ul style="list-style-type: none"> FQ4 Frana per scivolamento traslativo | <p>FORME GLACIALI</p> <p>Forme di erosione</p> <ul style="list-style-type: none"> Orlo di terrazzo glaciale <p>Forme di accumulo</p> <ul style="list-style-type: none"> Cresta di cordone morenico Masso erratico <p>ELEMENTI DELL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE</p> <p>Zone soggette a fenomeni di ristagno o ad emergenza in superficie della falda freatica</p> <ul style="list-style-type: none"> <p>FORME ANTROPICHE</p> <ul style="list-style-type: none"> Sito estrattivo: attivo dismesso Orlo di terrazzo di modellamento antropico Aree ripulite con materiali di riporto |
|--|---|

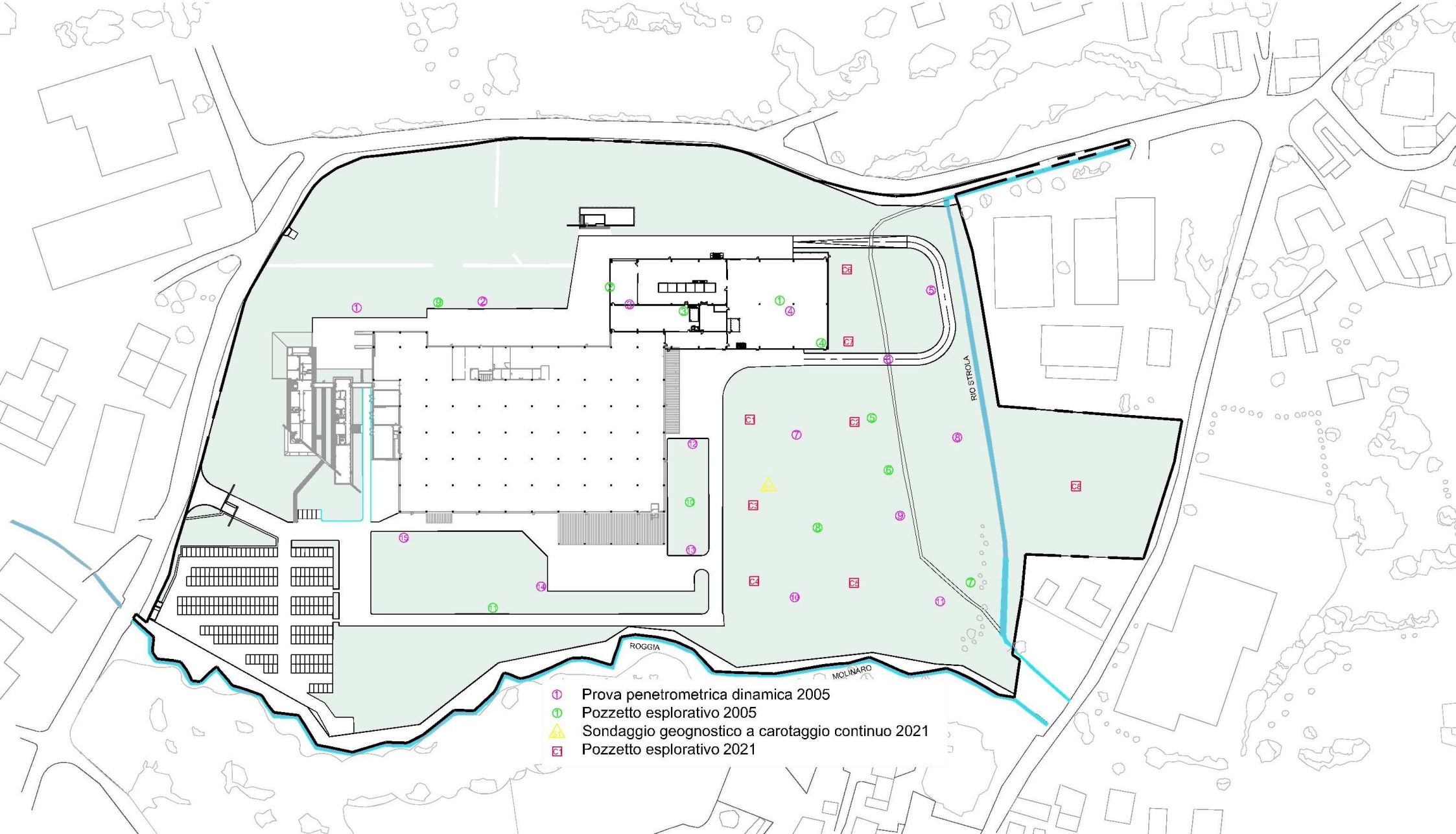
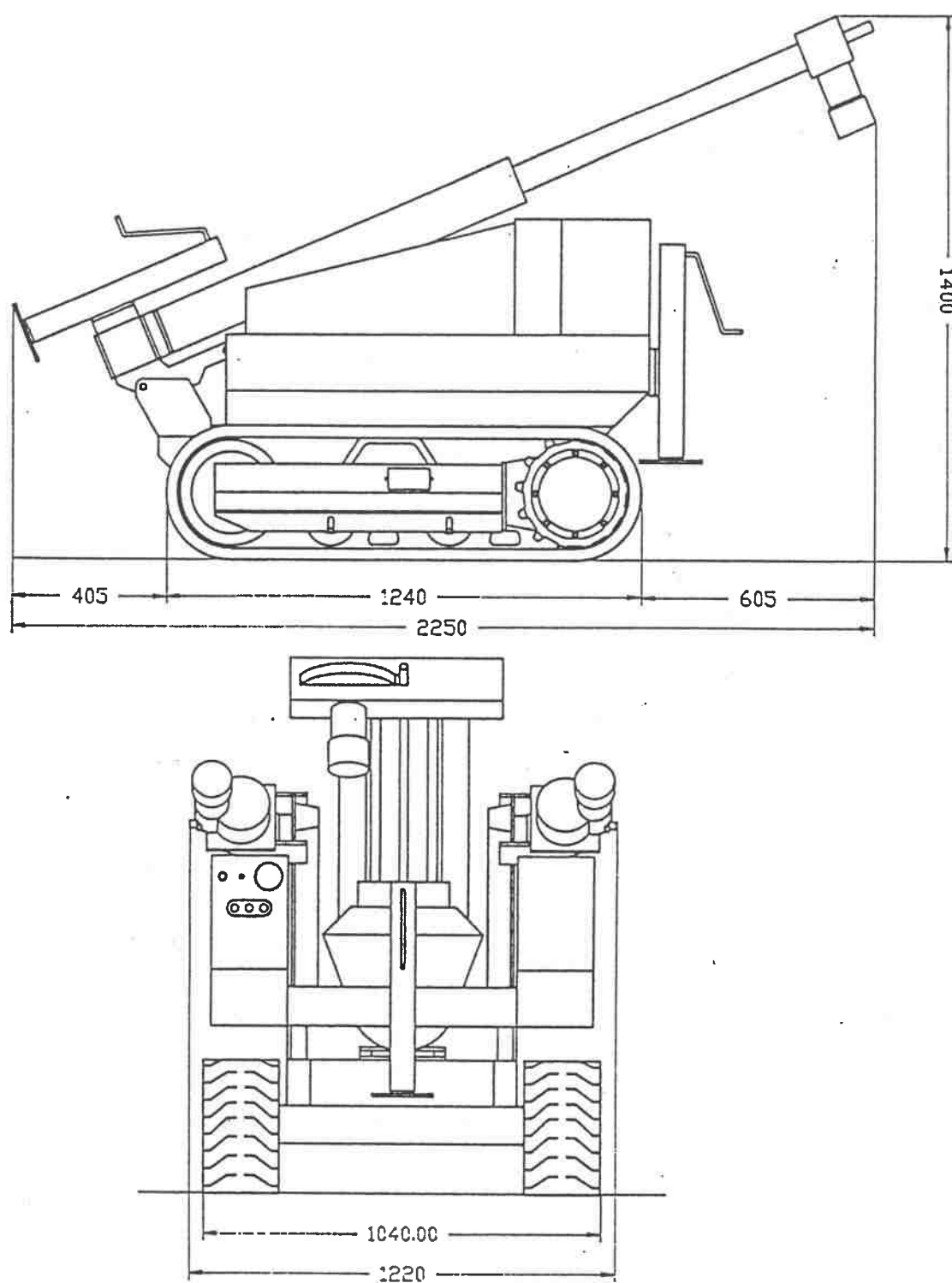


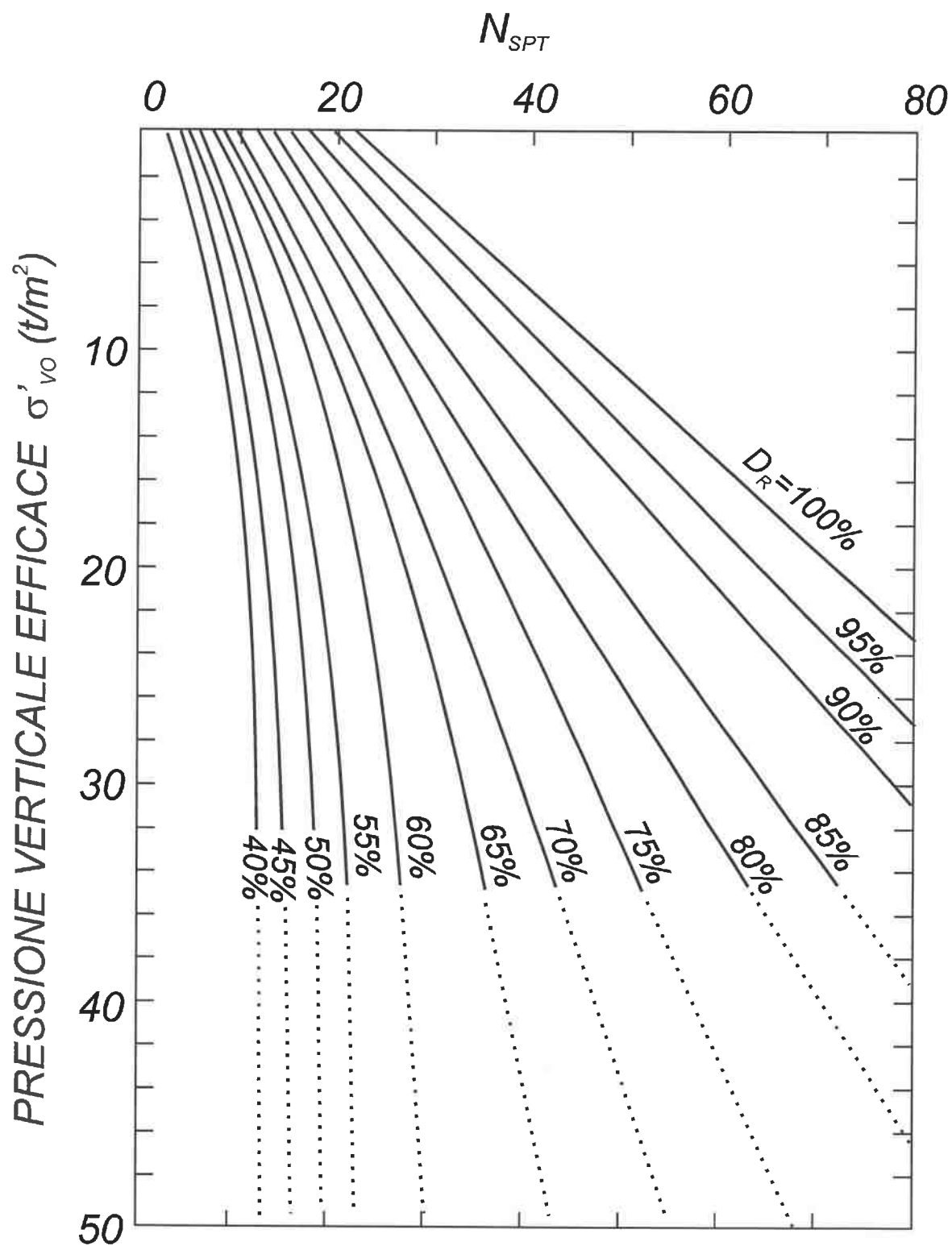
Figura 1



PENETROMETRO STATICO-DINAMICO TIPO TG 63/100 KN

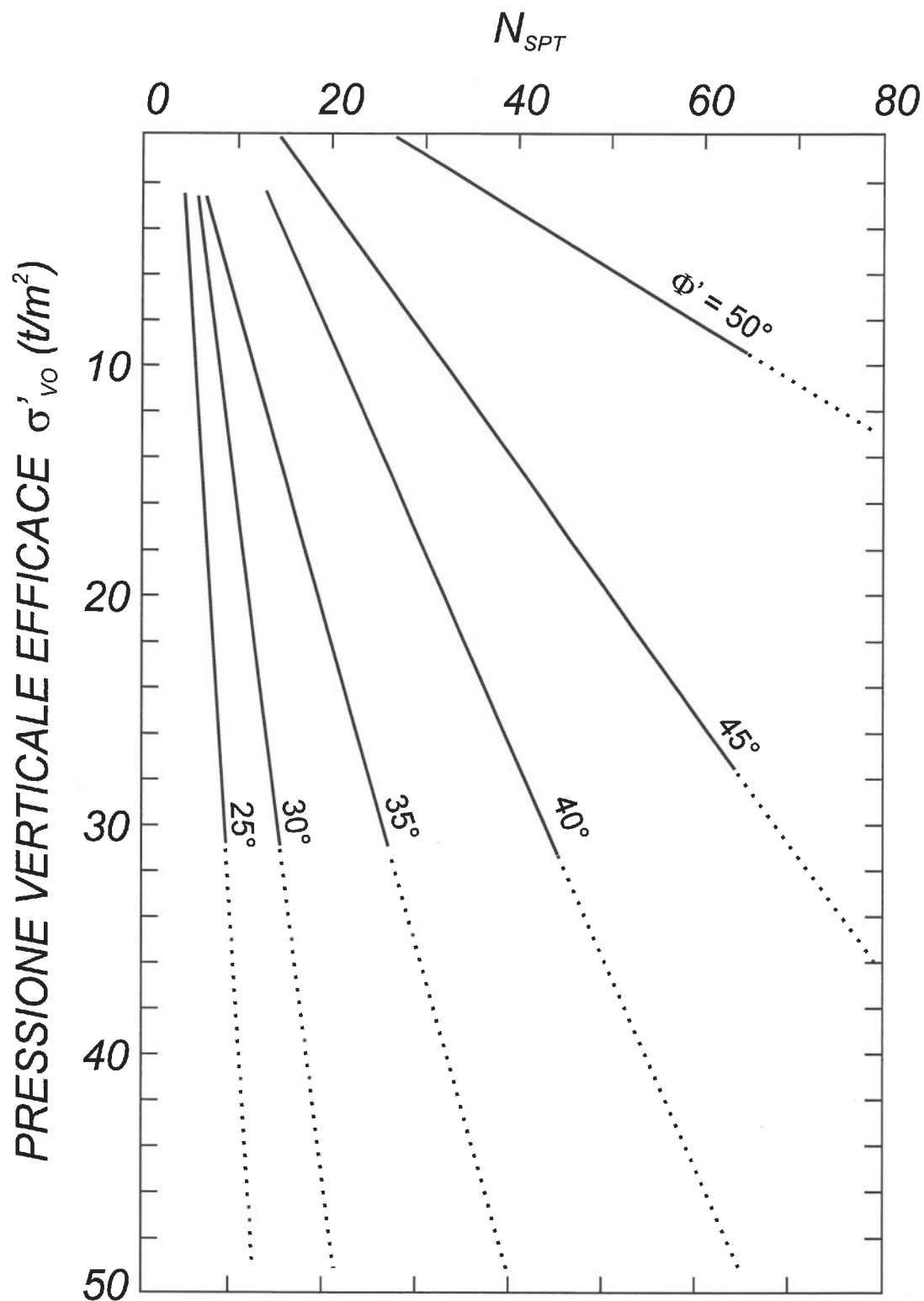
- Motore 16 HP
- Tiro in estrazione 10.000 kg
- Spinta in infissione 7.500 kg
- Corsa utile cilindri 1,25 mt
- Corsa maglio 0,75 mt (variabile)
- Peso maglio 63,5 kg (variabile)

Figura 2



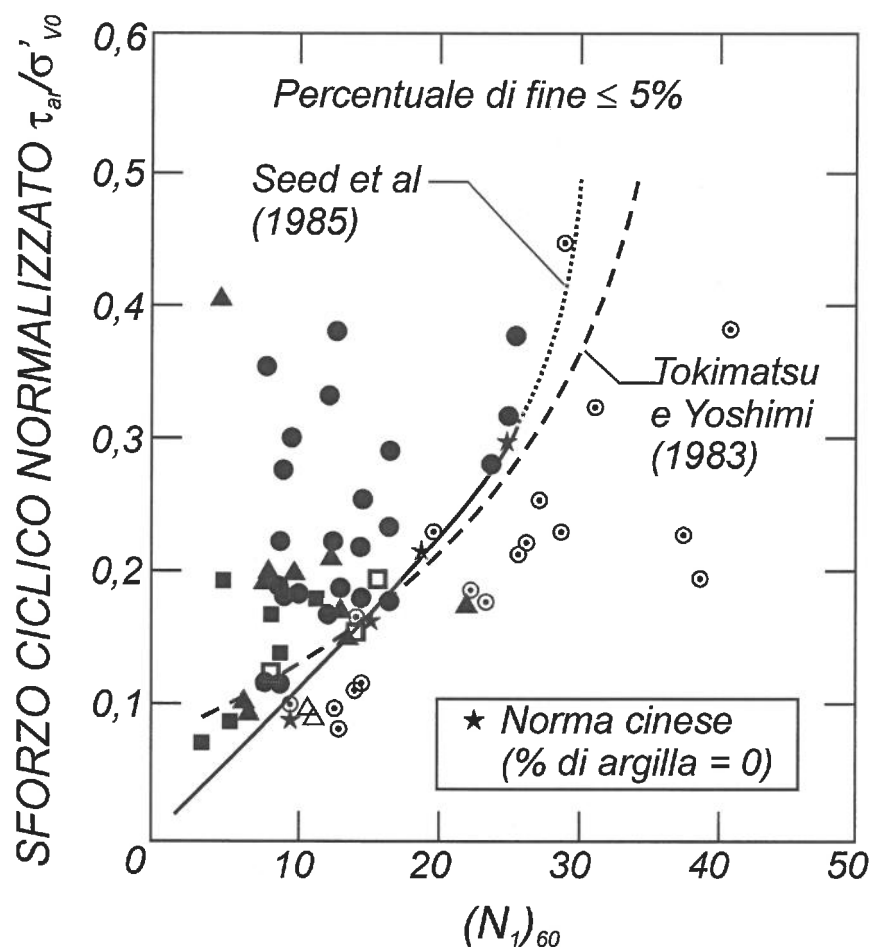
Relazione fra N_{SPT} e densità relativa (D_R) delle sabbie.
(Gibbs e Holtz, 1957)

Figura 3



Relazione fra angolo di attrito (Φ') delle sabbie e valori di NSPT, tenendo conto dell'influenza del peso del terreno sovrastante (σ'_{v0})
(De Mello, 1971)

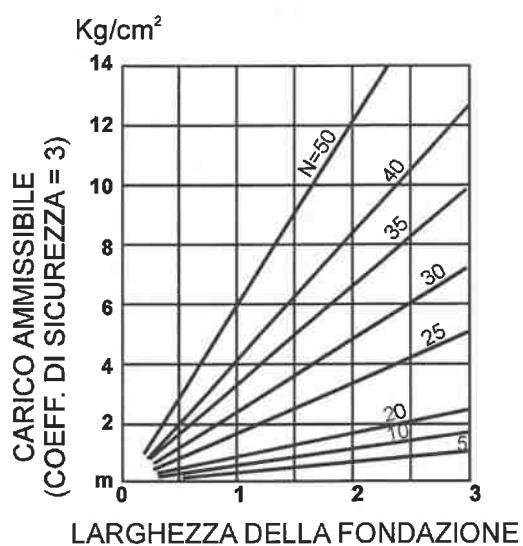
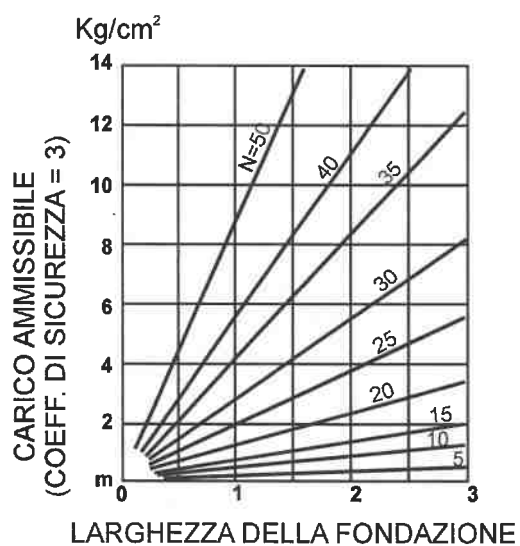
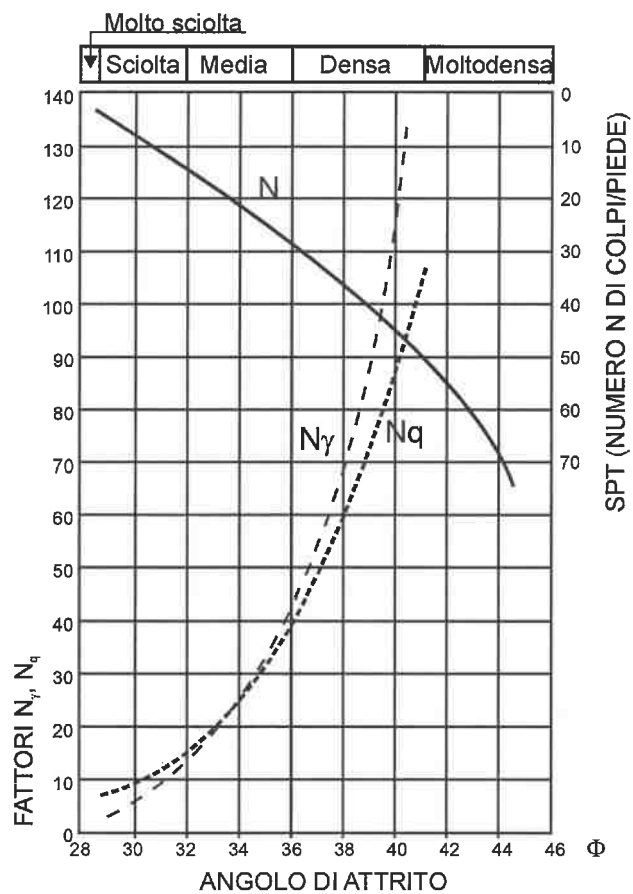
Figura 4



	Liquefazione		
	sì	marginale	no
Dati inter-americani	■	◼	◻
Dati giapponesi	●	◐	◑
Dati cinesi	▲	◄	◈

Stima della potenzialità alla liquefazione delle sabbie in base al valore N_{SPT} normalizzato $[(N_1)_{60}]$
(Seed e al. 1985; Tokimatsu e Yoshimi, 1983)

Figura 5



Relazione fra i valori della prova SPT
ed i coefficienti di portata (Peck)

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : TG 63-100

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : TG 63-100

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 0,63 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 51,00 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,43 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 0,90 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 6,31 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0,40 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,30$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(30) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 30 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 7,77 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²)
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 0,992$ (teoricamente : Nspt = β_t N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa
1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm²
1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 1

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 3,30 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	5	35,3	----	1	3,90 - 4,20	20	106,7	----	5
0,30 - 0,60	25	176,7	----	1	4,20 - 4,50	17	85,4	----	6
0,60 - 0,90	61	398,7	----	2	4,50 - 4,80	7	35,2	----	6
0,90 - 1,20	54	353,0	----	2	4,80 - 5,10	15	75,4	----	6
1,20 - 1,50	32	209,2	----	2	5,10 - 5,40	33	156,7	----	7
1,50 - 1,80	16	97,3	----	3	5,40 - 5,70	46	218,5	----	7
1,80 - 2,10	5	30,4	----	3	5,70 - 6,00	31	147,2	----	7
2,10 - 2,40	12	72,9	----	3	6,00 - 6,30	17	76,6	----	8
2,40 - 2,70	19	108,0	----	4	6,30 - 6,60	17	76,6	----	8
2,70 - 3,00	20	113,6	----	4	6,60 - 6,90	18	81,1	----	8
3,00 - 3,30	45	255,7	----	4	6,90 - 7,20	13	55,7	----	9
3,30 - 3,60	22	117,3	----	5	7,20 - 7,50	11	47,1	----	9
3,60 - 3,90	17	90,7	----	5	7,50 - 7,80	70	299,7	----	9

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(30) [δ = 30 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

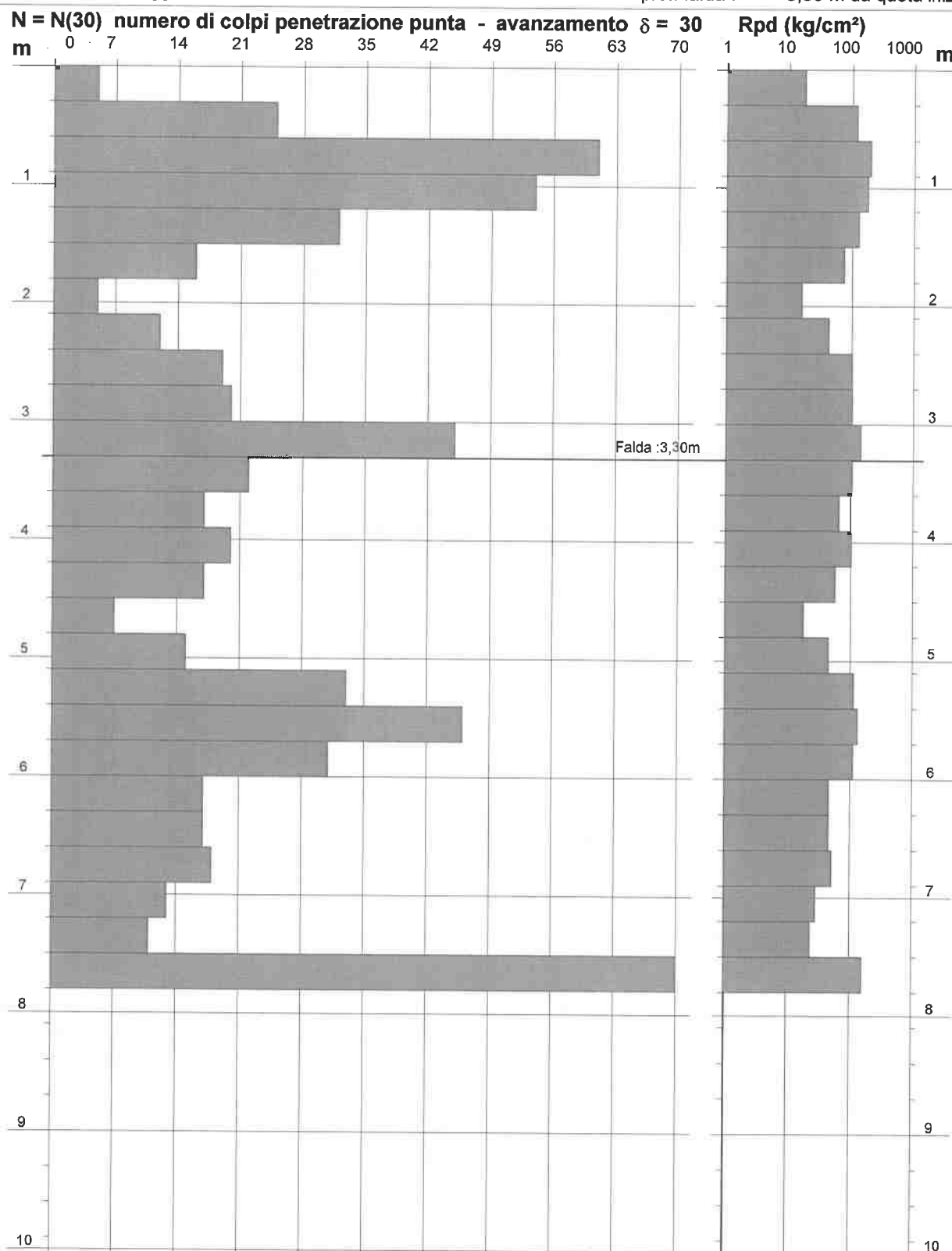
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 1

Scala 1: 50

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 3,30 m da quota inizio



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(30) [$\delta = 30$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 1

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 3,30 m da quota inizio
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s				M+s
1	0,00	1,80	N	32,2	5	61	18,6	21,7	10,4	53,9	32	1,30	42
			Rpd	211,7	35	399	123,5	141,7	70,0	353,4	210		
2	1,80	2,40	N	8,5	5	12	6,8				8	1,30	10
			Rpd	51,7	30	73	41,0	---	---	---	49		
3	2,40	4,20	N	23,8	17	45	20,4	10,5	13,3	34,3	24	1,30	31
			Rpd	132,0	91	256	111,3	61,3	70,7	193,3	133		
4	4,20	5,10	N	13,0	7	17	10,0	---	---	---	13	1,30	17
			Rpd	65,3	35	85	50,2	---	---	---	65		
5	5,10	6,00	N	36,7	31	46	33,8	---	---	---	37	1,30	48
			Rpd	174,2	147	219	160,7	---	---	---	176		
6	6,00	7,50	N	15,2	11	18	13,1	---	---	---	15	1,30	20
			Rpd	67,4	47	81	57,2	---	---	---	67		
7	7,50	7,80	N	70,0	70	70	70,0	---	---	---	70	1,30	91
			Rpd	299,7	300	300	299,7	---	---	---	300		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0,99$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	1.80	Riporto	42	77.0	39.0	515	2.11	1.78	2.63	2.29	12	0.322
2	1.80	2.40	Sabbie limose	10	35.0	30.0	268	1.93	1.50	0.63	1.90	33	0.892
3	2.40	4.20	Sabbie e ghiaie	31	66.0	36.3	430	2.06	1.70	1.94	2.15	18	0.474
4	4.20	5.10	Sabbie limose	17	45.5	32.1	322	1.97	1.56	1.06	1.98	27	0.729
5	5.10	6.00	Sabbie e ghiaie	48	83.0	40.5	561	2.14	1.83	3.00	2.36	09	0.251
6	6.00	7.50	Sabbie limose	20	50.0	33.0	346	1.99	1.59	1.25	2.02	25	0.667
7	7.50	7.80	Ghiaie	91	100.0	45.0	893	2.24	1.99	5.69	2.88	-04	-0.096

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 2

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 2,50 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	3	21,2	----	1	5,10 - 5,40	29	137,7	----	7
0,30 - 0,60	3	21,2	----	1	5,40 - 5,70	18	85,5	----	7
0,60 - 0,90	2	13,1	----	2	5,70 - 6,00	10	47,5	----	7
0,90 - 1,20	2	13,1	----	2	6,00 - 6,30	21	94,6	----	8
1,20 - 1,50	1	6,5	----	2	6,30 - 6,60	22	99,1	----	8
1,50 - 1,80	1	6,1	----	3	6,60 - 6,90	17	76,6	----	8
1,80 - 2,10	1	6,1	----	3	6,90 - 7,20	17	72,8	----	9
2,10 - 2,40	2	12,2	----	3	7,20 - 7,50	19	81,4	----	9
2,40 - 2,70	1	5,7	----	4	7,50 - 7,80	9	38,5	----	9
2,70 - 3,00	5	28,4	----	4	7,80 - 8,10	18	73,5	----	10
3,00 - 3,30	14	79,5	----	4	8,10 - 8,40	20	81,6	----	10
3,30 - 3,60	8	42,7	----	5	8,40 - 8,70	13	53,0	----	10
3,60 - 3,90	13	69,3	----	5	8,70 - 9,00	15	58,5	----	11
3,90 - 4,20	20	106,7	----	5	9,00 - 9,30	19	74,1	----	11
4,20 - 4,50	26	130,6	----	6	9,30 - 9,60	20	78,0	----	11
4,50 - 4,80	27	135,7	----	6	9,60 - 9,90	19	70,9	----	12
4,80 - 5,10	27	135,7	----	6	9,90 - 10,20	21	78,3	----	12

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**30**) [δ = 30 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

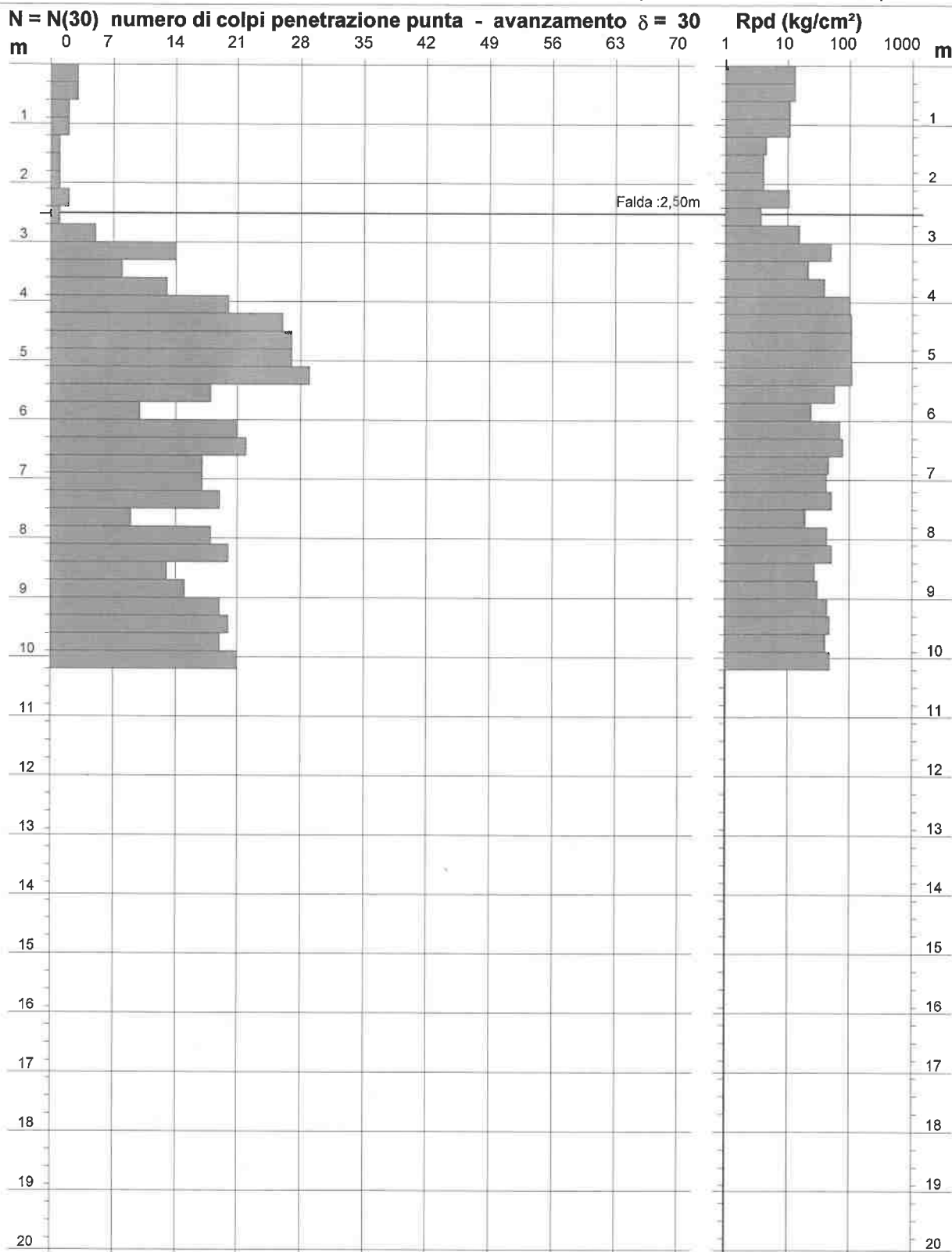
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 2

Scala 1: 100

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 2,50 m da quota inizio



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta **N = N(30)** [$\delta = 30$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 2

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 2,50 m da quota inizio
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 3,00	N	2,1	1	5	1,6	1,3	---	3,4	2	1,30	3
		Rpd	13,3	6	28	9,5	7,9	5,4	21,3	13		
2	3,00 3,90	N	11,7	8	14	9,8	---	---	---	12	1,30	16
		Rpd	63,8	43	80	53,3	---	---	---	65		
3	3,90 5,40	N	25,8	20	29	22,9	---	---	---	26	1,30	34
		Rpd	129,3	107	138	118,0	---	---	---	130		
4	5,40 10,20	N	17,4	9	22	13,2	3,8	13,5	21,2	17	1,30	22
		Rpd	72,7	39	99	55,6	16,3	56,5	89,0	71		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)

β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0,99$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 3.00	Sabbie limose sciolte	3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194
2	3.00 3.90	Sabbie limose	16	44.0	31.8	315	1.97	1.55	1.00	1.97	28	0.750
3	3.90 5.40	Sabbie	34	69.0	37.0	453	2.07	1.72	2.13	2.19	16	0.429
4	5.40 10.20	Sabbie deb. limose	22	53.0	33.6	361	2.00	1.61	1.38	2.04	23	0.628

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace

E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua

e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata

Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 3

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 2,00 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	1	7,1	----	1	4,50 - 4,80	21	105,5	----	6
0,30 - 0,60	7	49,5	----	1	4,80 - 5,10	21	105,5	----	6
0,60 - 0,90	5	32,7	----	2	5,10 - 5,40	19	90,2	----	7
0,90 - 1,20	3	19,6	----	2	5,40 - 5,70	19	90,2	----	7
1,20 - 1,50	2	13,1	----	2	5,70 - 6,00	26	123,5	----	7
1,50 - 1,80	1	6,1	----	3	6,00 - 6,30	17	76,6	----	8
1,80 - 2,10	2	12,2	----	3	6,30 - 6,60	20	90,1	----	8
2,10 - 2,40	2	12,2	----	3	6,60 - 6,90	16	72,1	----	8
2,40 - 2,70	2	11,4	----	4	6,90 - 7,20	8	34,3	----	9
2,70 - 3,00	4	22,7	----	4	7,20 - 7,50	19	81,4	----	9
3,00 - 3,30	5	28,4	----	4	7,50 - 7,80	9	38,5	----	9
3,30 - 3,60	11	58,7	----	5	7,80 - 8,10	10	40,8	----	10
3,60 - 3,90	18	96,0	----	5	8,10 - 8,40	11	44,9	----	10
3,90 - 4,20	26	138,7	----	5	8,40 - 8,70	51	208,1	----	10
4,20 - 4,50	33	165,8	----	6	8,70 - 9,00	70	272,8	----	11

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**30**) [δ = 30 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

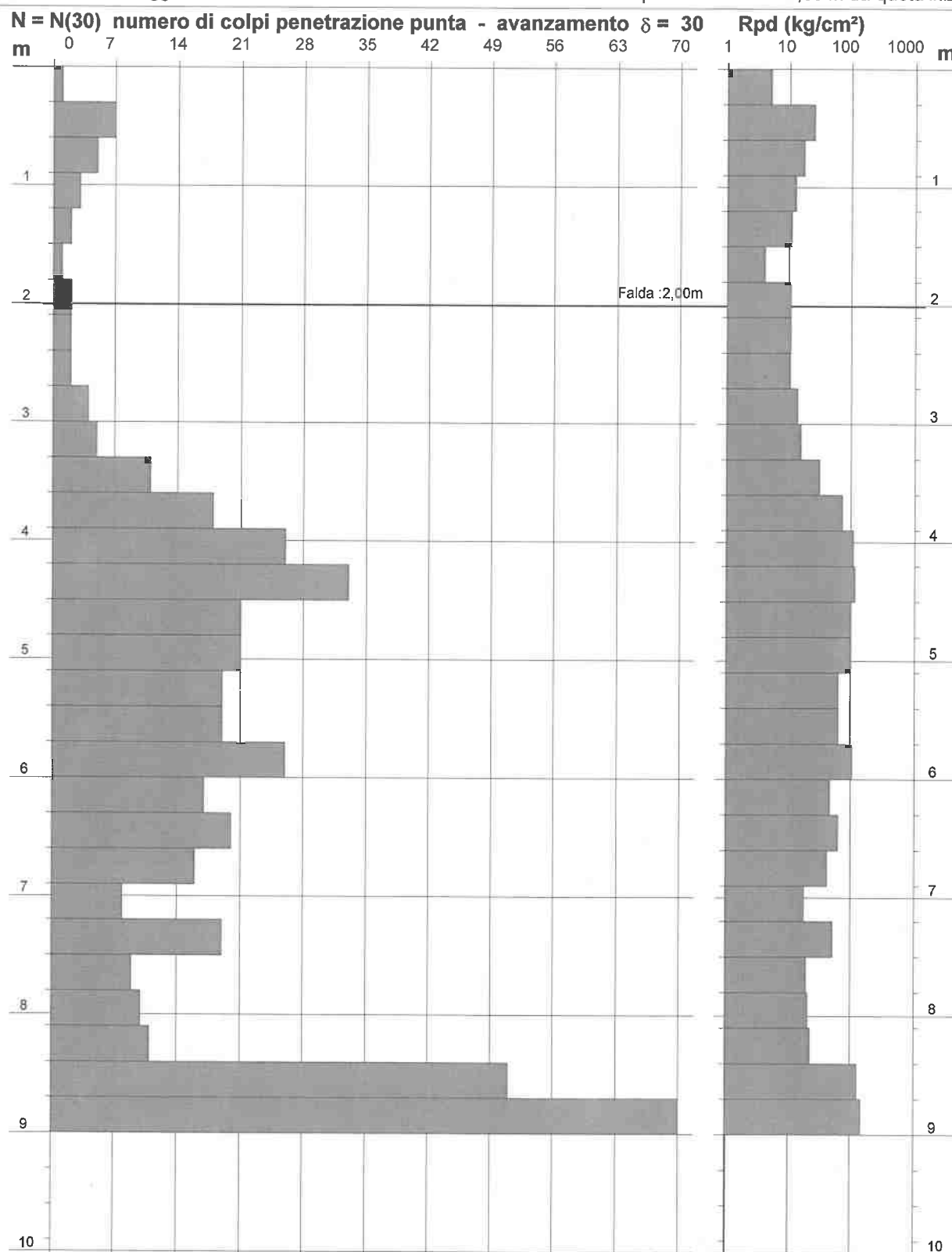
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 3

Scala 1: 50

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 2,00 m da quota inizio



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(30) [$\delta = 30$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 3

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 2,00 m da quota inizio
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s				M+s
1	0,00	3,30	N	3,1	1	7	2,0	1,9	1,2	5,0	3	1,30	4
			Rpd	19,5	6	50	12,8	13,1	6,4	32,6			
2	3,30	3,90	N	14,5	11	18	12,8	---	---	---	14	1,30	18
			Rpd	77,3	59	96	68,0	---	---	---			
3	3,90	6,60	N	22,4	17	33	19,7	5,0	17,4	27,4	22	1,30	29
			Rpd	109,6	77	166	93,1	28,4	81,2	138,0			
4	6,60	8,40	N	12,2	8	19	10,1	4,4	7,8	16,5	12	1,30	16
			Rpd	52,0	34	81	43,1	19,7	32,3	71,7			
5	8,40	9,00	N	60,5	51	70	55,8	----	----	----	60	1,30	78
			Rpd	240,5	208	273	224,3	----	----	----			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)

β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0,99$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	3.30	Sabbie limose sciolte	4	15.0	27.6	222	1.87	1.39	0.25	1.80	42	1.125
2	3.30	3.90	Sabbie limose	18	47.0	32.4	330	1.98	1.57	1.13	2.00	26	0.708
3	3.90	6.60	Sabbie e ghiaie	29	63.5	35.7	415	2.05	1.68	1.81	2.13	19	0.506
4	6.60	8.40	Sabbie limose	16	44.0	31.8	315	1.97	1.55	1.00	1.97	28	0.750
5	8.40	9.00	Ghiaie	78	95.5	44.4	793	2.21	1.94	4.88	2.72	-01	-0.013

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 4

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 2,00 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	2	14,1	----	1	3,30 - 3,60	3	16,0	----	5
0,30 - 0,60	13	91,9	----	1	3,60 - 3,90	12	64,0	----	5
0,60 - 0,90	33	215,7	----	2	3,90 - 4,20	3	16,0	----	5
0,90 - 1,20	36	235,3	----	2	4,20 - 4,50	4	20,1	----	6
1,20 - 1,50	6	39,2	----	2	4,50 - 4,80	5	25,1	----	6
1,50 - 1,80	2	12,2	----	3	4,80 - 5,10	18	90,4	----	6
1,80 - 2,10	3	18,2	----	3	5,10 - 5,40	31	147,2	----	7
2,10 - 2,40	3	18,2	----	3	5,40 - 5,70	28	133,0	----	7
2,40 - 2,70	3	17,0	----	4	5,70 - 6,00	26	123,5	----	7
2,70 - 3,00	2	11,4	----	4	6,00 - 6,30	34	153,1	----	8
3,00 - 3,30	2	11,4	----	4	6,30 - 6,60	40	180,1	----	8

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(30) [δ = 30 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

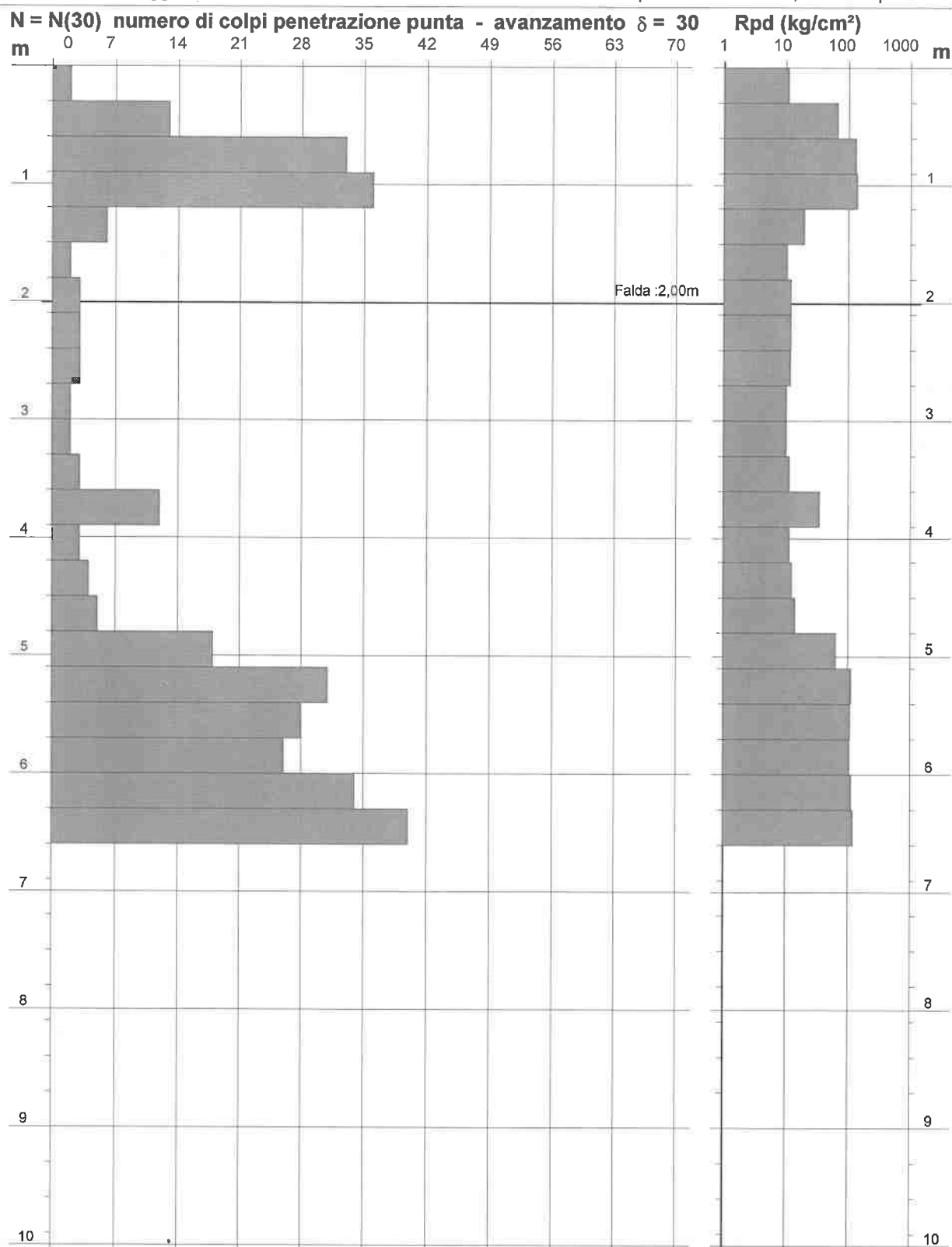
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 4

Scala 1: 50

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 2,00 m da quota inizio



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(30) [$\delta = 30$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 4

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 2,00 m da quota inizio
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 1,50	N	18,0	2	36	10,0	---	---	---	18	1,30	23
		Rpd	119,3	14	235	66,7	---	---	---	119		
2	1,50 4,80	N	3,8	2	12	2,9	2,9	1,0	6,7	4	1,30	5
		Rpd	20,9	11	64	16,1	14,9	6,0	35,7	22		
3	4,80 6,60	N	29,5	18	40	23,8	7,5	22,0	37,0	30	1,30	39
		Rpd	137,9	90	180	114,2	30,3	107,6	168,2	140		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\rho_t = 0,99$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 1.50	Riporto	23	54.5	33.9	369	2.01	1.62	1.44	2.06	23	0.610
2	1.50 4.80	Sabbie limose sciolte	5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
3	4.80 6.60	Sabbie e ghiaie	39	74.0	38.3	492	2.10	1.76	2.44	2.25	13	0.360

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 5

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 1,70 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	3	21,2	----	1	4,20 - 4,50	19	95,5	----	6
0,30 - 0,60	16	113,1	----	1	4,50 - 4,80	16	80,4	----	6
0,60 - 0,90	44	287,6	----	2	4,80 - 5,10	14	70,3	----	6
0,90 - 1,20	18	117,7	----	2	5,10 - 5,40	27	128,2	----	7
1,20 - 1,50	4	26,1	----	2	5,40 - 5,70	32	152,0	----	7
1,50 - 1,80	6	36,5	----	3	5,70 - 6,00	22	104,5	----	7
1,80 - 2,10	4	24,3	----	3	6,00 - 6,30	39	175,6	----	8
2,10 - 2,40	4	24,3	----	3	6,30 - 6,60	24	108,1	----	8
2,40 - 2,70	3	17,0	----	4	6,60 - 6,90	10	45,0	----	8
2,70 - 3,00	2	11,4	----	4	6,90 - 7,20	11	47,1	----	9
3,00 - 3,30	3	17,0	----	4	7,20 - 7,50	8	34,3	----	9
3,30 - 3,60	3	16,0	----	5	7,50 - 7,80	12	51,4	----	9
3,60 - 3,90	3	16,0	----	5	7,80 - 8,10	15	61,2	----	10
3,90 - 4,20	5	26,7	----	5	8,10 - 8,40	24	97,9	----	10

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**30**) [δ = 30 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

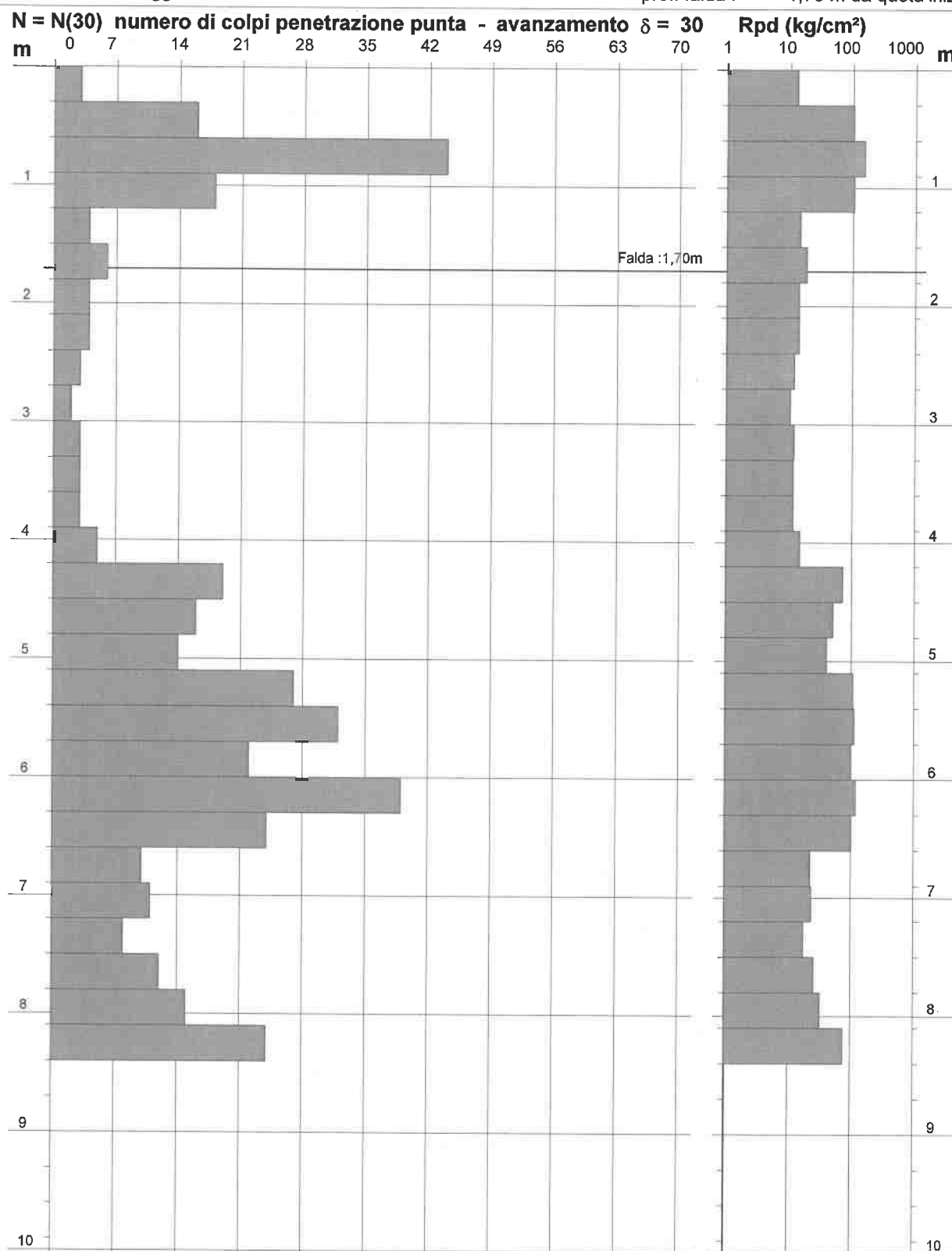
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 5

Scala 1: 50

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 1,70 m da quota inizio



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(30) [$\delta = 30$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 5

- indagini : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 1,70 m da quota inizio
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 1,20	N	20,3	3	44	11,6	---	---	---	20	1,30	26
		Rpd	134,9	21	288	78,0	---	---	---	133		
2	1,20 4,20	N	3,7	2	6	2,9	1,2	2,5	4,9	4	1,30	5
		Rpd	21,5	11	37	16,4	7,4	14,1	28,9	23		
3	4,20 5,10	N	16,3	14	19	15,2	---	---	---	16	1,30	21
		Rpd	82,1	70	96	76,2	---	---	---	81		
4	5,10 6,60	N	28,8	22	39	25,4	---	---	---	29	1,30	38
		Rpd	133,7	105	176	119,1	---	---	---	135		
5	6,60 8,10	N	11,2	8	15	9,6	---	---	---	11	1,30	14
		Rpd	47,8	34	61	41,0	---	---	---	47		
6	8,10 8,40	N	24,0	24	24	24,0	---	---	---	24	1,30	31
		Rpd	97,9	98	98	97,9	---	---	---	98		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0,99$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 1.20	Riporto	26	59.0	34.8	392	2.03	1.65	1.63	2.09	21	0.556
2	1.20 4.20	Sabbie limose sciolte	5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
3	4.20 5.10	Sabbie limose	21	51.5	33.3	353	2.00	1.60	1.31	2.03	24	0.648
4	5.10 6.60	Sabbie e ghiaie	38	73.0	38.0	484	2.09	1.75	2.38	2.24	14	0.373
5	6.60 8.10	Sabbie limose	14	41.0	31.2	299	1.96	1.53	0.88	1.95	30	0.795
6	8.10 8.40	Sabbie	31	66.0	36.3	430	2.06	1.70	1.94	2.15	18	0.474

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 6

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 1,30 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	2	14,1	----	1	4,50 - 4,80	30	150,7	----	6
0,30 - 0,60	9	63,6	----	1	4,80 - 5,10	21	105,5	----	6
0,60 - 0,90	12	78,4	----	2	5,10 - 5,40	22	104,5	----	7
0,90 - 1,20	4	26,1	----	2	5,40 - 5,70	43	204,2	----	7
1,20 - 1,50	3	19,6	----	2	5,70 - 6,00	34	161,5	----	7
1,50 - 1,80	5	30,4	----	3	6,00 - 6,30	21	94,6	----	8
1,80 - 2,10	5	30,4	----	3	6,30 - 6,60	14	63,1	----	8
2,10 - 2,40	11	66,9	----	3	6,60 - 6,90	18	81,1	----	8
2,40 - 2,70	4	22,7	----	4	6,90 - 7,20	20	85,6	----	9
2,70 - 3,00	2	11,4	----	4	7,20 - 7,50	20	85,6	----	9
3,00 - 3,30	2	11,4	----	4	7,50 - 7,80	22	94,2	----	9
3,30 - 3,60	2	10,7	----	5	7,80 - 8,10	27	110,2	----	10
3,60 - 3,90	3	16,0	----	5	8,10 - 8,40	40	163,2	----	10
3,90 - 4,20	10	53,3	----	5	8,40 - 8,70	40	163,2	----	10
4,20 - 4,50	13	65,3	----	6	8,70 - 9,00	42	163,7	----	11

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**30**) [δ = 30 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

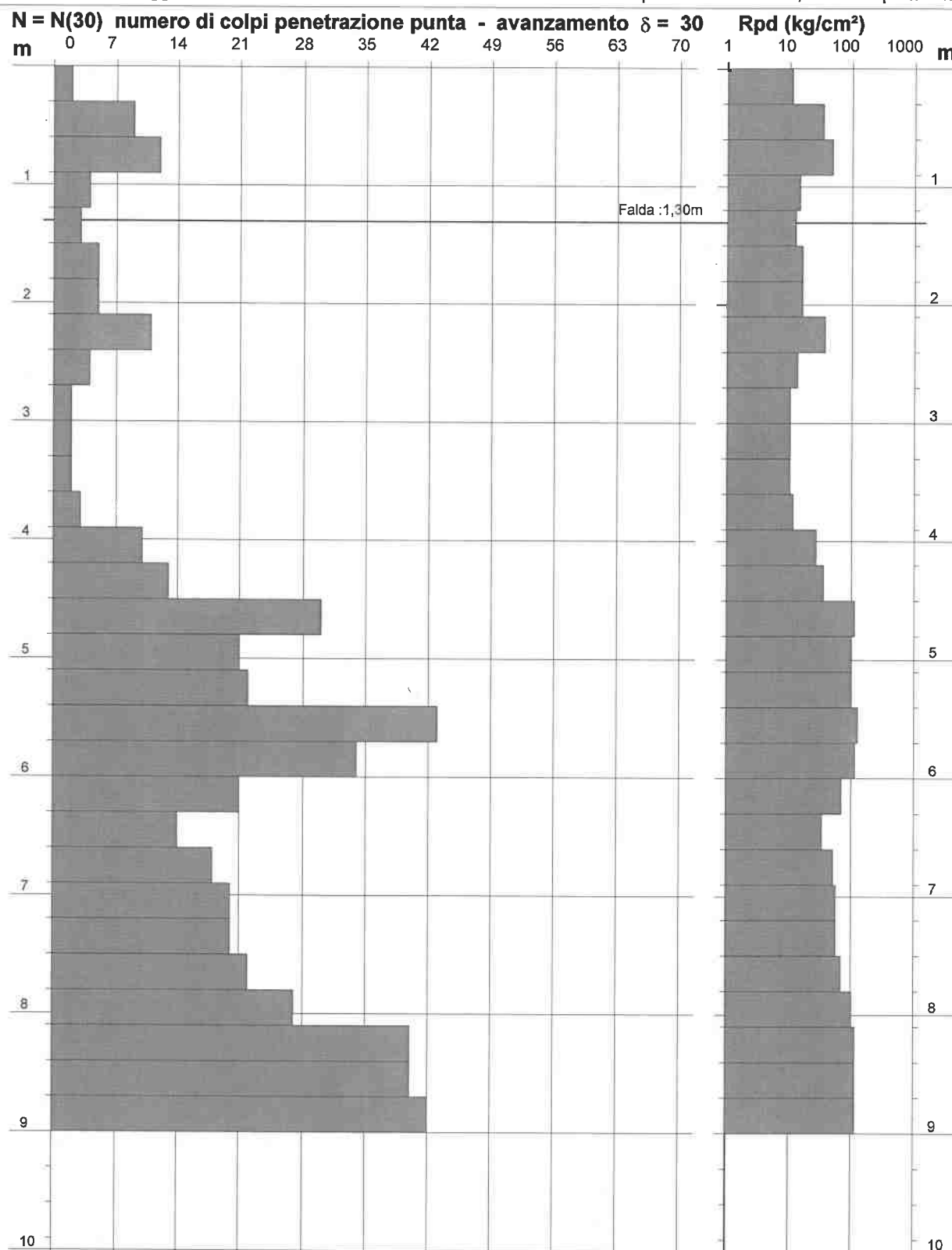
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 6

Scala 1: 50

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 1,30 m da quota inizio



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(30) [$\delta = 30$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 6

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 1,30 m da quota inizio
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,90	N	7,7	2	12	4,8	---	---	---	8	1,30	10
		Rpd	52,1	14	78	33,1	---	---	---	54		
2	0,90 3,90	N	4,1	2	11	3,1	2,7	1,4	6,8	4	1,30	5
		Rpd	24,6	11	67	17,6	16,7	7,9	41,2	24		
3	3,90 4,50	N	11,5	10	13	10,8	---	---	---	12	1,30	16
		Rpd	59,3	53	65	56,3	---	---	---	62		
4	4,50 6,30	N	28,5	21	43	24,8	8,9	19,6	37,4	28	1,30	36
		Rpd	136,8	95	204	115,7	42,8	94,0	179,6	134		
5	6,30 6,90	N	16,0	14	18	15,0	---	---	---	16	1,30	21
		Rpd	72,1	63	81	67,6	---	---	---	72		
6	6,90 9,00	N	30,1	20	42	25,1	10,1	20,0	40,3	30	1,30	39
		Rpd	123,7	86	164	104,7	38,0	85,7	161,7	123		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0,99$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.90	Riporto	10	35.0	30.0	268	1.93	1.50	0.63	1.90	33	0.892
2	0.90 3.90	Limi sabbiosi	5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
3	3.90 4.50	Sabbie limose	16	44.0	31.8	315	1.97	1.55	1.00	1.97	28	0.750
4	4.50 6.30	Sabbie e ghiaie	36	71.0	37.5	469	2.08	1.74	2.25	2.21	15	0.401
5	6.30 6.90	Sabbie limose	21	51.5	33.3	353	2.00	1.60	1.31	2.03	24	0.648
6	6.90 9.00	Sabbie e ghiaie	39	74.0	38.3	492	2.10	1.76	2.44	2.25	13	0.360

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 7

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 1,30 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	12	84,8	----	1	4,50 - 4,80	18	90,4	----	6
0,30 - 0,60	25	176,7	----	1	4,80 - 5,10	19	95,5	----	6
0,60 - 0,90	15	98,0	----	2	5,10 - 5,40	18	85,5	----	7
0,90 - 1,20	5	32,7	----	2	5,40 - 5,70	21	99,7	----	7
1,20 - 1,50	7	45,8	----	2	5,70 - 6,00	28	133,0	----	7
1,50 - 1,80	3	18,2	----	3	6,00 - 6,30	15	67,6	----	8
1,80 - 2,10	2	12,2	----	3	6,30 - 6,60	11	49,5	----	8
2,10 - 2,40	3	18,2	----	3	6,60 - 6,90	10	45,0	----	8
2,40 - 2,70	3	17,0	----	4	6,90 - 7,20	13	55,7	----	9
2,70 - 3,00	2	11,4	----	4	7,20 - 7,50	17	72,8	----	9
3,00 - 3,30	3	17,0	----	4	7,50 - 7,80	12	51,4	----	9
3,30 - 3,60	7	37,3	----	5	7,80 - 8,10	12	49,0	----	10
3,60 - 3,90	7	37,3	----	5	8,10 - 8,40	19	77,5	----	10
3,90 - 4,20	15	80,0	----	5	8,40 - 8,70	70	285,6	----	10
4,20 - 4,50	15	75,4	----	6					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**30**) [δ = 30 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

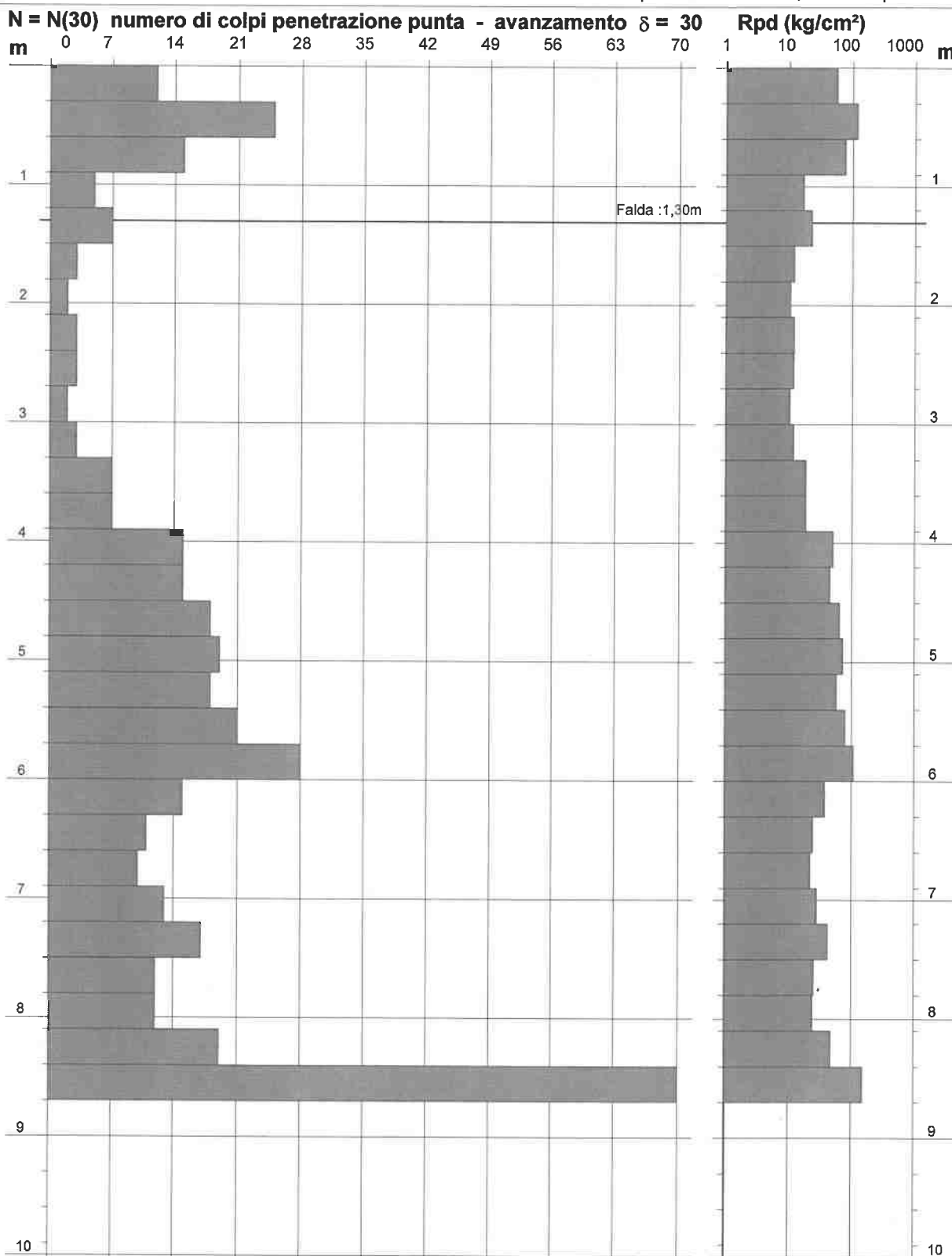
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 7

Scala 1: 50

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 1,30 m da quota inizio



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(30) [$\delta = 30$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 7

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 1,30 m da quota inizio
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s		
1	0,00	0,90	N	17,3	12	25	14,7	---	---	---	17	1,30
			Rpd	119,9	85	177	102,3	---	---	---	118	
2	0,90	3,30	N	3,5	2	7	2,8	1,7	1,8	5,2	4	1,30
			Rpd	21,6	11	46	16,5	11,7	9,8	33,3	25	
3	3,30	5,40	N	14,1	7	19	10,6	5,1	9,0	19,3	14	1,30
			Rpd	71,6	37	96	54,5	24,3	47,3	96,0	71	
4	5,40	6,00	N	24,5	21	28	22,8	---	---	---	24	1,30
			Rpd	116,4	100	133	108,1	---	---	---	114	
5	6,00	8,10	N	12,9	10	17	11,4	2,4	10,4	15,3	13	1,30
			Rpd	55,8	45	73	50,4	10,4	45,5	66,2	56	
6	8,10	8,70	N	44,5	19	70	31,8	---	---	---	44	1,30
			Rpd	181,6	78	286	129,6	---	---	---	180	

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0,99$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.90	Riporto	22	53.0	33.6	361	2.00	1.61	1.38	2.04	23	0.628
2	0.90	3.30	Limi sabbiosi	5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
3	3.30	5.40	Sabbie limose	18	47.0	32.4	330	1.98	1.57	1.13	2.00	26	0.708
4	5.40	6.00	Sabbie	31	66.0	36.3	430	2.06	1.70	1.94	2.15	18	0.474
5	6.00	8.10	Sabbie limose	17	45.5	32.1	322	1.97	1.56	1.06	1.98	27	0.729
6	8.10	8.70	Sabbie e ghaie	57	87.6	42.1	631	2.17	1.87	3.56	2.47	06	0.158

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 8

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 1,10 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	3	21,2	----	1	4,80 - 5,10	14	70,3	----	6
0,30 - 0,60	10	70,7	----	1	5,10 - 5,40	21	99,7	----	7
0,60 - 0,90	26	169,9	----	2	5,40 - 5,70	22	104,5	----	7
0,90 - 1,20	15	98,0	----	2	5,70 - 6,00	14	66,5	----	7
1,20 - 1,50	6	39,2	----	2	6,00 - 6,30	12	54,0	----	8
1,50 - 1,80	4	24,3	----	3	6,30 - 6,60	9	40,5	----	8
1,80 - 2,10	2	12,2	----	3	6,60 - 6,90	11	49,5	----	8
2,10 - 2,40	3	18,2	----	3	6,90 - 7,20	18	77,1	----	9
2,40 - 2,70	2	11,4	----	4	7,20 - 7,50	23	98,5	----	9
2,70 - 3,00	3	17,0	----	4	7,50 - 7,80	24	102,8	----	9
3,00 - 3,30	11	62,5	----	4	7,80 - 8,10	24	97,9	----	10
3,30 - 3,60	19	101,3	----	5	8,10 - 8,40	28	114,3	----	10
3,60 - 3,90	15	80,0	----	5	8,40 - 8,70	33	134,7	----	10
3,90 - 4,20	16	85,3	----	5	8,70 - 9,00	40	155,9	----	11
4,20 - 4,50	17	85,4	----	6	9,00 - 9,30	33	128,6	----	11
4,50 - 4,80	18	90,4	----	6					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(30) [δ = 30 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

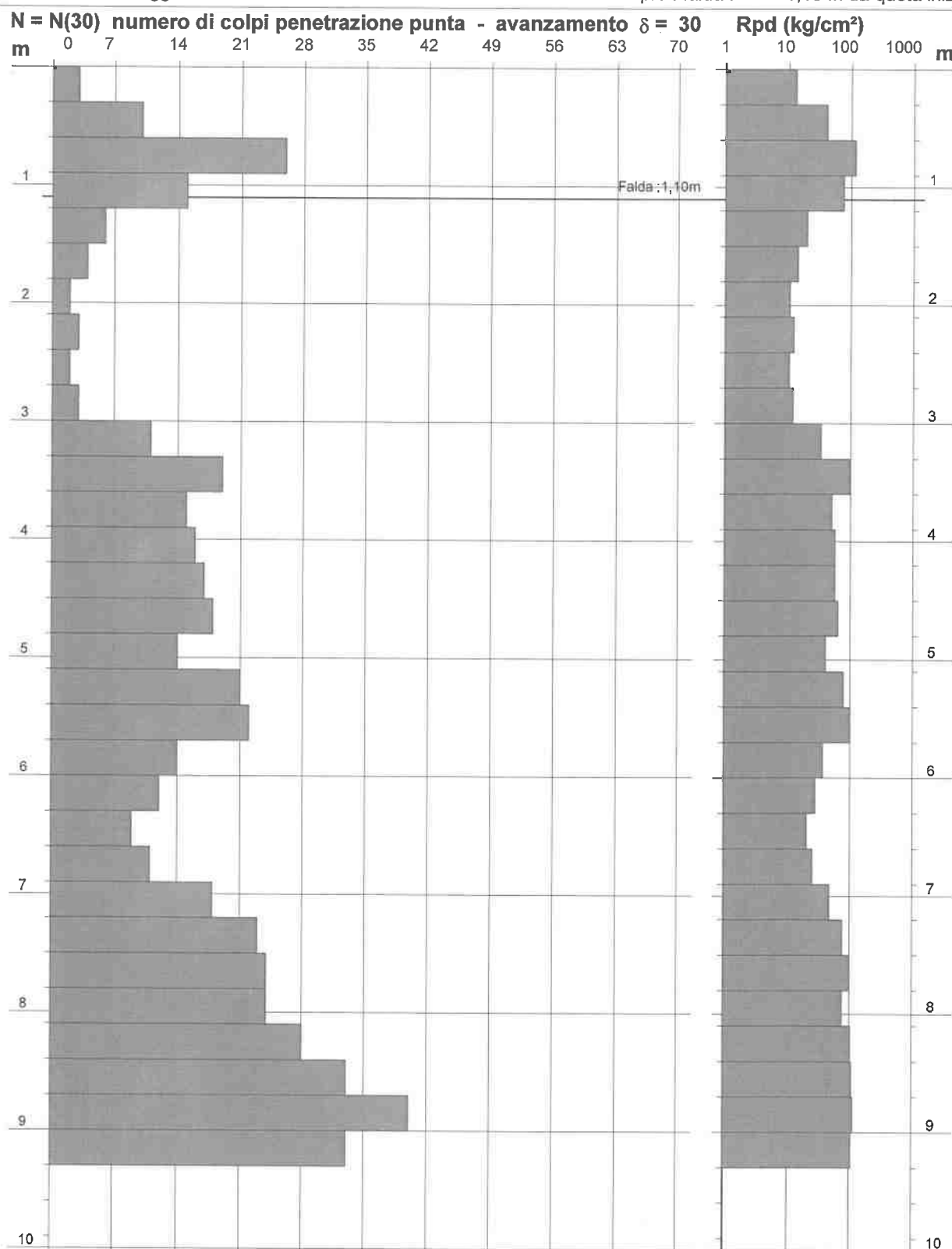
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 8

Scala 1: 50

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 1,10 m da quota inizio



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(30) [$\delta = 30$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 8

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 1,10 m da quota inizio
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 1,20	N	13,5	3	26	8,3	---	---	---	14	1,30	18
		Rpd	90,0	21	170	55,6	---	---	---	93		
2	1,20 3,00	N	3,3	2	6	2,7	1,5	1,8	4,8	3	1,30	4
		Rpd	20,4	11	39	15,9	10,3	10,0	30,7	19		
3	3,00 5,10	N	15,7	11	19	13,4	2,7	13,0	18,4	16	1,30	21
		Rpd	82,2	63	101	72,3	12,8	69,4	95,0	84		
4	5,10 5,70	N	21,5	21	22	21,3	---	---	---	22	1,30	29
		Rpd	102,1	100	105	100,9	---	---	---	105		
5	5,70 7,20	N	12,8	9	18	10,9	---	---	---	13	1,30	17
		Rpd	57,5	41	77	49,0	---	---	---	58		
6	7,20 9,30	N	29,3	23	40	26,1	6,3	23,0	35,6	29	1,30	38
		Rpd	118,9	98	156	108,4	21,8	97,1	140,7	118		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)

β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0,99$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 1.20	Riporto	18	47.0	32.4	330	1.98	1.57	1.13	2.00	26	0.708
2	1.20 3.00	Limi sabbiosi	4	15.0	27.6	222	1.87	1.39	0.25	1.80	42	1.125
3	3.00 5.10	Sabbie limose	21	51.5	33.3	353	2.00	1.60	1.31	2.03	24	0.648
4	5.10 5.70	Sabbie	29	63.5	35.7	415	2.05	1.68	1.81	2.13	19	0.506
5	5.70 7.20	Sabbie limose	17	45.5	32.1	322	1.97	1.56	1.06	1.98	27	0.729
6	7.20 9.30	Sabbie e ghiaie	38	73.0	38.0	484	2.09	1.75	2.38	2.24	14	0.373

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace

E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato

W% = contenuto d'acqua

e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata

Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 9

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 2,80 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	4	28,3	----	1	5,10 - 5,40	4	19,0	----	7
0,30 - 0,60	15	106,0	----	1	5,40 - 5,70	5	23,7	----	7
0,60 - 0,90	19	124,2	----	2	5,70 - 6,00	18	85,5	----	7
0,90 - 1,20	17	111,1	----	2	6,00 - 6,30	8	36,0	----	8
1,20 - 1,50	8	52,3	----	2	6,30 - 6,60	6	27,0	----	8
1,50 - 1,80	7	42,6	----	3	6,60 - 6,90	9	40,5	----	8
1,80 - 2,10	6	36,5	----	3	6,90 - 7,20	9	38,5	----	9
2,10 - 2,40	46	279,6	----	3	7,20 - 7,50	7	30,0	----	9
2,40 - 2,70	8	45,5	----	4	7,50 - 7,80	26	111,3	----	9
2,70 - 3,00	7	39,8	----	4	7,80 - 8,10	23	93,9	----	10
3,00 - 3,30	10	56,8	----	4	8,10 - 8,40	19	77,5	----	10
3,30 - 3,60	8	42,7	----	5	8,40 - 8,70	24	97,9	----	10
3,60 - 3,90	11	58,7	----	5	8,70 - 9,00	29	113,0	----	11
3,90 - 4,20	22	117,3	----	5	9,00 - 9,30	26	101,3	----	11
4,20 - 4,50	39	196,0	----	6	9,30 - 9,60	27	105,2	----	11
4,50 - 4,80	33	165,8	----	6	9,60 - 9,90	27	100,7	----	12
4,80 - 5,10	49	246,2	----	6	9,90 - 10,20	17	63,4	----	12

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**30**) [δ = 30 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

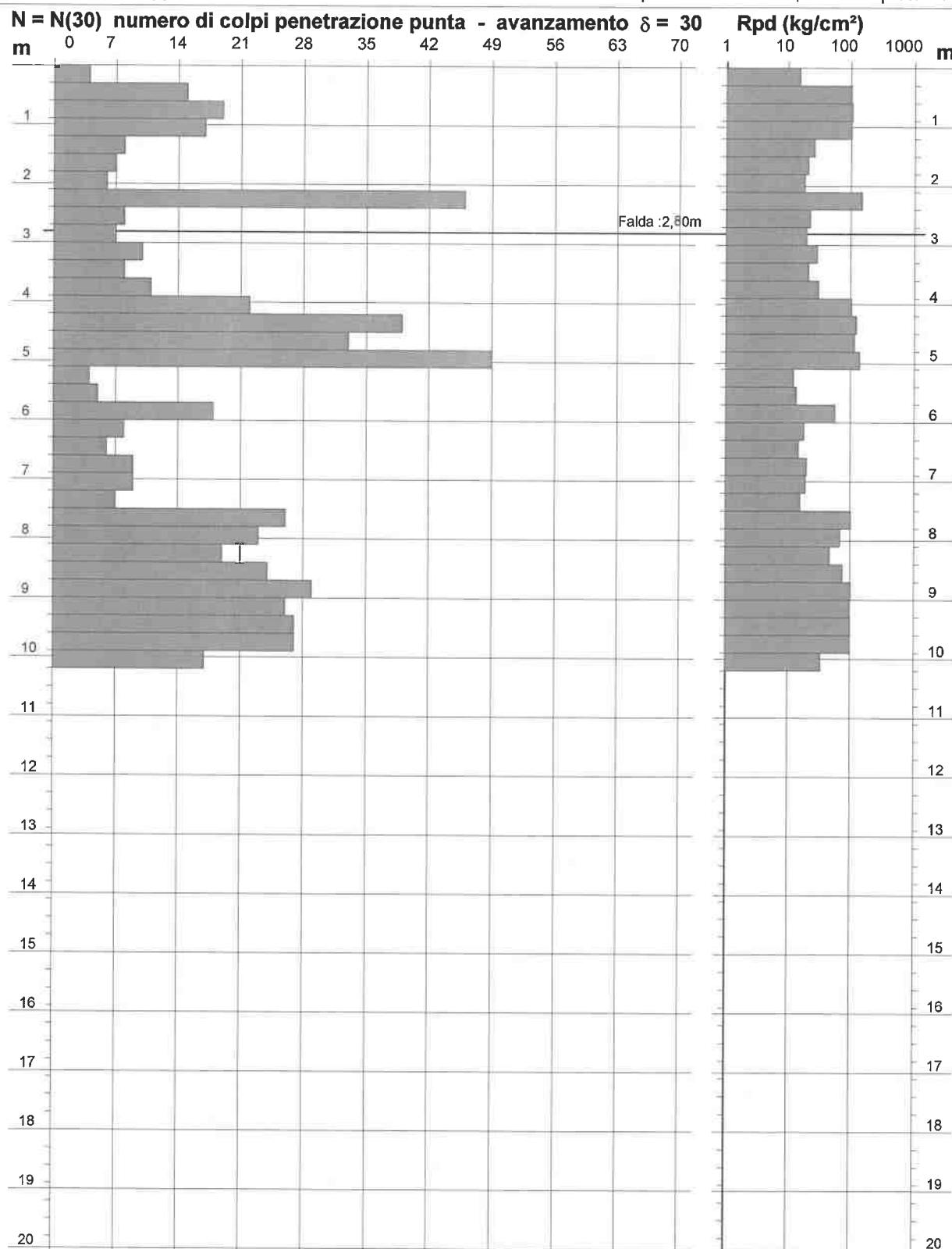
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 9

Scala 1: 100

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 2,80 m da quota inizio



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta **N = N(30)** [$\delta = 30$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 9

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 2,80 m da quota inizio
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 2,40	N	15,3	4	46	9,6	13,6	1,6	28,9	15	1,30	20
		Rpd	97,6	28	280	62,9	82,6	15,0	180,1	96		
2	2,40 3,90	N	8,8	7	11	7,9	---	---	---	9	1,30	12
		Rpd	48,7	40	59	44,2	---	---	---	50		
3	3,90 5,10	N	35,8	22	49	28,9	---	---	---	36	1,30	47
		Rpd	181,3	117	246	149,3	---	---	---	182		
4	5,10 7,50	N	8,3	4	18	6,1	4,3	3,9	12,6	8	1,30	10
		Rpd	37,5	19	86	28,3	20,7	16,8	58,3	36		
5	7,50 10,20	N	24,2	17	29	20,6	4,0	20,3	28,2	24	1,30	31
		Rpd	96,0	63	113	79,7	16,1	79,9	112,1	95		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)

β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0,99$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 2.40	Riporto	20	50.0	33.0	346	1.99	1.59	1.25	2.02	25	0.667
2	2.40 3.90	Sabbie ghiaiose sciolte	12	38.0	30.6	284	1.94	1.52	0.75	1.92	31	0.842
3	3.90 5.10	Sabbie e ghiaie	47	82.0	40.3	554	2.14	1.82	2.94	2.35	10	0.262
4	5.10 7.50	Sabbie limose	10	35.0	30.0	268	1.93	1.50	0.63	1.90	33	0.892
5	7.50 10.20	Sabbie	31	66.0	36.3	430	2.06	1.70	1.94	2.15	18	0.474

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace

e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata

E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato

Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

W% = contenuto d'acqua

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 10

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 3,00 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	2	14,1	----	1	5,10 - 5,40	16	76,0	----	7
0,30 - 0,60	9	63,6	----	1	5,40 - 5,70	15	71,2	----	7
0,60 - 0,90	13	85,0	----	2	5,70 - 6,00	28	133,0	----	7
0,90 - 1,20	9	58,8	----	2	6,00 - 6,30	20	90,1	----	8
1,20 - 1,50	8	52,3	----	2	6,30 - 6,60	18	81,1	----	8
1,50 - 1,80	5	30,4	----	3	6,60 - 6,90	20	90,1	----	8
1,80 - 2,10	8	48,6	----	3	6,90 - 7,20	24	102,8	----	9
2,10 - 2,40	10	60,8	----	3	7,20 - 7,50	17	72,8	----	9
2,40 - 2,70	4	22,7	----	4	7,50 - 7,80	21	89,9	----	9
2,70 - 3,00	3	17,0	----	4	7,80 - 8,10	21	85,7	----	10
3,00 - 3,30	6	34,1	----	4	8,10 - 8,40	20	81,6	----	10
3,30 - 3,60	6	32,0	----	5	8,40 - 8,70	21	85,7	----	10
3,60 - 3,90	5	26,7	----	5	8,70 - 9,00	29	113,0	----	11
3,90 - 4,20	19	101,3	----	5	9,00 - 9,30	34	132,5	----	11
4,20 - 4,50	15	75,4	----	6	9,30 - 9,60	46	179,3	----	11
4,50 - 4,80	16	80,4	----	6	9,60 - 9,90	51	190,2	----	12
4,80 - 5,10	25	125,6	----	6					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(30) [δ = 30 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

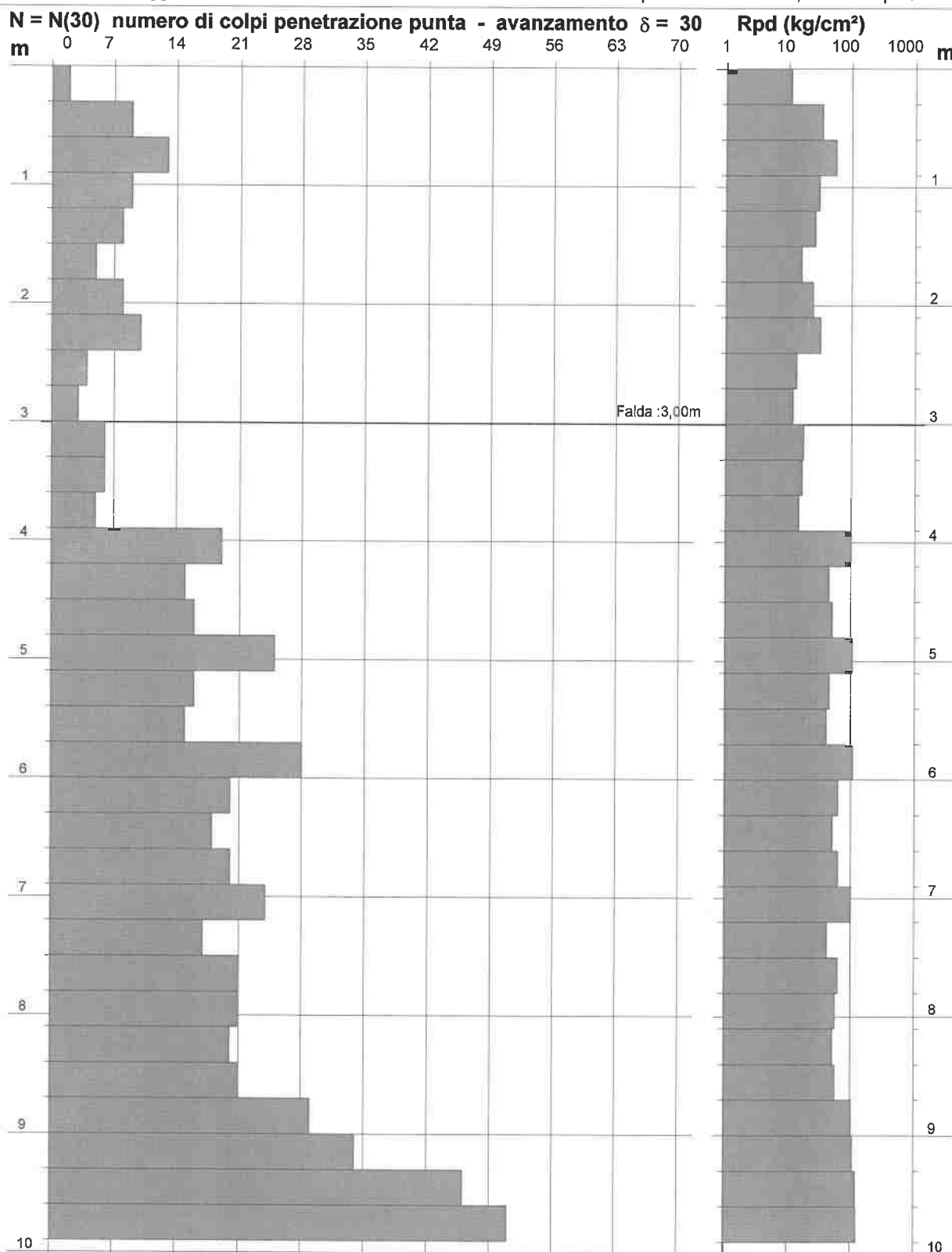
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 10

Scala 1: 50

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 3,00 m da quota inizio



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(30) [$\delta = 30$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 10

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 3,00 m da quota inizio
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 5,70	N Rpd	10,2 56,6	2 14	25 126	6,1 35,4	6,1 30,2	4,1 26,4	16,3 86,9	10 56	1,30	13
2	5,70 9,90	N Rpd	26,4 109,1	17 73	51 190	21,7 91,0	10,5 36,9	15,9 72,2	36,9 146,1	26 107	1,30	34

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0,99$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 5.70	Sabbie limose	13	39.5	30.9	292	1.95	1.53	0.81	1.93	30	0.818
2	5.70 9.90	Sabbie e ghiaie	34	69.0	37.0	453	2.07	1.72	2.13	2.19	16	0.429

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 11

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 3,00 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	2	14,1	----	1	5,10 - 5,40	16	76,0	----	7
0,30 - 0,60	11	77,8	----	1	5,40 - 5,70	8	38,0	----	7
0,60 - 0,90	4	26,1	----	2	5,70 - 6,00	19	90,2	----	7
0,90 - 1,20	13	85,0	----	2	6,00 - 6,30	22	99,1	----	8
1,20 - 1,50	14	91,5	----	2	6,30 - 6,60	9	40,5	----	8
1,50 - 1,80	8	48,6	----	3	6,60 - 6,90	10	45,0	----	8
1,80 - 2,10	6	36,5	----	3	6,90 - 7,20	9	38,5	----	9
2,10 - 2,40	4	24,3	----	3	7,20 - 7,50	11	47,1	----	9
2,40 - 2,70	2	11,4	----	4	7,50 - 7,80	17	72,8	----	9
2,70 - 3,00	2	11,4	----	4	7,80 - 8,10	15	61,2	----	10
3,00 - 3,30	3	17,0	----	4	8,10 - 8,40	19	77,5	----	10
3,30 - 3,60	3	16,0	----	5	8,40 - 8,70	26	106,1	----	10
3,60 - 3,90	3	16,0	----	5	8,70 - 9,00	27	105,2	----	11
3,90 - 4,20	6	32,0	----	5	9,00 - 9,30	23	89,6	----	11
4,20 - 4,50	11	55,3	----	6	9,30 - 9,60	36	140,3	----	11
4,50 - 4,80	12	60,3	----	6	9,60 - 9,90	47	175,3	----	12
4,80 - 5,10	19	95,5	----	6	9,90 - 10,20	51	190,2	----	12

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(30) [δ = 30 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

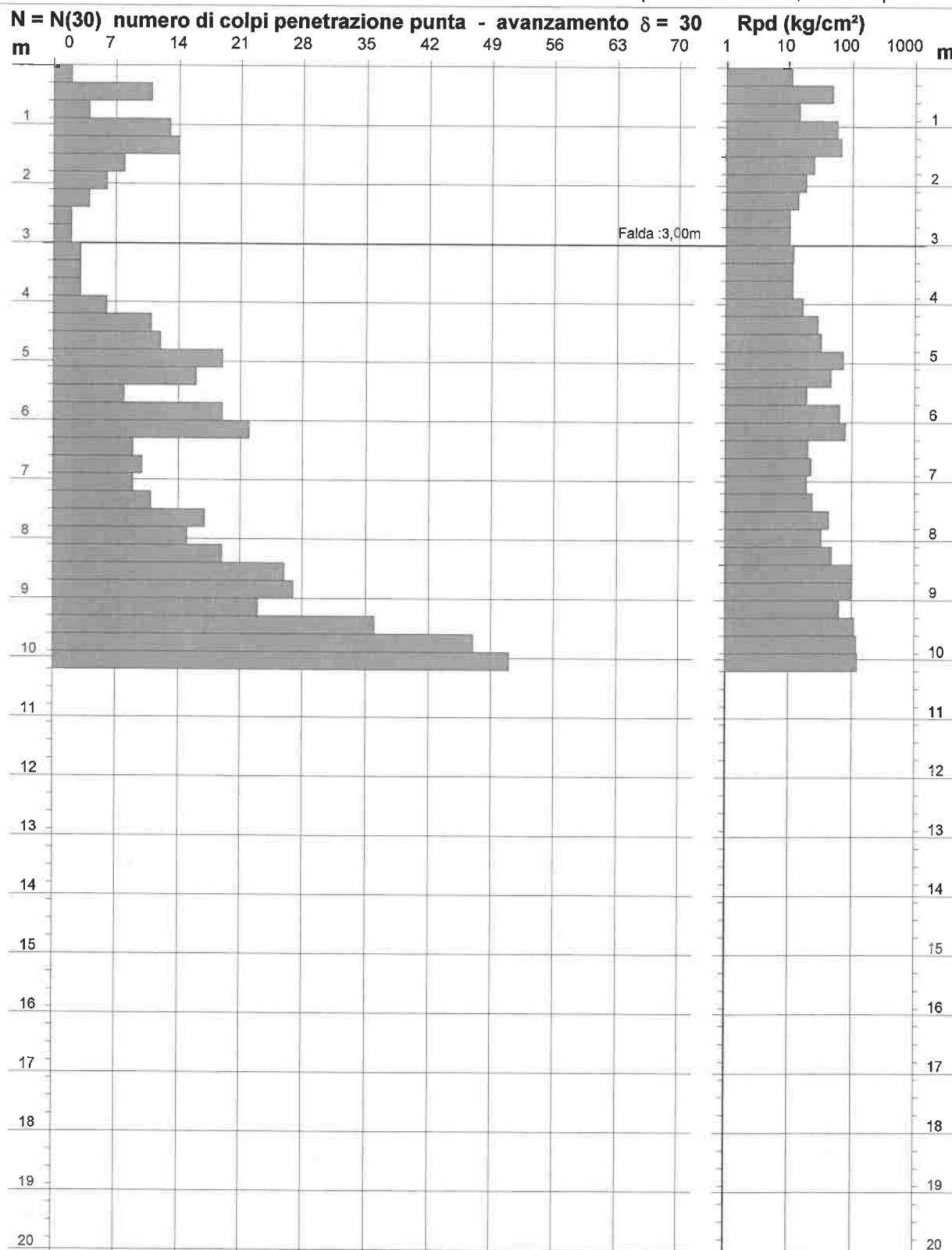
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 11

Scala 1: 100

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 3,00 m da quota inizio



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(30) [$\delta = 30$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 11

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 3,00 m da quota inizio
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 2,10	N	8,3	2	14	5,1	4,6	3,7	12,9	8	1,30	10
		Rpd	54,2	14	92	34,2	30,6	23,6	84,9	52		
2	2,10 4,20	N	3,3	2	6	2,6	1,4	1,9	4,7	3	1,30	4
		Rpd	18,3	11	32	14,8	7,4	10,9	25,7	17		
3	4,20 8,40	N	14,1	8	22	11,0	4,6	9,5	18,7	14	1,30	18
		Rpd	64,1	38	99	51,0	21,4	42,7	85,4	64		
4	8,40 10,20	N	35,0	23	51	29,0	11,7	23,3	46,7	35	1,30	46
		Rpd	134,5	90	190	112,1	41,2	93,3	175,7	135		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0,99$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 2.10	Riporto	10	35.0	30.0	268	1.93	1.50	0.63	1.90	33	0.892
2	2.10 4.20	Sabbie limose sciolte	4	15.0	27.6	222	1.87	1.39	0.25	1.80	42	1.125
3	4.20 8.40	Sabbie limose	18	47.0	32.4	330	1.98	1.57	1.13	2.00	26	0.708
4	8.40 10.20	Sabbie e ghiaie	46	81.0	40.0	546	2.13	1.82	2.88	2.33	10	0.274

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 12

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	3	21,2	----	1	3,90 - 4,20	23	122,7	----	5
0,30 - 0,60	36	254,5	----	1	4,20 - 4,50	31	155,8	----	6
0,60 - 0,90	35	228,8	----	2	4,50 - 4,80	36	180,9	----	6
0,90 - 1,20	15	98,0	----	2	4,80 - 5,10	29	145,7	----	6
1,20 - 1,50	11	71,9	----	2	5,10 - 5,40	21	99,7	----	7
1,50 - 1,80	9	54,7	----	3	5,40 - 5,70	19	90,2	----	7
1,80 - 2,10	6	36,5	----	3	5,70 - 6,00	19	90,2	----	7
2,10 - 2,40	14	85,1	----	3	6,00 - 6,30	28	126,1	----	8
2,40 - 2,70	36	204,5	----	4	6,30 - 6,60	28	126,1	----	8
2,70 - 3,00	11	62,5	----	4	6,60 - 6,90	27	121,6	----	8
3,00 - 3,30	4	22,7	----	4	6,90 - 7,20	25	107,0	----	9
3,30 - 3,60	4	21,3	----	5	7,20 - 7,50	70	299,7	----	9
3,60 - 3,90	10	53,3	----	5					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**30**) [δ = 30 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

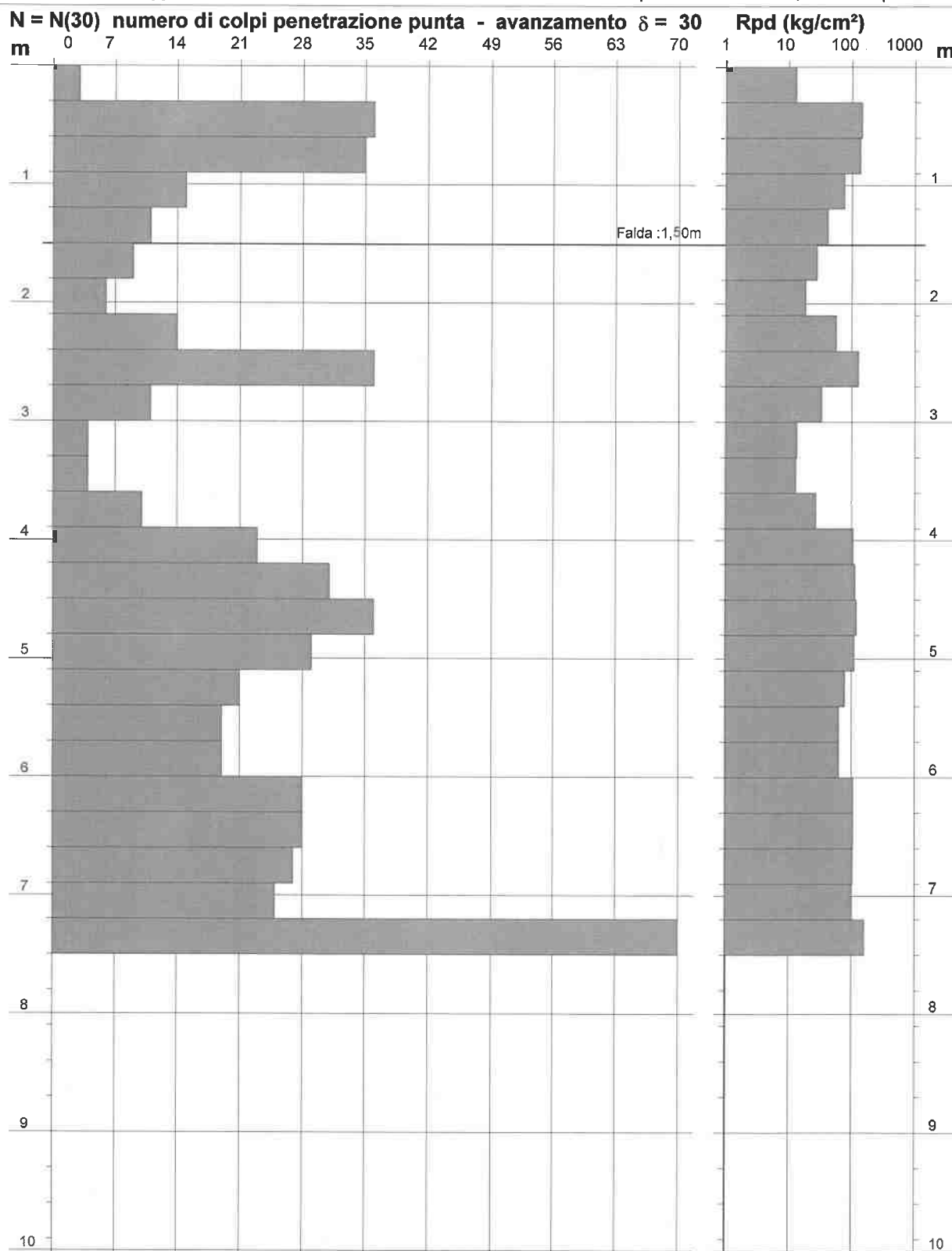
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 12

Scala 1: 50

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(30) [$\delta = 30$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
ELABORAZIONE STATISTICA**

n° 12

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 1,50	N	20,0	3	36	11,5	---	---	---	20	1,30	26
		Rpd	134,9	21	255	78,0	---	---	---	135		
2	1,50 2,70	N	16,3	6	36	11,1	---	---	---	16	1,30	21
		Rpd	95,2	37	205	65,8	---	---	---	93		
3	2,70 3,90	N	7,3	4	11	5,6	---	---	---	7	1,30	9
		Rpd	40,0	21	63	30,7	---	---	---	38		
4	3,90 7,50	N	29,7	19	70	24,3	13,7	16,0	43,3	30	1,30	39
		Rpd	138,8	90	300	114,5	57,3	81,5	196,1	140		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0,99$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 1.50	Riporto	26	59.0	34.8	392	2.03	1.65	1.63	2.09	21	0.556
2	1.50 2.70	Sabbie e ghiaie sciolte	21	51.5	33.3	353	2.00	1.60	1.31	2.03	24	0.648
3	2.70 3.90	Sabbie limose	9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918
4	3.90 7.50	Sabbie e ghiaie	39	74.0	38.3	492	2.10	1.76	2.44	2.25	13	0.360

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 13

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 2,10 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	2	14,1	----	1	3,00 - 3,30	4	22,7	----	4
0,30 - 0,60	21	148,4	----	1	3,30 - 3,60	3	16,0	----	5
0,60 - 0,90	19	124,2	----	2	3,60 - 3,90	4	21,3	----	5
0,90 - 1,20	15	98,0	----	2	3,90 - 4,20	11	58,7	----	5
1,20 - 1,50	14	91,5	----	2	4,20 - 4,50	16	80,4	----	6
1,50 - 1,80	18	109,4	----	3	4,50 - 4,80	23	115,6	----	6
1,80 - 2,10	7	42,6	----	3	4,80 - 5,10	29	145,7	----	6
2,10 - 2,40	6	36,5	----	3	5,10 - 5,40	46	218,5	----	7
2,40 - 2,70	4	22,7	----	4	5,40 - 5,70	51	242,2	----	7
2,70 - 3,00	4	22,7	----	4					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(30) [δ = 30 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

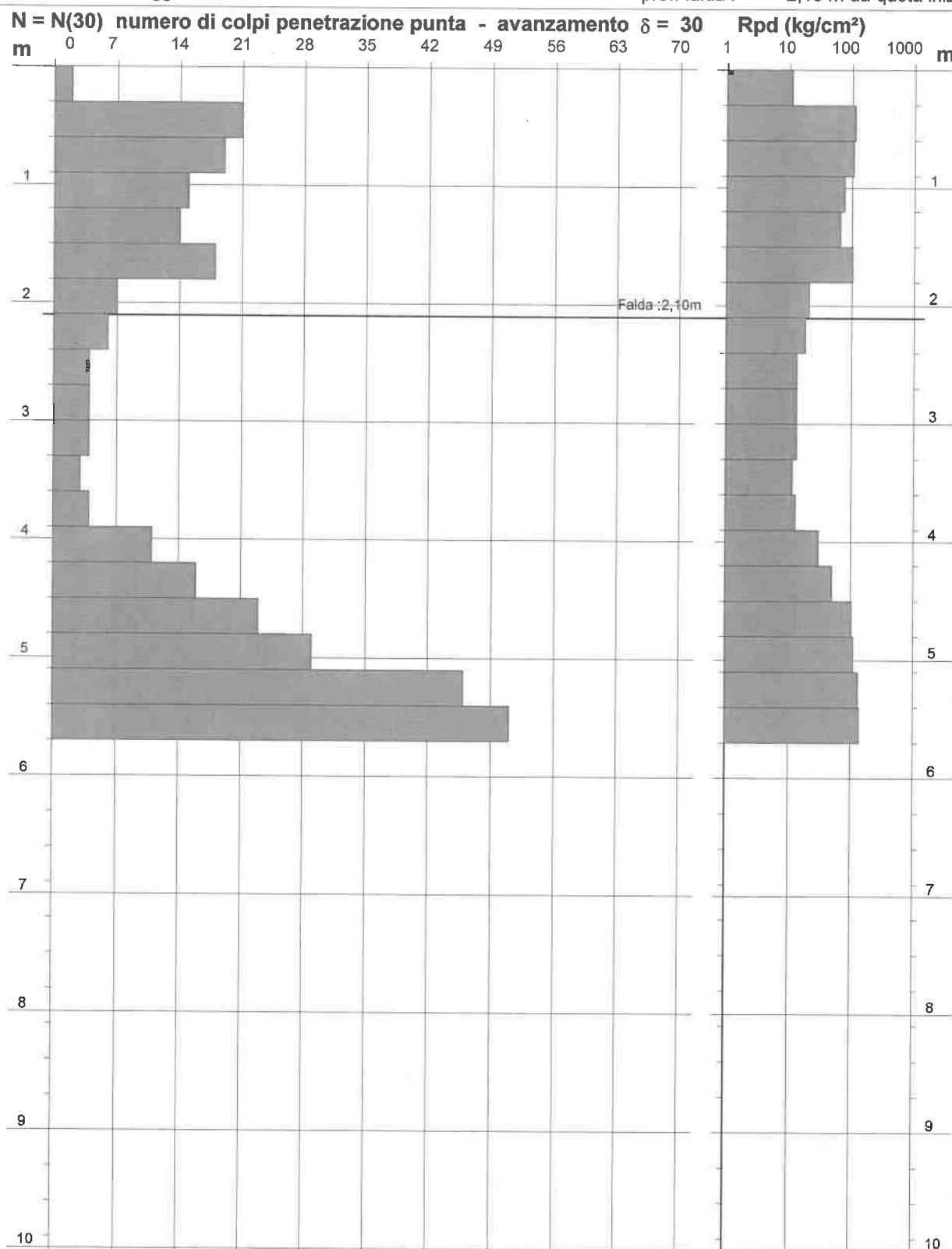
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 13

Scala 1: 50

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 2,10 m da quota inizio



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(30) [$\delta = 30$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 13

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 2,10 m da quota inizio
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 1,80	N	14,8	2	21	8,4	6,8	8,0	21,6	15	1,30	20
		Rpd	97,6	14	148	55,9	45,7	51,9	143,3	99		
2	1,80 3,90	N	4,6	3	7	3,8	1,4	3,2	6,0	5	1,30	7
		Rpd	26,4	16	43	21,2	9,5	16,9	35,8	29		
3	3,90 4,50	N	13,5	11	16	12,3	----	----	----	14	1,30	18
		Rpd	69,5	59	80	64,1	----	----	----	72		
4	4,50 5,70	N	37,3	23	51	30,1	----	----	----	37	1,30	48
		Rpd	180,5	116	242	148,0	----	----	----	179		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)

β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0,99$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 1.80	Riporto	20	50.0	33.0	346	1.99	1.59	1.25	2.02	25	0.667
2	1.80 3.90	Sabbie limose sciolte	7	25.0	28.8	245	1.90	1.45	0.44	1.86	36	0.972
3	3.90 4.50	Sabbie limose	18	47.0	32.4	330	1.98	1.57	1.13	2.00	26	0.708
4	4.50 5.70	Sabbie e ghiaie	48	83.0	40.5	561	2.14	1.83	3.00	2.36	09	0.251

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace

E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato

W% = contenuto d'acqua

e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata

Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 14

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 3,00 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	2	14,1	----	1	2,10 - 2,40	7	42,6	----	3
0,30 - 0,60	21	148,4	----	1	2,40 - 2,70	7	39,8	----	4
0,60 - 0,90	13	85,0	----	2	2,70 - 3,00	8	45,5	----	4
0,90 - 1,20	14	91,5	----	2	3,00 - 3,30	7	39,8	----	4
1,20 - 1,50	13	85,0	----	2	3,30 - 3,60	17	90,7	----	5
1,50 - 1,80	17	103,3	----	3	3,60 - 3,90	48	256,0	----	5
1,80 - 2,10	18	109,4	----	3	3,90 - 4,20	70	373,3	----	5

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(30) [δ = 30 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

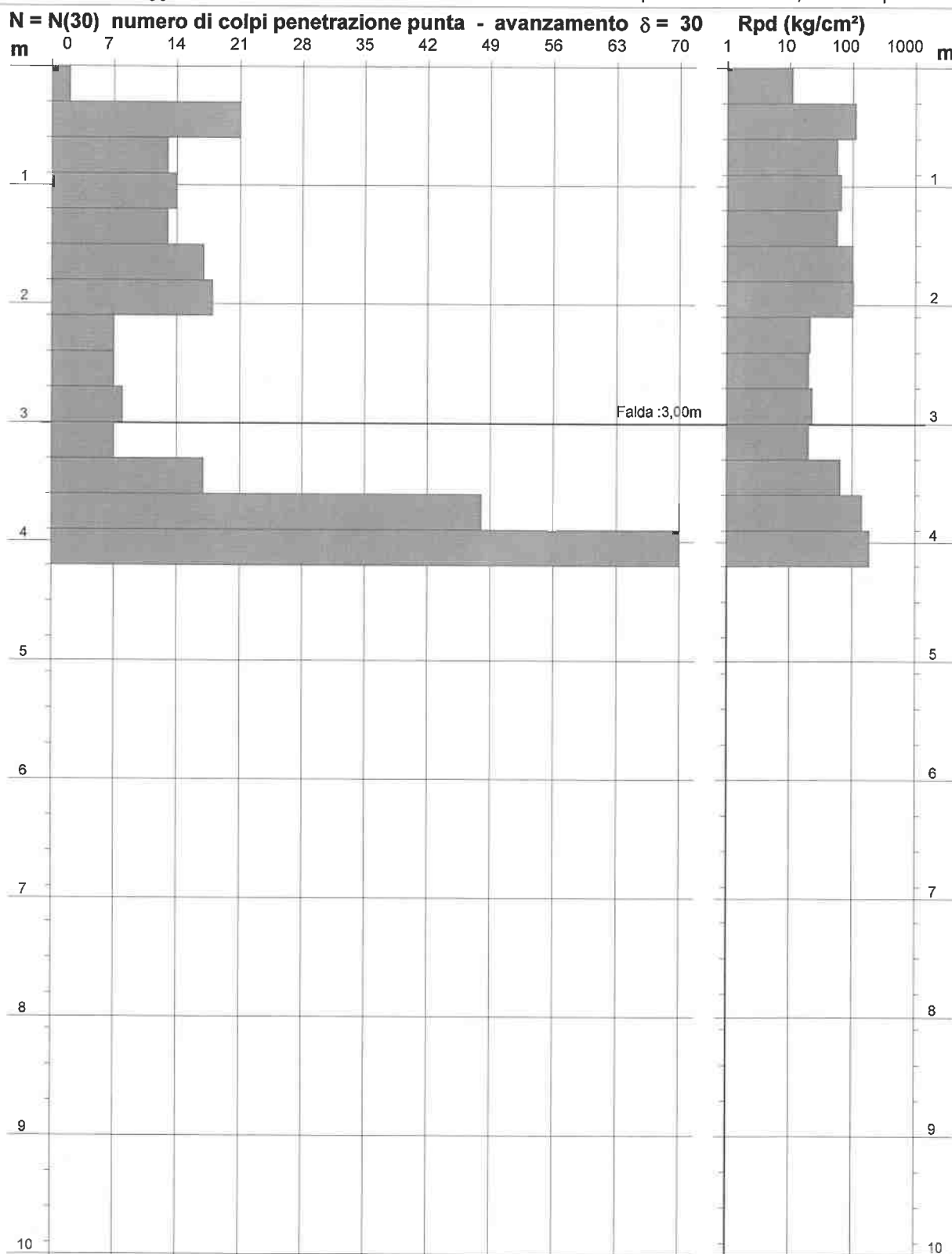
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 14

Scala 1: 50

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 3,00 m da quota inizio



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(30) [$\delta = 30$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 14

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 3,00 m da quota inizio
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 2,10	N	14,0	2	21	8,0	6,1	7,9	20,1	14	1,30	18
		Rpd	91,0	14	148	52,6	40,4	50,6	131,3	91		
2	2,10 3,60	N	9,2	7	17	8,1	---	---	---	9	1,30	12
		Rpd	51,6	40	91	45,7	---	---	---	51		
3	3,60 4,20	N	59,0	48	70	53,5	---	---	---	59	1,30	77
		Rpd	314,6	256	373	285,3	---	---	---	315		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0,99$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 2.10	Riporto	18	47.0	32.4	330	1.98	1.57	1.13	2.00	26	0.708
2	2.10 3.60	Sabbie limose	12	38.0	30.6	284	1.94	1.52	0.75	1.92	31	0.842
3	3.60 4.20	Ghiaie	77	95.1	44.4	785	2.21	1.94	4.81	2.71	---	-0.006

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 15

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 2,80 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	2	14,1	----	1	1,50 - 1,80	8	48,6	----	3
0,30 - 0,60	12	84,8	----	1	1,80 - 2,10	10	60,8	----	3
0,60 - 0,90	14	91,5	----	2	2,10 - 2,40	17	103,3	----	3
0,90 - 1,20	11	71,9	----	2	2,40 - 2,70	50	284,1	----	4
1,20 - 1,50	8	52,3	----	2	2,70 - 3,00	70	397,7	----	4

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(30) [δ = 30 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

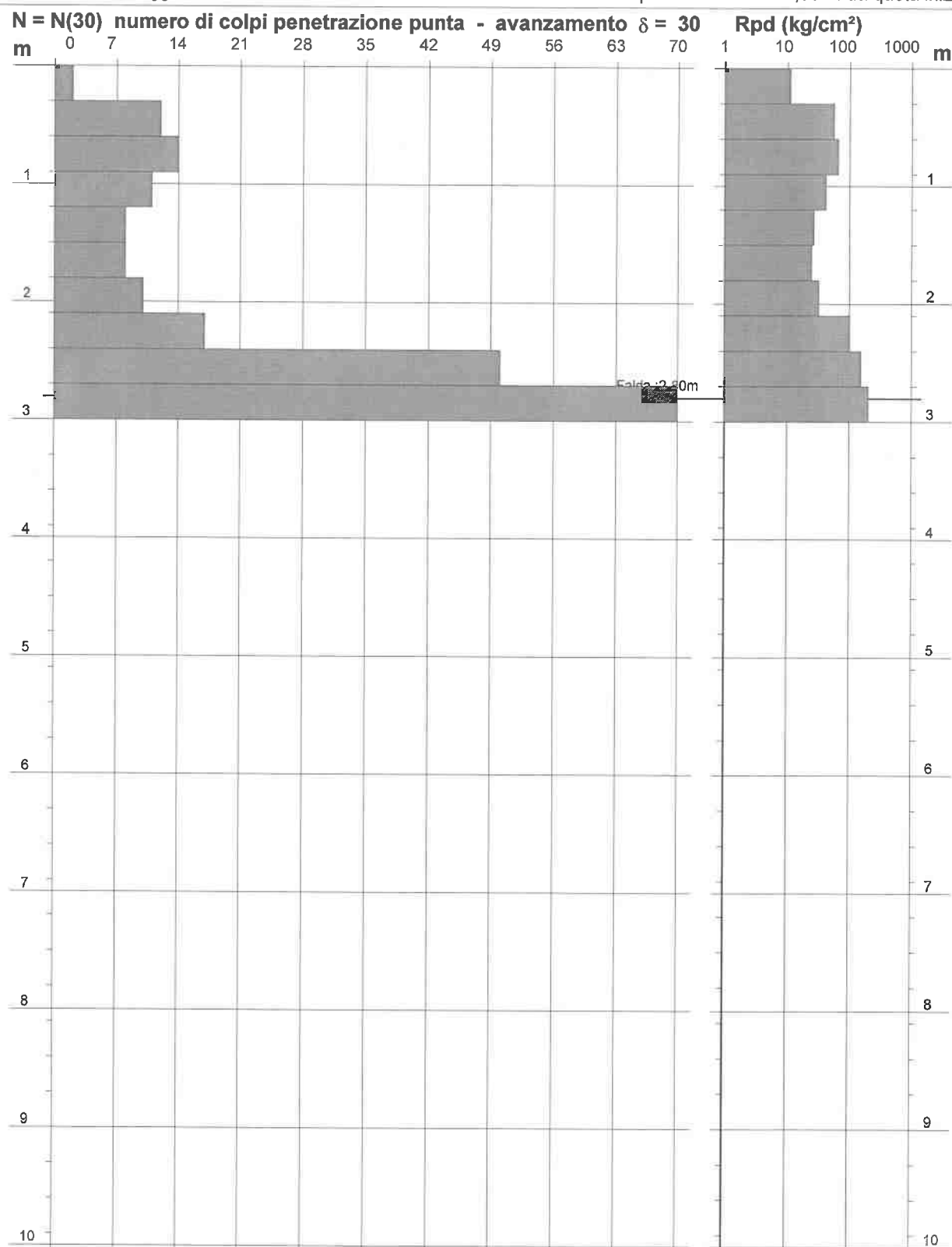
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 15

Scala 1: 50

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 2,80 m da quota inizio



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(30) [$\delta = 30$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 15

- indagine : Caleffi S.p.A.
- cantiere : Ampliamento stabilimento
- località : Maggiate
- note :

- data : 04/11/2005
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 2,80 m da quota inizio
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 1,20	N	9,8	2	14	5,9	---	---	---	10	1,30	13
		Rpd	65,6	14	92	39,9	---	---	---	67		
2	1,20 2,40	N	10,8	8	17	9,4	---	---	---	11	1,30	14
		Rpd	66,3	49	103	57,4	---	---	---	68		
3	2,40 3,00	N	60,0	50	70	55,0	---	---	---	60	1,30	78
		Rpd	340,9	284	398	312,5	---	---	---	341		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0,99$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 1.20	Riporto	13	39.5	30.9	292	1.95	1.53	0.81	1.93	30	0.818
2	1.20 2.40	Sabbie limose	14	41.0	31.2	299	1.96	1.53	0.88	1.95	30	0.795
3	2.40 3.00	Ghiaie	78	95.5	44.4	793	2.21	1.94	4.88	2.72	-01	-0.013

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

[illegible]

Committente: Caleffi S.p.A.	Dati di perforazione Tipo di perforazione: <i>carotaggio continuo</i> Diametro perforazione: <i>131/152 mm</i> Rivestimento: 30 m Inclinazione rispetto alla verticale: 0° Casse: 6
Cantiere: Gattico-Veruno, loc. Maggiate Sup.	
Data: Novembre 2021	
Quota: -	
Coordinate: -	

Litologia	Profondità	Descrizione litologica	% Carotaggio	Campioni	Prove geotecniche in foro				Cross hole	Piezometro	Utensile			Falda
					Standard Penetration Test (punta chiusa)		Lefranc	Lugeon			Carotiere semplice	Carotiere doppio	Manovra	
	19,40				prof.	Risultato	N _{spt}							
	20,00	Ghiaia in matrice sabbioso-limosa con elevato contenuto di clasti e piccoli ciottoli sub-arrotondati di origine metamorfica di dimensione media 2-5 cm.												
		Sabbia media-grossolana limosa compatta che puntalmente si presenta debolmente ghiaiosa. Colore 5Y 7/6.			21,00	22 - 27 - 30	57							
					24,00	24 - 26 - 27	53							
					27,00	14 - 21 - 28	49							
	30,00				30,00	34 - 38 - 42	80							