

THE
BLOSSOM[®]
AVENUE
FOR BETTER HUMAN LIVING

info@theblossomavenue.com
www.theblossomavenue.com

COMUNE DI PREGNANA MILANESE
P.za della Libertà, n. 1
20010 Pregnana Milanese, (MI)

PIANO ATTUATIVO Pregnana Milanese - Ex IVECO

PROJECT MANAGMENT

The Blossom Avenue Partners
Prof. Arch. Marco Facchinetti
Urb. Marco Dellavalle
Arch. Luca De Stefani
Corso Italia 13, 20122, Milano
Tel +39 (02) 36520482
info@theblossomavenue.com
www.theblossomavenue.com

5.6

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA



PROPONENTE

VITTORIO VENETO 15 s.r.l.
C.so Europa 10, 20122, Milano
PEC: vittorioveneto15srl@legalmail.it

STUDI SPECIALISTICI

Te.A. Consulting srl
Ing. Massimo Moi
via G. B. Grassi 15, 20157, Milano
moi@territorioambiente.com

RILIEVO TOPOGRAFICO

Pro Essegi
di Passerella Gianluca e Detogni Sabina
Associazione tra Professionisti
Via Monti Lessini 119, 37132, Verona (VR)
Tel. 045 892 2371
posta@proesseggi.it
geom.gianluca.passerella@gmail.com

STUDIO IMPATTO ILLUMINOTECNICO

VF Srl
di Valter Fasolo
Via Pola 24, 36040, Torri di Quartesolo (VI)
Tel. 0444 945795
valter.fasolo@gmail.com





VITTORIO VENETO 15 Srl

Corso Europa, n.10 – 20122 Milano (MI)

PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI UN DATA CENTER
Area sita in via Vanzago, 20006, Pregnana Milanese (MI)

Relazione tecnica

Relazione Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018

Milano, settembre 2025

Redatto da: Dott. Geol. Federico Bacci



Te.A. Consulting S.r.l.

Sede legale Via Vincenzo Monti 32 - 20123 Milano
pec tea.consulting@legalmail.it

P.IVA e C.F. n° 06908160960 - R.E.A. n° MI - 1923131

MI Via G.B. Grassi 15 - 20157

T 02 21711067 F 0221596353

BG Via Don A. Mazzucotelli 6 - 24020 Gorle

T 035 19966616 F 0221596353

Member of CISQ Federation



CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM
ISO 9001 - ISO 14001 - ISO 45001

INDICE

1	PREMESSA	4
1.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E GEOMORFOLOGICO	7
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	11
4	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	14
5	INQUADRAMENTO SISMICO	16
6	VINCOLI DI CARATTERE IDRAULICO ED AMBIENTALE	18
7	RAFFRONTO CON LA CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA	20
8	INDAGINI GEOGNOSTICHE	22
8.1	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE	24
8.2	PROVA SISMICA ATTIVA MASW	27
8.3	RAPPRESENTAZIONE ED INTERPRETAZIONE DATI SISMICI MASW	29
8.4	ASSETTO SISMO-STRATIGRAFICO E DEFINIZIONE CATEGORIA (Vs30eq)	31
8.5	PROVA SISMICA PASSIVA HVSR	31
9	DEFINIZIONE CATEGORIA SISMICA DI SOTTOSUOLO	35
10	MODELLO GEOTECNICO	37
11	AZIONI SISMICHE	41
12	VERIFICHE DI SICUREZZA DEI TERRENI DI FONDAZIONE	42
12.1	Resistenza agli stati limite ultimi (SLU)	43
12.2	Verifica agli Stati Limite di Esercizio (SLE) – Cedimenti	44
12.3	Verifica alla stabilità nei confronti della liquefazione	46
12.4	Costante di Winkler	47
13	STABILITÀ DEGLI SCAVI E GESTIONE DELLE ACQUE	48
14	CONCLUSIONI	49

Allegati

- All. 1** Rapporto delle indagini con grafici delle prove penetrometriche dinamiche (Scpt) e risultati indagini sismiche
- All. 2** Interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche (Scpt) - calcolo dei parametri geotecnici con software "Geostrati" Dolmen
- All. 3** Riferimenti tecnici per la caratterizzazione geotecnica dei terreni e le verifiche di sicurezza per fondazioni dirette
- All. 4** Coefficienti sismici del terreno
- All. 5** Calcolo delle resistenze limite dei terreni di fondazione agli SLU
- All. 6** Valutazione dei cedimenti in terreni incoerenti dai valori di NSPT (SLE)

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	3 di 51

1 PREMESSA

La presente documentazione geologica e geotecnica costituisce in modo "accorpato" le relazioni previste dalla D.G.R. 5001/2016, che in particolare sono così identificate:

- **RELAZIONE GEOLOGICA ai sensi della DGR 2616/2011 (R3)**
(conforme all' Allegato B della D.G.R. IX/2016 del 30/11/2011)
- **RELAZIONE GEOLOGICA ai sensi delle NTC D.M. 17/01/2018 (R1)**
(conforme ai paragrafi 6.1.2 e 6.2.1 delle N.T.C. 2018)
- **RELAZIONE GEOTECNICA ai sensi delle NTC D.M. 17/01/2018 (R2)**
(conforme ai paragrafi 6.1.2 e 6.2.2 delle N.T.C. 2018)

La presente relazione, redatta per conto della società "Vittorio Veneto 15 Srl", costituisce il supporto geologico, geotecnico e sismico di carattere preliminare alla valutazione del progetto di realizzazione di strutture finalizzate all'installazione di un data center, previsto presso via Vanzago in Comune di Pregnana Milanese.

L'intervento prevede la realizzazione di un corpo di fabbrica principale destinato al data center e agli uffici, che avrà superficie coperta di circa 22.000 mq e relative aree di parcheggio auto e tir, e di un fabbricato secondario destinato alla sottostazione elettrica.

Il tipo di opera è di tipo 2 con classe d'uso II: "costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV".

Allo scopo di acquisire i parametri geotecnici e sismici dei terreni di fondazione, si è ritenuto di impostare una campagna geognostica mediante l'esecuzione di n. 8 prove penetrometriche dinamiche continue D.P.S.H. (Scpt 1÷8), di n.1 prova geofisica attiva di tipo M.A.S.W. e di un'indagine geofisica passiva di tipo H.V.S.R. per la misurazione e l'acquisizione del microtremore sismico ambientale; la campagna di indagini è stata eseguita in data 7 luglio 2025.

Sulla base dei risultati delle indagini, integrati con quelli derivanti dalla bibliografia disponibile, unitamente agli strumenti di pianificazione comunale, si è ricostruito il modello geotecnico e sismico per il sito.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	4 di 51

1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La stesura della seguente relazione è stata eseguita in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento elencate di seguito:

Ministero dei Lavori Pubblici, Decreto 11 Marzo 1988

"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".

Ministero dei Lavori Pubblici, Decreto 17 Gennaio 2018

"Norme tecniche per le costruzioni – Testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni, di cui alla legge 5 novembre 1971, n.1086, alla legge 2 febbraio 1974, n.64, al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n.380, ed al decreto-legge 28 maggio 2004, n.136, convertito con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n.186".

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 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".

Eurocodice 7, 1997

"Progettazione geotecnica – parte I: Regole Generale (1997) – parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002) – parte III: progettazione assistita con prove in sito (2002)".

Eurocodice 8, 1998

"Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture – parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici".

Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri, 28 Aprile 2006, n. 3519

"Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

D.G.R. Regione Lombardia n. IX/2616 30.11.2011

"Aggiornamento dei 'Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12', approvati"

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	5 di 51

con d.g.r. 22 dicembre 2005, n.8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n.8/7374", pubblicata sul BURL n.50 Serie ordinaria del 15 dicembre 2012.

D.P.R. n.120 13.06.2017

Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n.133, convertito, con modificazioni, della legge 11 novembre 2014, n.164";

Associazione Geotecnica Italiana; giugno 1977

"Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".

P.G.T. (Piano di Governo del Territorio) del Comune di Pregnana Milanese

"Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica" -

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	6 di 51

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E GEOMORFOLOGICO

L'area di indagine è ricompresa nell'area industriale situata a Nord-Est di dell'abitato di Pregnana Milanese, ad una quota di circa 156 m s.l.m. In particolare, il terreno si colloca nelle vicinanze della linea ferroviaria Milano-Gallarate.

Dal punto di vista geomorfologico, Pregnana Milanese si inquadra nel contesto dell'alta pianura lombarda occidentale, a Nord-Ovest di Milano ed è caratterizzato da una morfologia sub-pianeggiante, con quote comprese tra 160 m s.l.m. e 149 m s.l.m., digradanti verso Sud con pendenza media pari a 1,5- 3 %.

Il territorio comunale è caratterizzato da estese piane fluvio-glaciali e fluviali di età quaternaria, omogenee e sub-pianeggianti; gli orli di terrazzo e i paleoalvei relitti non sono più individuabili nel paesaggio a causa della forte urbanizzazione. Oltre alle incisioni legate ai corsi d'acqua ed al fontanile Serbelloni, le uniche altre irregolarità topografiche caratterizzanti il territorio sono rappresentate dalle depressioni artificiali originate dall'attività estrattiva di sabbia e ghiaia. In alcuni casi le attività di coltivazione hanno comportato la creazione di bacini idrici dovuti alla messa a giorno della falda.

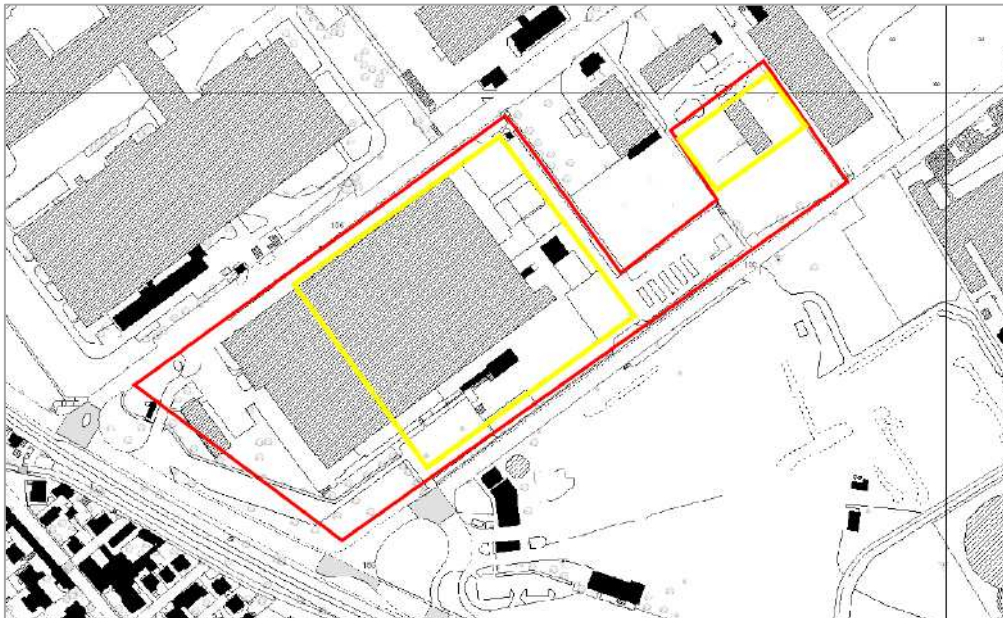


Inquadramento geografico su base satellitare Google Earth

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	7 di 51

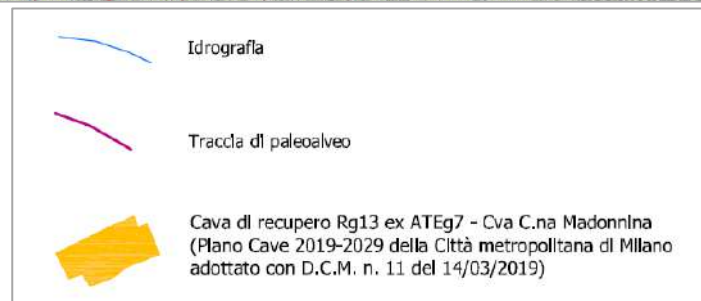
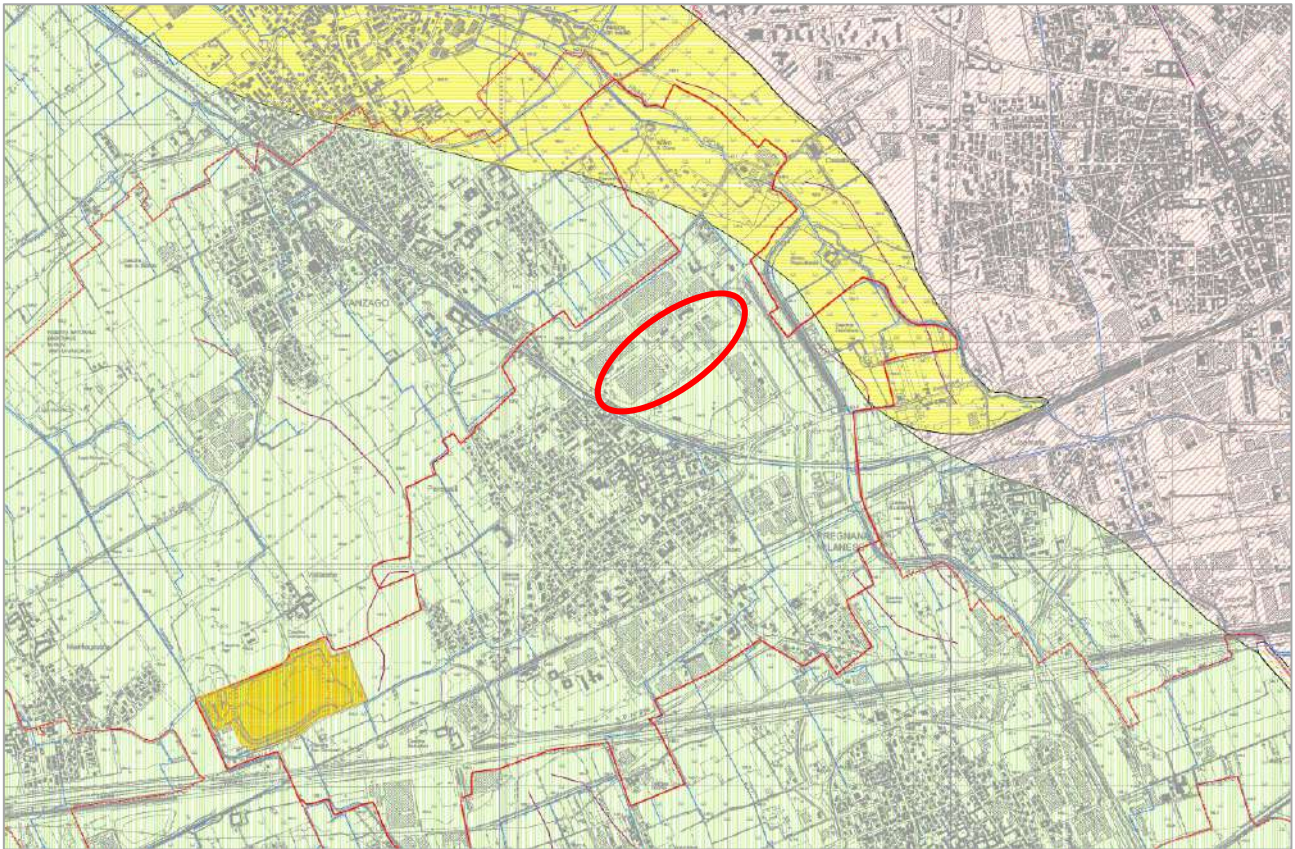


Inquadramento di dettaglio del sito oggetto di indagine



Inquadramento su base C.T.R. del sito oggetto di indagine

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	8 di 51



Inquadramento geomorfologico su estratto della tavola della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT *Caratteri geologici e geomorfologici* (Soildata Studio Associato - 2021)

Il progetto, di cui si riporta uno stralcio di seguito, prevede la realizzazione di un capannone a due piani destinato al data center e agli uffici, con le aree di pertinenza da adibire a parcheggio auto e tir, e di un fabbricato secondario destinato alla sottostazione elettrica.

La superficie totale di intervento è pari a circa 54.000 mq; l'immobile principale occuperà circa 22.000 mq, mentre la sottostazione elettrica prevista avrà superficie coperta di circa 2.000 mq.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	9 di 51



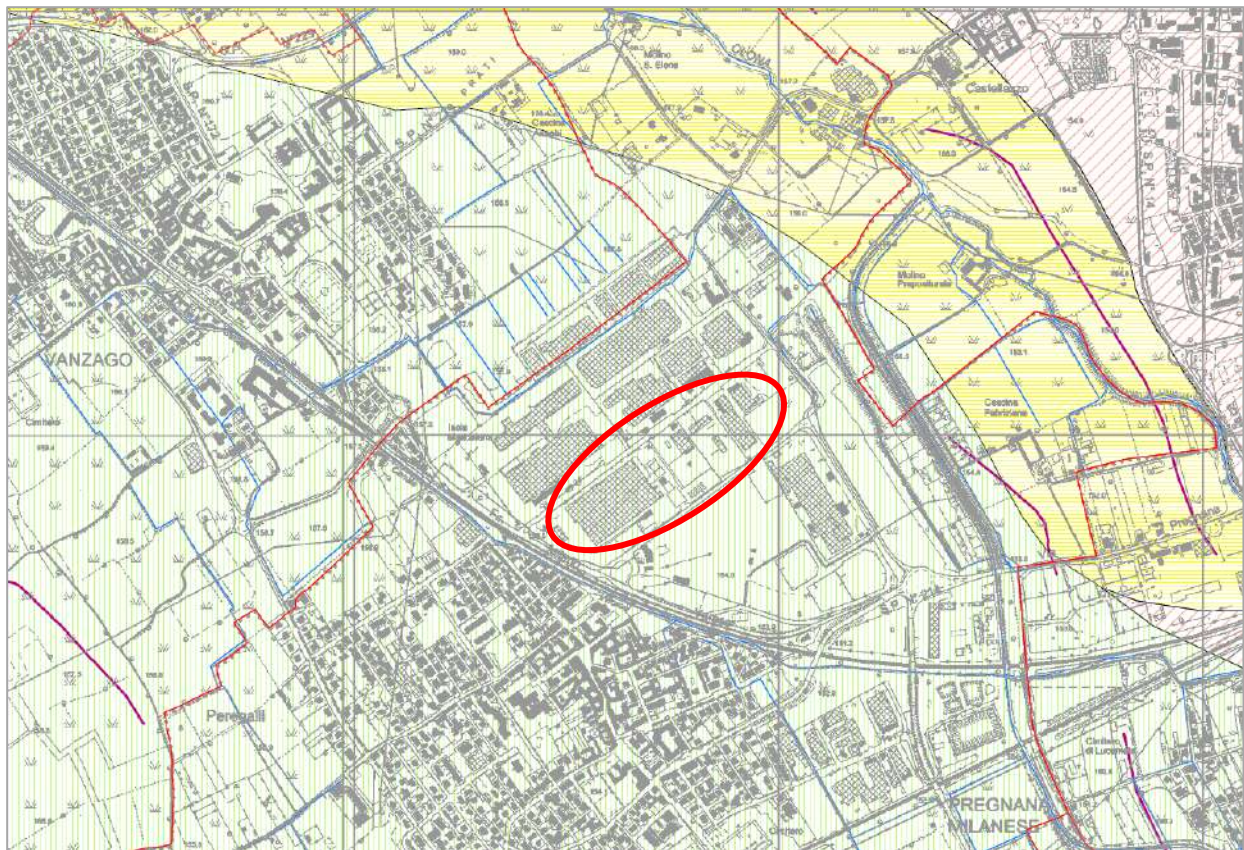
Inquadramento progettuale

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	10 di 51

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Il territorio comunale di Pregnana Milanese si sviluppa su un'area sub-pianeggiante costituita da terreni di origine fluvioglaciale e fluviale (Pleistocene medio-Olocene).

Come visibile nella carta geologica dei documenti di PGT, di cui di seguito si riporta lo stralcio, l'area di interesse è caratterizzata dai terreni appartenenti all' Unità di Minoprio, parte del Supersintema di Besnate. Questa unità geologica è caratterizzata da depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie massive a supporto di matrice sabbiosa debolmente limosa, raramente a supporto di clasti. I clasti sono poligenici con netta prevalenza di litologie carbonatiche, eterometrici con dimensioni da centimetriche a pluridecimetriche, da subarrotondati a subangolosi. Sono presenti livelli di sabbie medio-fini limose massive e limi sabbiosi.



<p>SUPERSINTEMA DI BESNATE - UNITA' DI MINOPRIO (Pleistocene medio - Pleistocene superiore) Depositi fluvioglaciali con profilo di alterazione poco evoluto su spessori massimi di 1-1.5 m, con circa il 30-40% di clasti alterati. Colore della matrice 10YR e 2.5YR.</p>	<p>Ghiaie massive a supporto di matrice sabbiosa, debolmente limosa, raramente a supporto di clasti. Presenza di livelli di sabbie medio fini limose.</p>
---	---

Estratto della tavola della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT

Caratteri geologici e geomorfologici (Soildata Studio Associato - 2021)

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 20, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	11 di 51

Dal punto di vista idrogeologico, per il territorio di interesse, a scala comunale si evidenziano tre classi di acquiferi distinti secondo il grado di protezione superficiale, direttamente legato alla soggiacenza e alla presenza di orizzonti superficiali a bassa conducibilità idraulica.

Per l'area in esame è descritto un acquifero di tipo libero, sviluppato in materiale alluvionale con locali sequenze sommitali limoso-sabbiose di spessore ridotto (<1 m).

Come osservabile nella tavola riportante i caratteri idrogeologici, in quest'area della pianura il flusso idrico sotterraneo avviene con direzione NW-SE con gradiente medio di 2 – 4 ‰. La carta delle isopiezometriche di riferimento è stata redatta sulla base dei dati di soggiacenza risalenti a settembre 2014.

L'area di progetto è caratterizzata da valori di soggiacenza variabili da 4-5 m a 7-9 metri dal piano campagna, con i massimi piezometrici generalmente raggiunti nel periodo estivo in base all'intensificazione dell'attività irrigua.

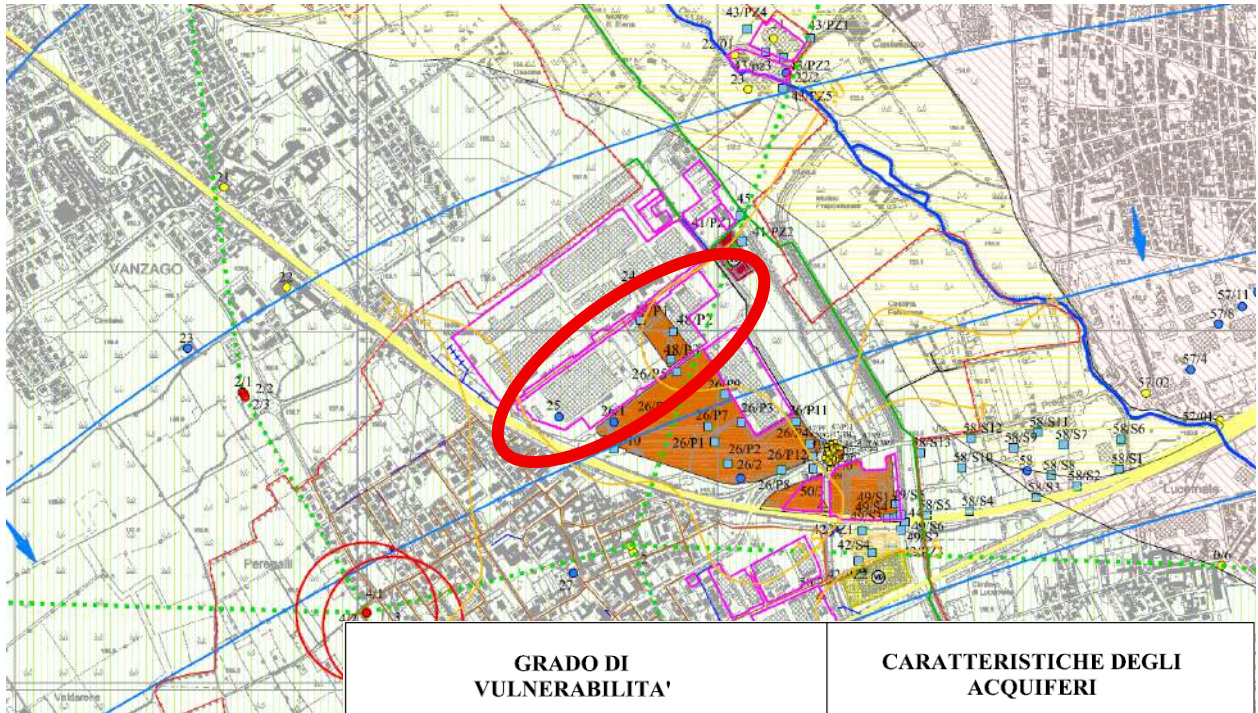
I documenti di PGT comunale riportano per l'area di interesse una vulnerabilità elevata della prima falda.

Parte dell'area di progetto corrisponde ad un'area oggetto di bonifica; in particolare, la porzione in cui è prevista la collocazione della sottostazione elettrica sorge sull'ex area "Maxcom Petroli", relativamente alla quale era stato accertato uno sversamento di idrocarburi che ha richiesto un'attività di bonifica, il cui completamento per la destinazione d'uso commerciale/industriale è stato certificato dalla Provincia di Milano nel 2008.

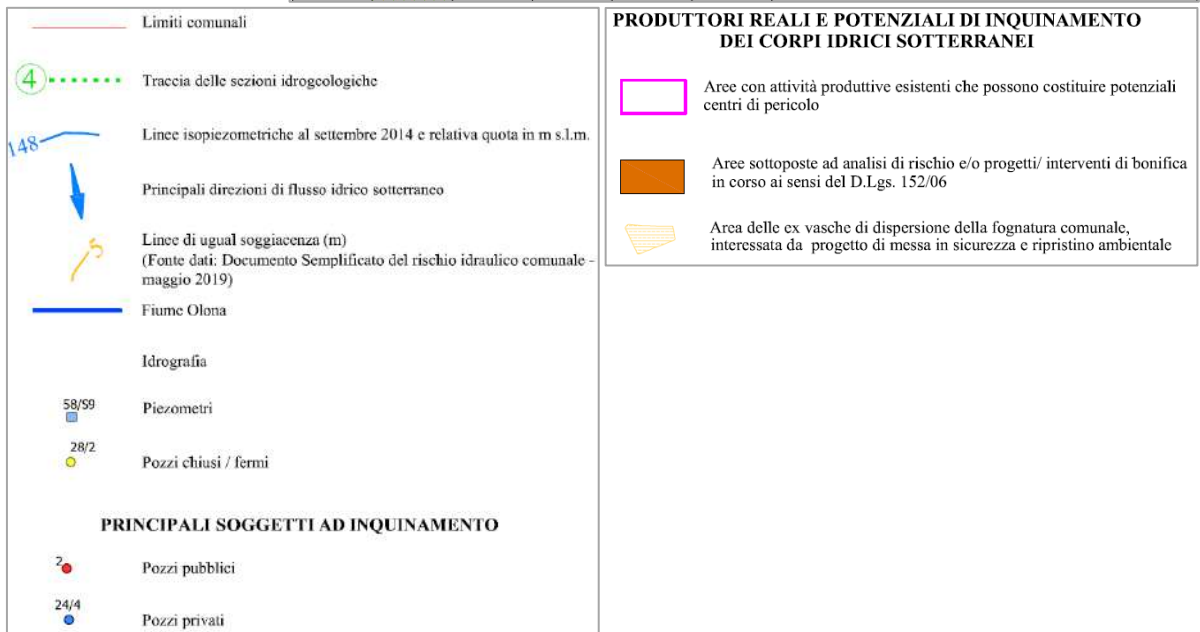
Nelle immediate vicinanze, in particolare nell'area situata a Sud-Est dell'area di intervento, lato via Edison, si rileva un'altra area che rientra tra le aree sottoposte ad analisi di rischio e/o progetti o interventi di bonifica ai sensi del D.Lgs. 152/06, si tratta dell'area ex deposito AGIP, sottoposta ad analisi di rischio approvata dal Comune di Pregnana Milanese nel 2017.

Relativamente alle interferenze con opere di captazione, per l'area oggetto di interesse è cartografato un pozzo privato (pozzo n. 24), mentre non si rilevano interferenze di alcun tipo con zone di rispetto di pozzi pubblici.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	12 di 51

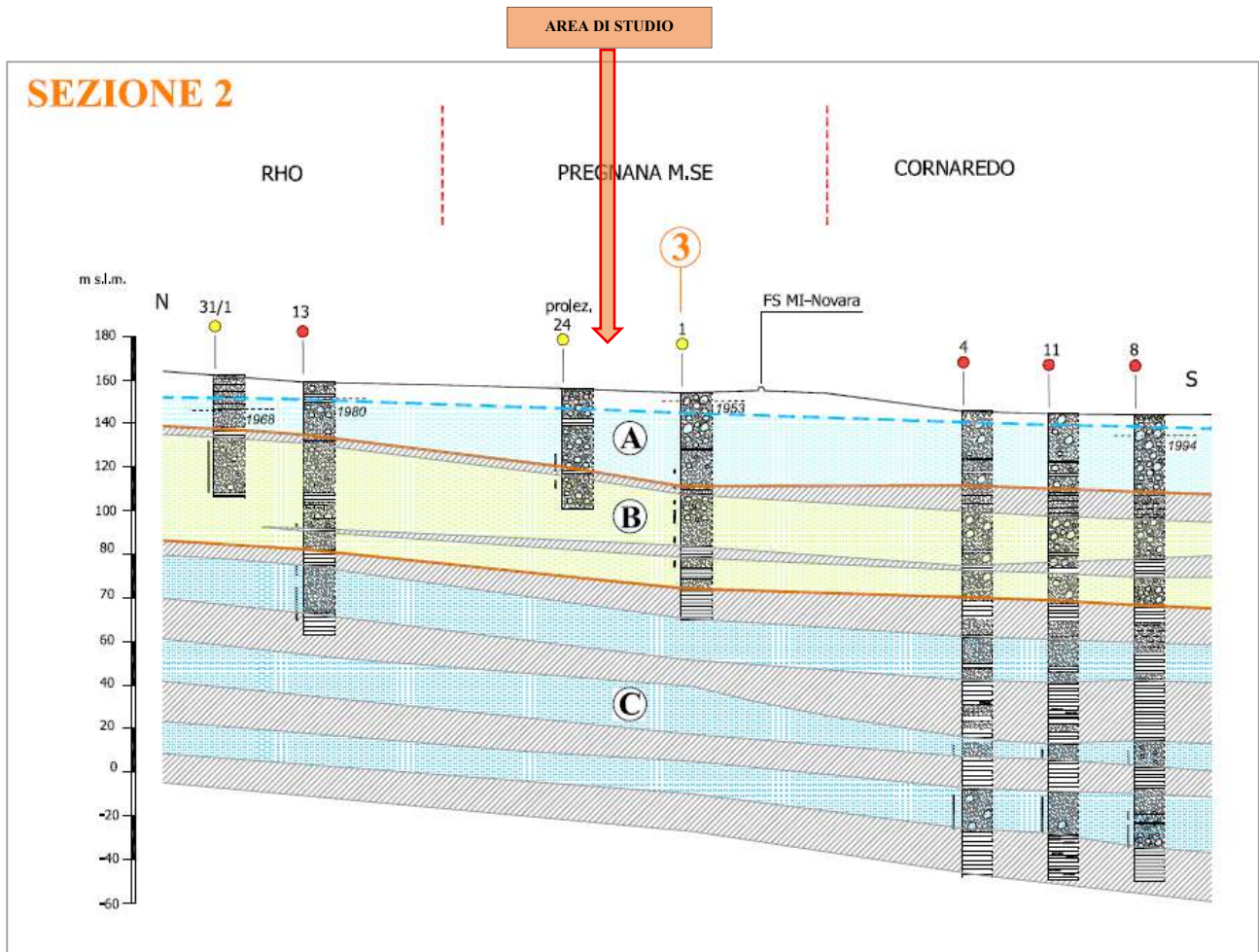


GRADO DI VULNERABILITA'						CARATTERISTICHE DEGLI ACQUIFERI
Ee	E	A	M	B	BB	
						Acquifero libero in materiale alluvionale con locali sequenze sommitali limoso-sabbiose di ridotto spessore (< 1 m), in corrispondenza dei depositi fluvioglaciali poco alterati del Sintema di Cantù. Soggiacenza da < 5 m a 7/8 m da p.c.



Estratto tavola PGT *Caratteri idrogeologici* (Soildata Studio Associato - 2021)

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 20, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	13 di 51



Estratto della tavola della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT
Sezioni Idrogeologiche (Soildata Studio Associato - 2021)
 sezione 2, traccia con orientazione NNE-SSW

4 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Il territorio comunale di Pregnana Milanese è caratterizzato da una rete idrografica piuttosto articolata, costituita sia da corsi d'acqua naturali che da corsi d'acqua e canalizzazioni artificiali.

L'unico corso d'acqua naturale appartenente al reticolo idrico principale è rappresentato dal fiume Olona, che scorre da NW verso SE al margine nord-orientale del territorio comunale., segnando parzialmente il confine con il Comune di Rho lungo il margine Est di Pregnana M.se.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 20, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	14 di 51

Ha un andamento sinuoso e l'alveo è poco inciso, evidenziando scarpate arginali di altezza massima pari a 1-2 m. In diversi tratti sono presenti opere di difesa spondale idraulica di vario genere.

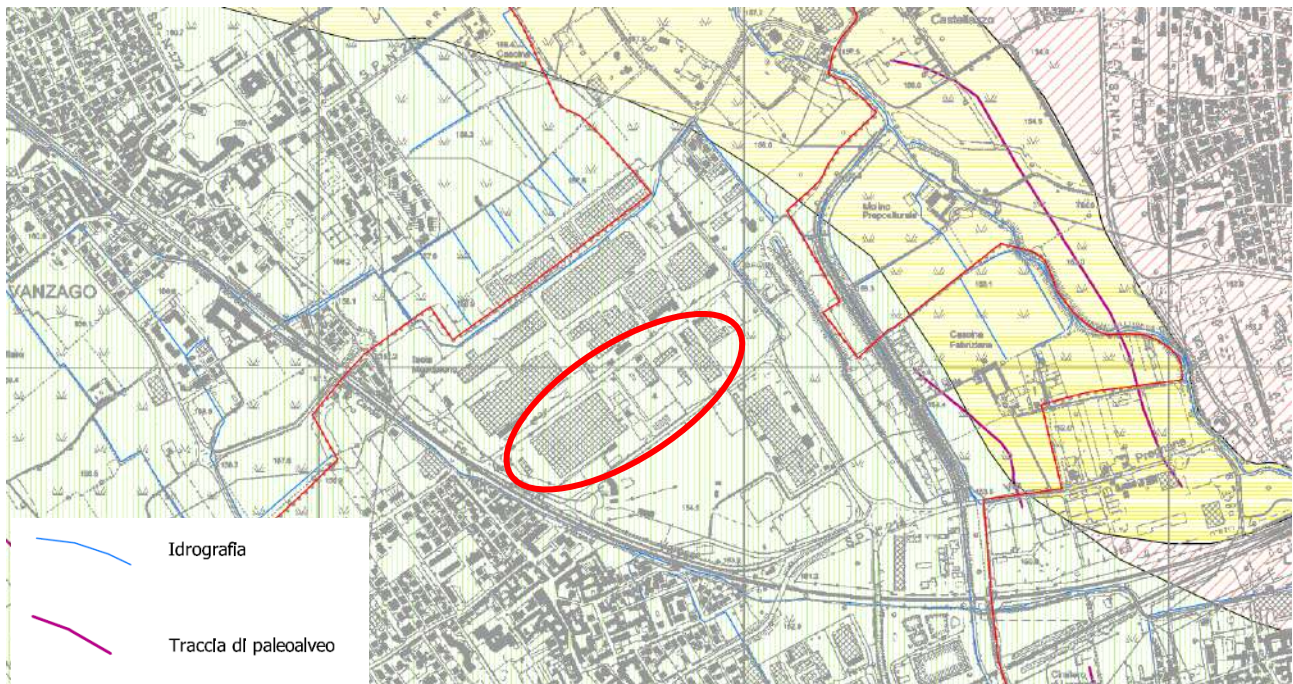
L'altro corso d'acqua di origine naturale è costituito dal Fontanile Serbelloni, lungo circa 900 metri, ubicato nella porzione compresa tra la zona industriale di Pregnana Milanese e il Canale Scolmatore ed è caratterizzato da una testa depressa di circa 7 metri rispetto alla piana circostante.

Vi sono poi i seguenti corsi d'acqua artificiali costituiti dal canale scolmatore di Nord-Ovest e da una rete di canali irrigui appartenenti al Consorzio di Bonifica Est Ticino Villoresi.

Il Canale Scolmatore delle piene di Nord-Ovest (C.S.N.O.) – ramo Olona, appartiene al reticolo idrico principale e attraversa il territorio comunale con andamento NNW-SSE nella porzione sud-orientale del Comune di Pregnana M.se.

La rete dei canali irrigui presente sul territorio è disposta secondo la direzione prevalente NW-SE.

Infine, si distinguono sul territorio una serie di rogge e canali di derivazione privati, che costituiscono derivazioni del F. Olona dotati di concessioni di derivazione rilasciate dal Genio Civile di Milano negli anni '30.



Estratto della tavola della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT

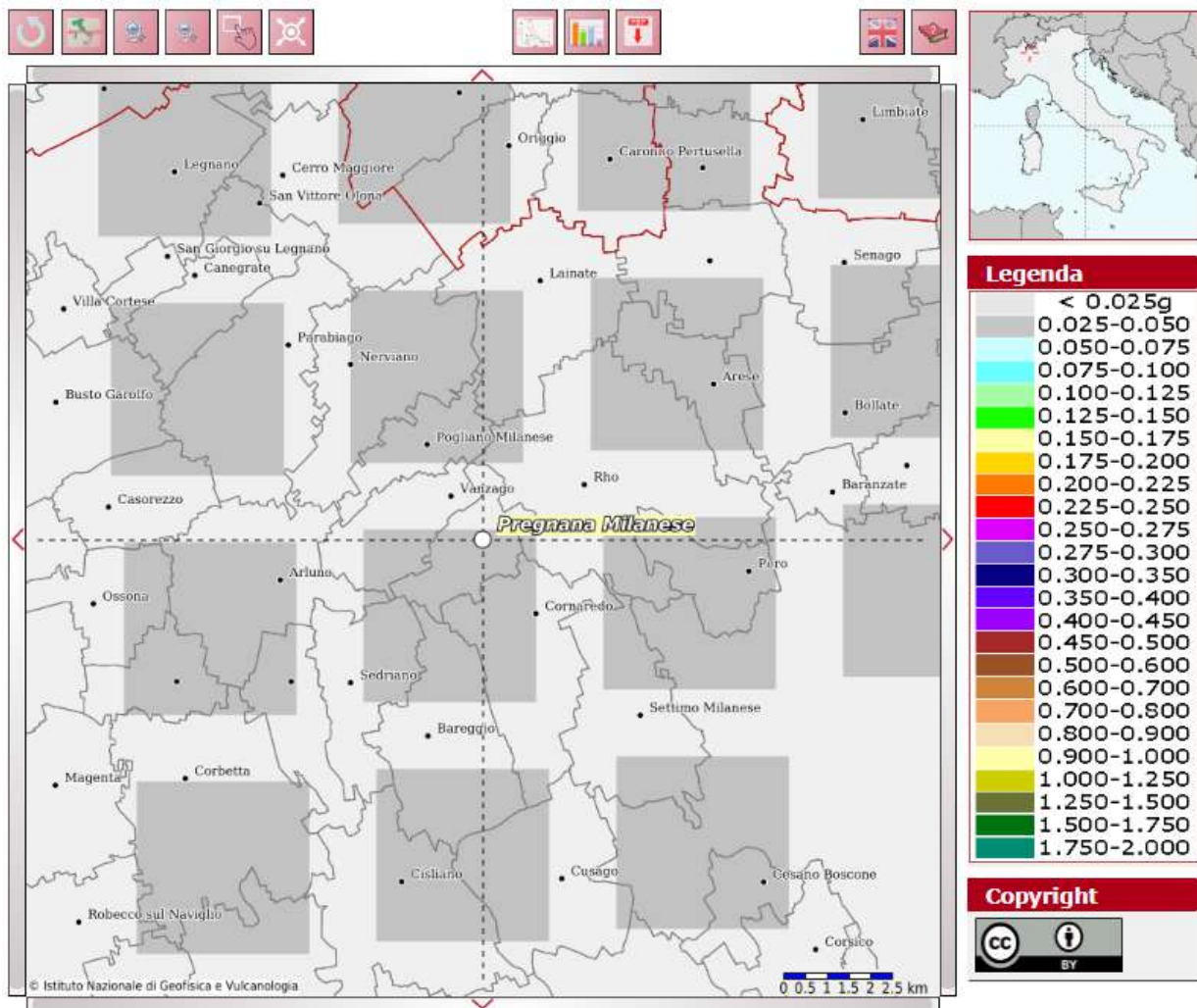
Caratteri geologici e geomorfologici (Soildata Studio Associato - 2021)

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	15 di 51

5 INQUADRAMENTO SISMICO

Secondo la normativa nazionale che detta i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche ed in base alla classificazione attualmente vigente in Regione Lombardia (D.G.R. 2129/2014), **l'intero territorio comunale di Pregnana Milanese risulta classificato in Zona Sismica 4 con a_g max pari a 0,0419108.**

Con riferimento al D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni" la sismicità di base dell'area in esame è definibile in funzione del valore assunto dall'accelerazione massima attesa su suolo rigido per eventi con tempo di ritorno di 475 anni e probabilità di superamento del 10% in 50 anni, in corrispondenza dei nodi del reticolo di riferimento nazionale (Mappa interattiva di pericolosità sismica dell'INGV). La figura seguente mostra lo stralcio del reticolo di riferimento nazionale relativo all'area in esame.



Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	16 di 51

Nell'ambito della componente geologica del PGT è stata effettuata l'analisi di primo livello, che ha portato all'individuazione sull'intero territorio comunale di aree omogenee per ambiti di pericolosità sismica, e l'analisi di secondo livello, tramite la quale sono state calcolate le stime dei valori di Fattore di Amplificazione Fa attesi per le aree suscettibili di amplificazione.

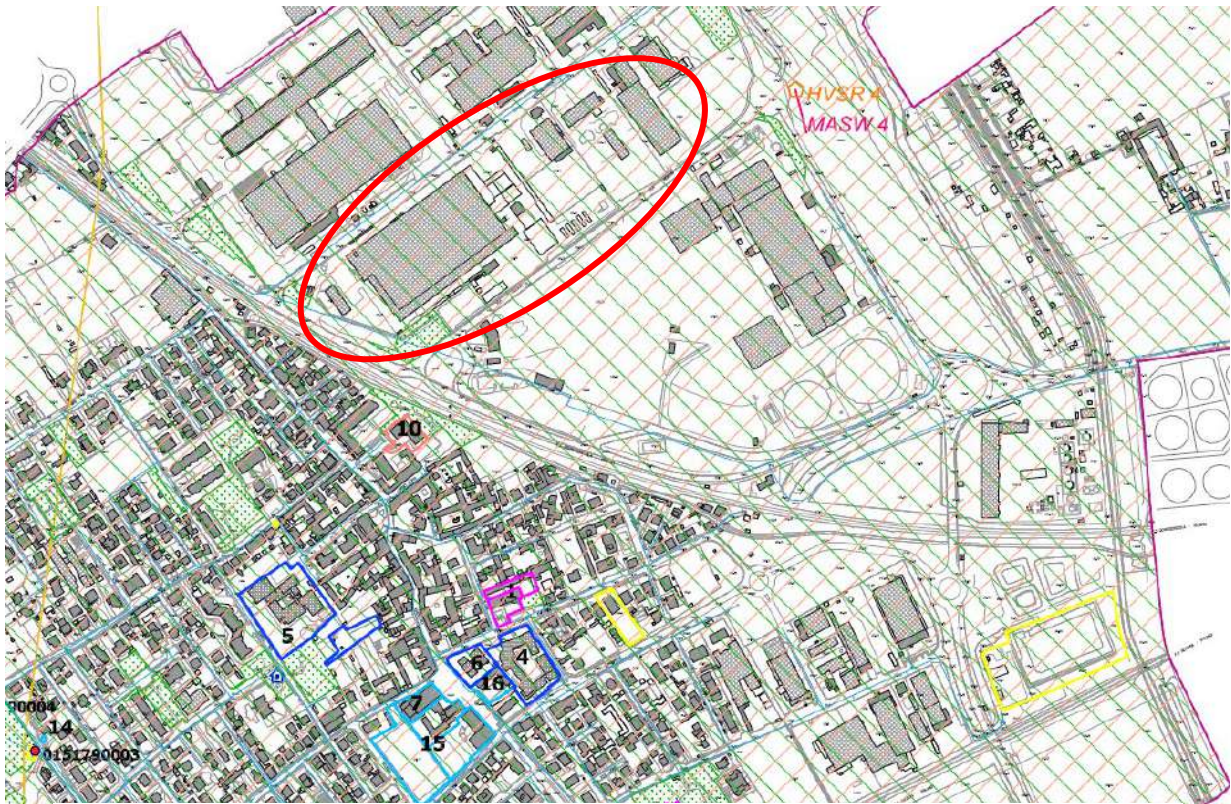
L'area di interesse, prendendo in esame la carta della pericolosità sismica locale, di cui di seguito si riporta uno stralcio, risulta ricompresa in un ambito azzonato secondo la pericolosità sismica locale di tipo Z2b (possibili fenomeni di liquefazione) e di tipo Z4a (amplificazione litologica e geometrica).



Le zone Z2b sono zone con possibile presenza di terreni granulari fini con falda superficiale (< 15 m da p.c.), per le quali, considerando la modesta soggiacenza piezometrica associata al possibile modesto grado di addensamento che caratterizza i primi metri di sottosuolo, sono da ritenersi possibili fenomeni di liquefazione in occasione dell'evento sismico atteso, mentre la classe Z4a è attribuita alle zone di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi, ove sono prevedibili effetti di amplificazione della sollecitazione sismica al suolo conseguenti a fenomeni di amplificazione litologica.

Dallo studio sismico di II livello, il territorio in esame risulta caratterizzato da terreni attribuibili alla categoria di sottosuolo B, che in ogni caso dovrà essere verificato in maniera sito-specifica tramite l'effettuazione di un'indagine sismica attiva presso il sito in esame.

Nella pagina seguente si riporta uno stralcio della tavola *Pericolosità sismica locale* estratta dai documenti di PGT.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	17 di 51



SIGLA	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	POSSIBILI EFFETTI INDOTTI	CLASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA	LIVELLO DI APPROFONDIMENTO
Z2b 	Zone con possibile presenza di terreni granulari fini con falda superficiale (<15 m da p.c.)	Fenomeni di liquefazione	H2	3
Z4a 	Zona di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi	Amplificazione litologica e geometrica	H2	2

Estratto della tavola della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT

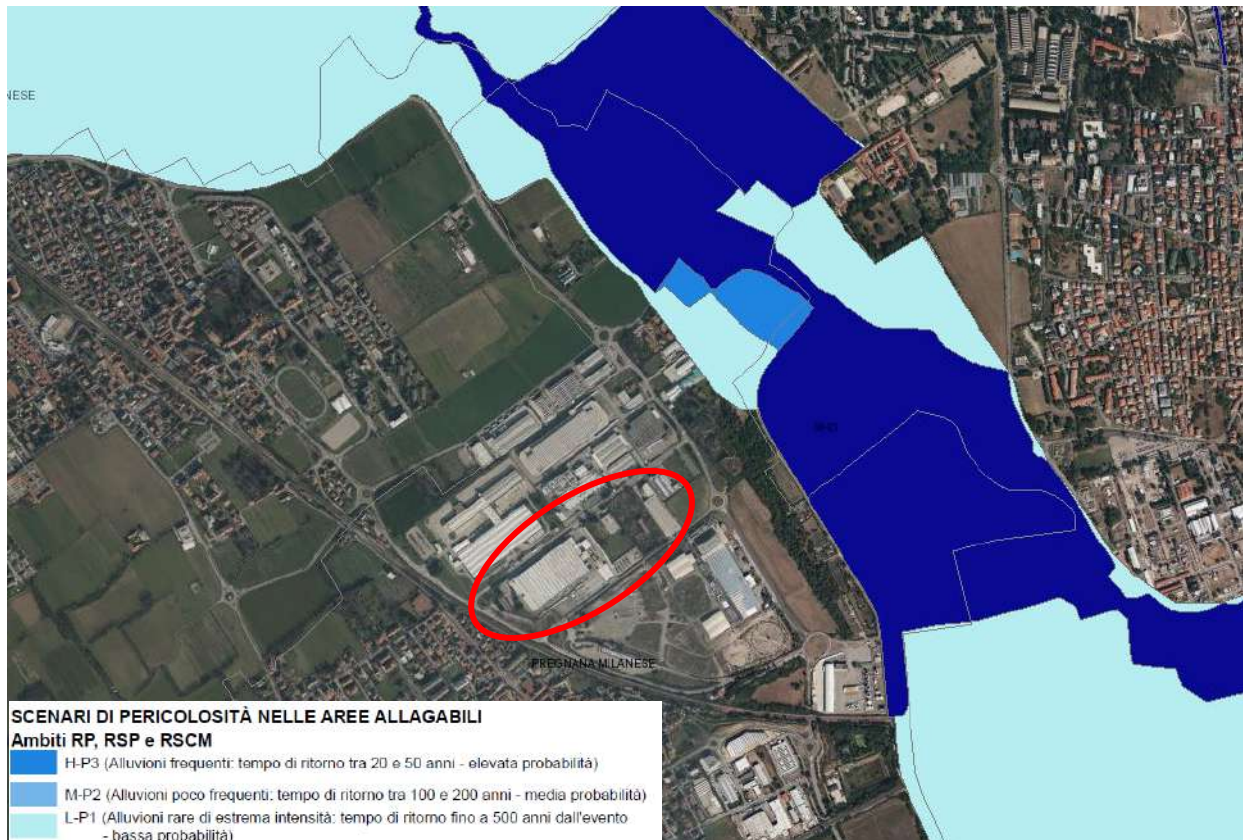
Pericolosità sismica locale - I livello (Soildata Studio Associato - 2021)

6 VINCOLI DI CARATTERE IDRAULICO ED AMBIENTALE

Con riferimento alla cartografia di PGRA vigente, dall'ultimo aggiornamento del biennio 2021-2022, l'area non risulta interessata da alcuno scenario di pericolosità nelle aree allagabili; come osservabile nella cartografia ufficiale, le aree interessate dagli scenari di pericolosità RP definite per il fiume Olona risultano distanti dal sito di intervento.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 20, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	18 di 51

Di seguito si riporta uno stralcio estratto dalla cartografia interattiva WebGIS "Viewer geografico" del Geoportale della Lombardia (<https://www.cartografia.servizirl.it/viewer40/map/2D>).



Inquadramento da carta PGRA Piano di Gestione Rischio Alluvioni – classi di scenario di pericolosità nelle aree allagabili, stralcio da geoportale della Lombardia (base ortofoto satellitare Bing)

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	19 di 51

7 RAFFRONTO CON LA CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Dall'analisi cartografica della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT di Pregnana Milanese, l'area risulta azzonata in classe 2 di fattibilità geologica, ad eccezione della porzione corrispondente all'area bonificata, che risulta essere azzonata in classe 3.

Nello specifico gran parte dell'area di interesse ricade in classe 2a – Fattibilità con modeste limitazioni legate alla necessità di verifica puntuale delle caratteristiche portanti dei terreni e alla salvaguardia dell'acquifero libero per via della possibile presenza di terreni sciolti in superficie che presentano un miglioramento delle caratteristiche portanti a maggiore profondità, associata a drenaggio delle acque localmente difficoltoso in superficie e all'elevata vulnerabilità dell'acquifero.

Per questa specifica classe sono ammesse tutte le opere edificatorie e infrastrutturali, purché si effettuino indagini di carattere geotecnico preliminare che prevedano il rilievo geologico di dettaglio e indagini geognostiche per la caratterizzazione geotecnica, oltre al rilievo del livello piezometrico.

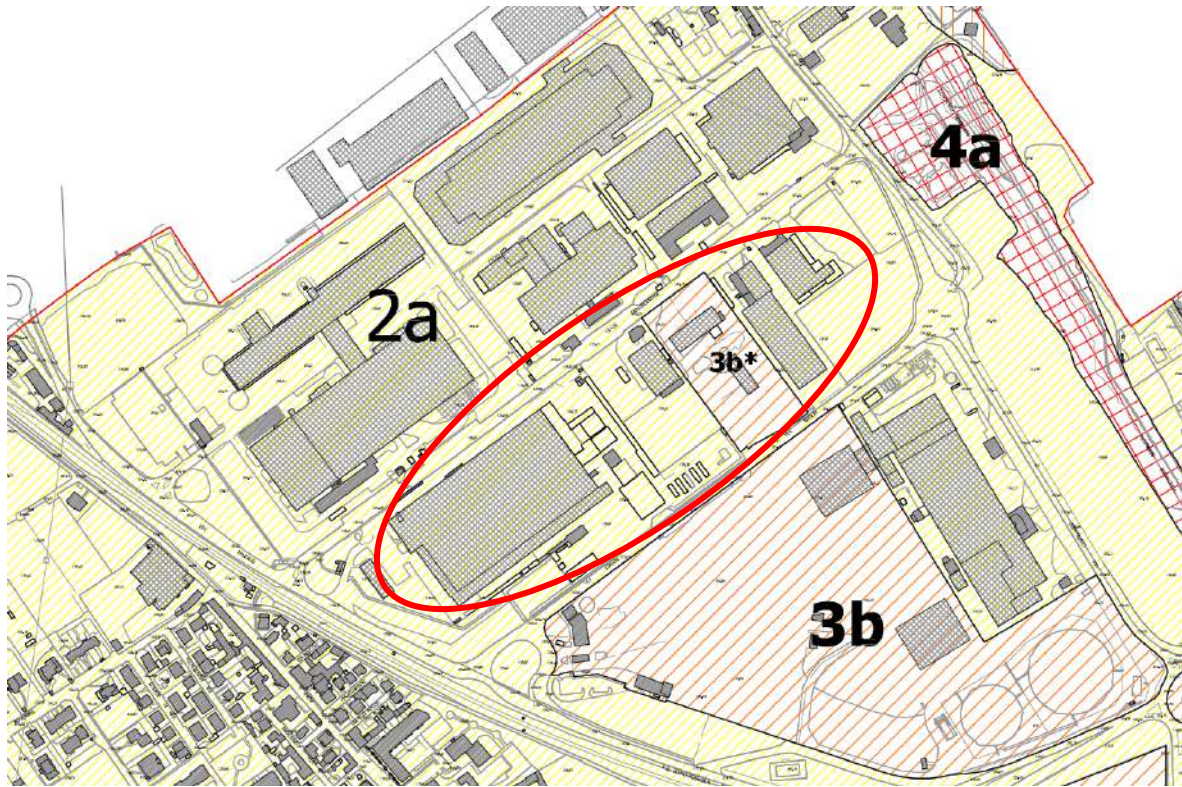
Nell'ambito di progetti che prevedano scavi e sbancamenti è opportuno valutare la stabilità dei pendii e delle scarpe e valutare la necessità di eventuali opere provvisorie di protezione.

In fase progettuale è necessario prevedere la corretta regimazione idraulica e lo smaltimento delle acque meteoriche e di primo sottosuolo; è inoltre obbligatorio il collettamento degli scarichi idrici e reflui in fognatura.

La porzione di terreno in cui è prevista la collocazione della sottostazione elettrica ricade in classe 3b* - Fattibilità con consistenti limitazioni legate alla verifica dello stato di salubrità dei suoli e/o al raggiungimento di standard qualitativi dei terreni conformi alla prevista destinazione urbanistica, e/o bonifica delle aree; la tipologia edificatoria può essere condizionata dall'entità di contaminazione dei suoli. Questa specifica classe si ritrova in corrispondenza delle aree corrispondenti a siti bonificati ai sensi del D.Lgs. 152/06 e/o con analisi di rischio approvata, da assoggettare a verifica dello stato di contaminazione e/o a nuova analisi di rischio nel caso di dismissione o variazione della destinazione d'uso che comporti l'adozione di limiti legislativi più restrittivi.

Oltre alle prescrizioni di indagine elencate per la classe 2a, è prescritta la verifica preliminare della salubrità dei suoli, e, nel caso si rilevi contaminazione, si dovrà seguire l'indagine ambientale preliminare e l'avvio del piano di caratterizzazione.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	20 di 51



CLASSE D.G.R. IX/2616/11	PRINCIPALI CARATTERISTICHE	PROBLEMATICHE GENERALI / PECULIARITA'	PARERE SULLA EDIFICABILITA'
<p>2a</p> <p>Unità di Minoprio</p> <p>FATTIBILITÀ CON MODESTE</p>	<p>Ambito di piana fluvio-glaciale, litologicamente caratterizzata da ghiaie massive a supporto di matrice sabbiosa, debolmente limosa, raramente a supporto di ciasti. Presenza di livelli di sabbie medio fini limose. Profilo di alterazione poco evoluto.</p>	<p>Aree con possibile presenza di terreni sciolti in superficie con discrete caratteristiche. Miglioramento delle caratteristiche portanti a maggiore profondità. Drenaggio delle acque localmente difficoltoso in superficie. Vulnerabilità dell'acquifero di grado elevato.</p>	<p>Favorevole con modeste limitazioni legate alle caratteristiche portanti del terreno, all'assetto idrogeologico locale e alla salvaguardia dell'acquifero libero</p>
<p>3b</p> <p>Aree di verifica ambientale / bonifiche in corso</p> <p>3b_s</p> <p>Aree di verifica ambientale / bonifiche in corso ridotta soggiacenza</p> <p>3b*</p> <p>Siti bonificati</p> <p>FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI</p>	<p>Classe 3b: Aree condizionate da attività antropica e/o industriale:</p> <ul style="list-style-type: none"> - siti da sottoporre a verifica ambientale (vasche di dispersione/voiano); - siti oggetto di progetti di bonifica a diversi stadi di attuazione. <p>Classe 3b_s: aree condizionate da attività antropica e/o industriale in aree a ridotta soggiacenza dell'acquifero (<5m).</p> <p>Classe 3b*: Siti bonificati ai sensi del D.Lgs. 152/06 e/o con analisi di rischio approvata, da assoggettare a verifica dello stato di contaminazione e/o nuova analisi di rischio nel caso di dismissione o variazione della destinazione d'uso che comporti l'adozione di limiti più restrittivi rispetto agli obiettivi raggiunti.</p>	<p>Contaminazione potenziale o accertata dei suoli.</p> <p>Classe 3b_s: Possibile interferenza con le acque di falda nel caso di scavi interrati.</p>	<p>Favorevole con consistenti limitazioni legate alla verifica dello stato di salubrità dei suoli (Regolamento Locale di Igiene) e/o al raggiungimento di standard qualitativi dei terreni conformi alla prevista destinazione urbanistica, e/o bonifica delle aree. La tipologia edificatoria può essere condizionata dall'entità di contaminazione dei suoli.</p> <p>Classe 3b_s: favorevole con consistenti limitazioni legate anche alla verifica dell'assetto idrogeologico locale</p>

Estratto della tavola della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT

Fattibilità geologica (Soildata Studio Associato - 2021)

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 20, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	21 di 51

8 INDAGINI GEOGNOSTICHE

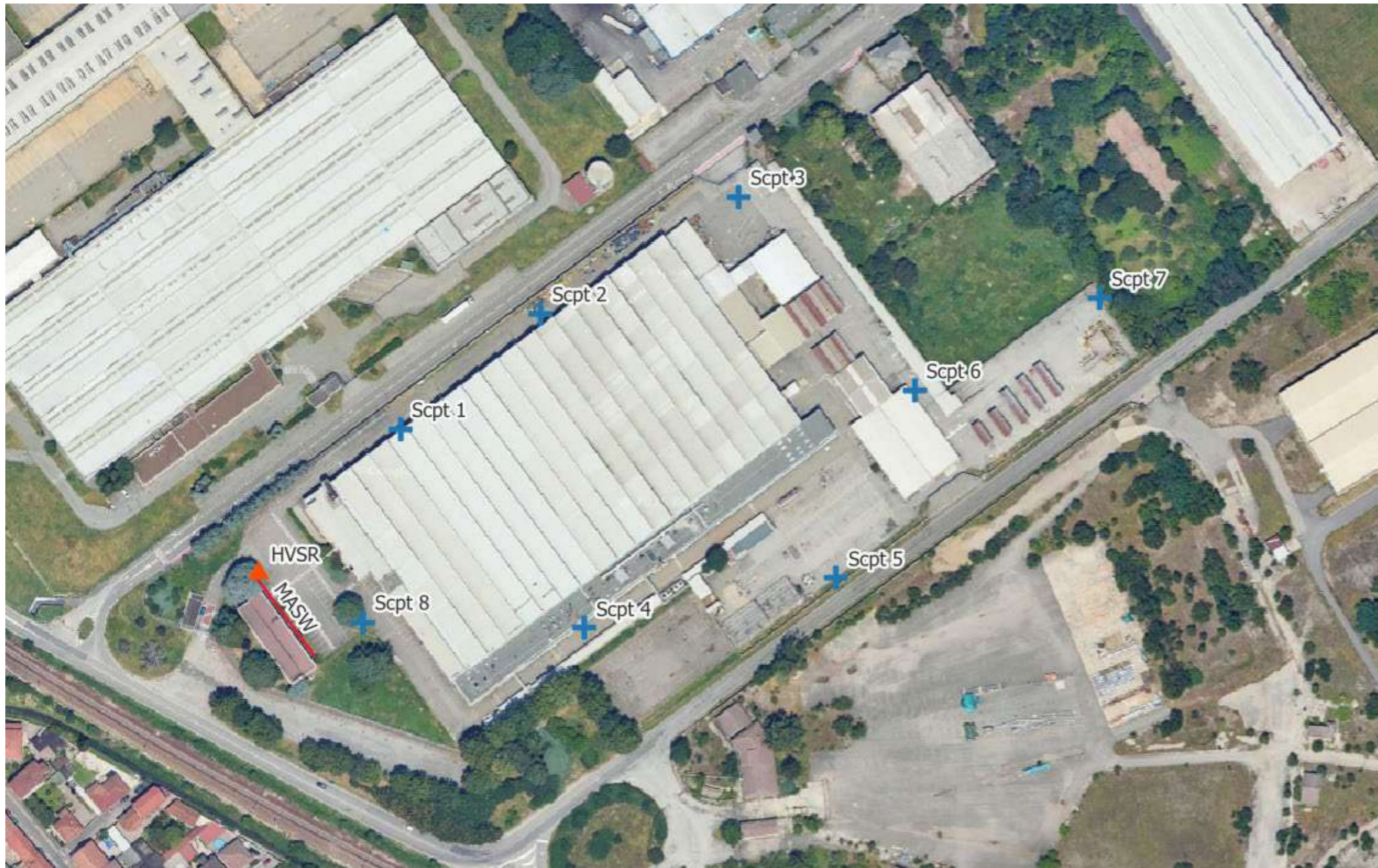
La campagna di indagine geognostica è stata predisposta con lo scopo di definire l'assetto stratigrafico dei terreni, di definirne le caratteristiche geotecniche, di determinare ove possibile il livello della falda freatica nel sito e di effettuare la caratterizzazione sismica di dettaglio. Relativamente alla attuale fase progettuale, è stata predisposta la campagna di indagine geognostica, che è consistita nella esecuzione di:

- n.8 prove penetrometriche dinamiche (D.P.S.H.), spinte a profondità di 15 m dall'attuale p.c.
- n.1 prova sismica attiva con metodologia M.A.S.W. per la definizione della categoria di sottosuolo sulla base della V_{seq} ai sensi delle N.T.C. 2018
- n. 1 prova sismica passiva con metodologia H.V.S.R.

La soggiacenza al momento delle indagini si ipotizza attestarsi su 8,5 m da p.c., in considerazione della profondità alla quale le aste di manovra impiegate per le prove sono state rinvenute umide.

L'ubicazione delle indagini è riportata nella figura a pagina seguente.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	22 di 51



Ubicazione delle indagini geognostiche su ortofoto satellitare

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	23 di 51

8.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

Al fine di desumere i parametri necessari alla caratterizzazione geotecnica dei terreni interagenti con le fondazioni, in data 07-07-2025 si sono eseguite n. 8 prove penetrometriche dinamiche continue (**Scpt 1÷8**).

Le prove sono state eseguite con penetrometro superpesante DPSH, modelli PAGANI 63-200 e 73-200, con punta conica di diametro pari a 51 mm, massa battente del peso di 73 Kg e altezza di caduta pari a 75 cm.

I dati sono stati ottenuti registrando i colpi necessari all'infissione della punta ogni 30 cm di approfondimento (colpi/piede) fino al rifiuto all'avanzamento della punta.

In **All. 1** sono riportati i grafici con l'andamento diagrammato delle prove tramite una linea che definisce la resistenza che il terreno ha opposto alla penetrazione della punta (RP).

Documentazione fotografica prove penetrometriche dinamiche continue **Scpt 1÷ 8**



Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	24 di 51



Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	25 di 51



Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	26 di 51

8.2 PROVA SISMICA ATTIVA MASW



L'indagine sismica di tipo M.A.S.W. consente la misura delle velocità delle onde trasversali VS, da cui si calcola il parametro VS30 che rappresenta la velocità equivalente dei primi 30 m di profondità a partire dalla quota di imposta delle fondazioni.

Nel caso specifico si è eseguita la prova M.A.S.W. nelle immediate vicinanze dell'edificio in progetto (**AII.1**) con sviluppo dello stendimento pari a circa 60 m e l'impiego di 12 geofoni spazati di 5 m con offset a 5 m di distanza dal primo geofono; le onde di superficie sono state generate con una mazza battente (sorgente sismica) da due punti di energizzazione.

La prova si è svolta in tre fasi: acquisizione delle onde superficiali (ground roll), costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Il modello sismico monodimensionale (Vs-profondità) che si è ricavato costituisce l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	27 di 51

consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche sulla pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica).

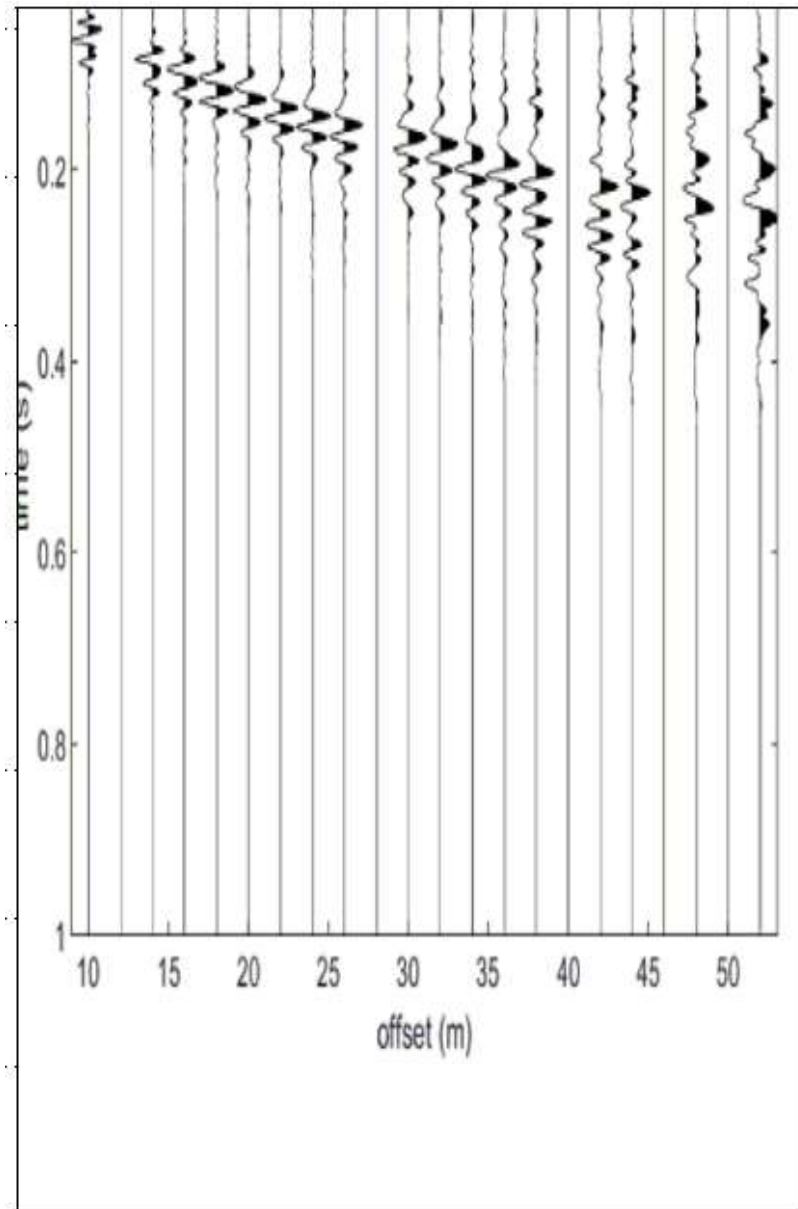
Al contempo è necessario sottolineare che l'interpretazione delle indagini geofisiche viene fatta nell'ipotesi che gli strati del sottosuolo siano omogenei, orizzontali e con superfici di separazione piano parallele. Si rammenta infine come, in ogni caso, la valutazione delle velocità e degli spessori dei singoli strati viene effettuata con un margine di incertezza, insita proprio nei metodi geofisici, che si attesta sul 10-15%.

Questa indagine consente una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni sito specifiche, garantendo un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; Eurocodice 8; D.M. 17.01.2018).

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	28 di 51

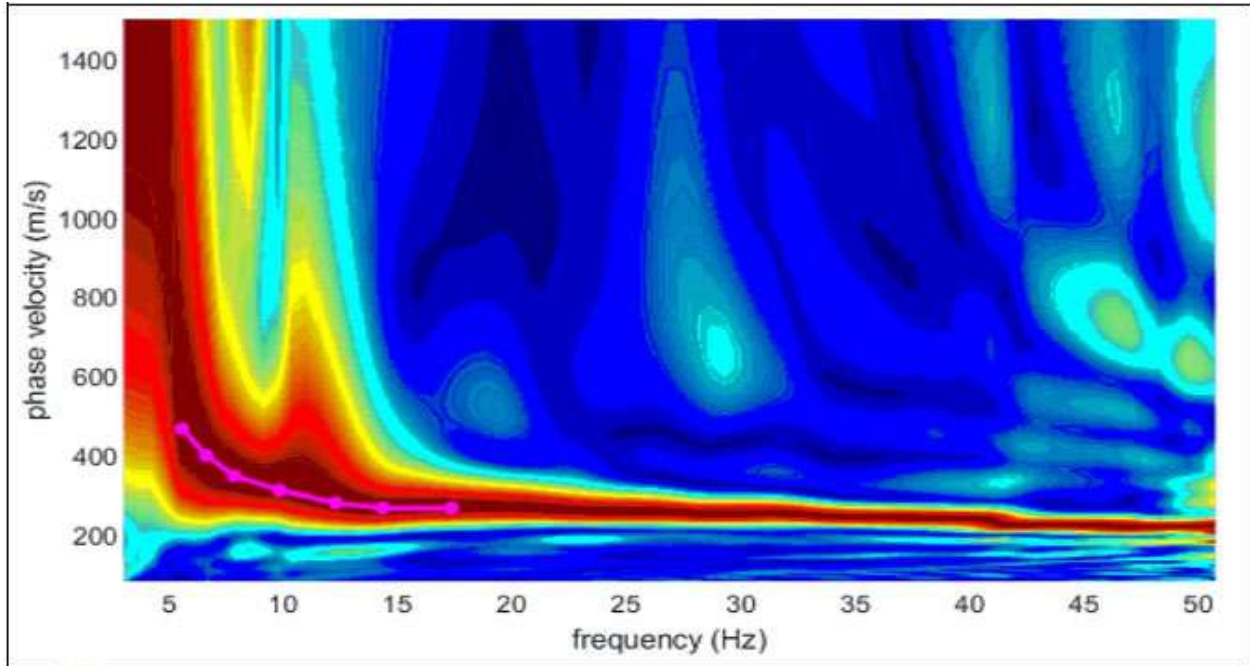
8.3 RAPPRESENTAZIONE ED INTERPRETAZIONE DATI SISMICI MASW

Si riporta di seguito il sismogramma frutto della somma di ciascuna acquisizione, filtrato di eventuali disturbi di fondo, scelto per la modellazione:



Sismogramma filtrato relativo all'acquisizione L1

L'elaborazione del sismogramma ha consentito di estrapolare lo spettro di velocità dal quale si è risalito tramite picking alla curva di dispersione che consente di ottenere sia gli spessori dei vari strati che le rispettive velocità.



Curva di dispersione relativa all'indagine L1 con picking del modo fondamentale

8.4 ASSETTO SISMO-STRATIGRAFICO E DEFINIZIONE CATEGORIA (V_{S30EQ})

Dall'inversione della curva di dispersione si è ottenuta la ricostruzione del sottosuolo in orizzonti aventi differenti spessori e valori di velocità:

TABELLA DI CALCOLO					
Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.6	96	.0066	96	15
.6	3.1	199	.0122	162	67
3.1	7.6	340	.0133	236	213
7.6	10.9	230	.0146	234	92
10.9	15.1	399	.0105	265	302
15.1	25.9	435	.0247	316	366
25.9	34.9	493	.0183	348	485

VALORE CALCOLATO VS Eq. = 332 m/s

Input di calcolo per la definizione della Categoria di Suolo

8.5 PROVA SISMICA PASSIVA HVSR

L'indagine sismica è stata condotta utilizzando un geofono triassiale 3D, strumento di piccole dimensioni contenente tre sensori elettrodinamici ortogonali tra loro (velocimetri). Il segnale dei velocimetri è acquisito in sito per un tempo t , e digitalizzato a 16 bit con due linee di preamplificatori.

L'indagine geofisica proposta si avvale del "metodo di Nakamura", basato sullo studio dei valori medi del rapporto di ampiezza fra le componenti spettrali orizzontali e verticali del rumore sismico.

In particolare, oggetto di analisi è la cosiddetta "funzione H/V" che rappresenta i rapporti spettrali medi in funzione della frequenza di vibrazione. Il valore di tale rapporto è direttamente correlato con la frequenza di risonanza determinata dal passaggio tra due strati con una differenza significativa del contrasto di impedenza (velocità delle onde e densità del materiale).

I dati ottenuti sono convertiti mediante software specifico, fornito a supporto dello strumento utilizzato, quindi elaborati per ottenere spettri di velocità in funzione della frequenza.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	31 di 51

In fase operativa si sono seguite le seguenti operazioni:

- il rumore sismico è stato registrato nelle sue tre componenti per un tempo di 30';
- la registrazione è stata suddivisa in intervalli regolari;
- per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti;
- per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali tra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale;
- vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.

Per considerare la misura ottenuta come una stima dell'ellitticità delle onde di Rayleigh è necessario che:

- i rapporti H/V ottenuti sperimentalmente siano "stabili" ovvero frutto di un campionamento statistico adeguato;
- gli effetti di sorgente siano stati effettivamente mediati ovvero non ci siano state sorgenti "dominanti";
- la misura non contenga errori sistematici (esempio un cattivo accoppiamento strumento-terreno).

Per la determinazione delle velocità delle onde di taglio è stato utilizzato un codice di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (HVSR), basati sulla simulazione del campo di onde di superficie (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli secondo la teoria descritta in AKI (1964) e Ben-Menahem e Singh (1981). Operativamente si costruisce un modello teorico HVSR avente tante discontinuità sismiche quante sono le discontinuità evidenziate dalla registrazione eseguita; successivamente, tramite specifico algoritmo, si adatta la curva teorica a quella sperimentale. In questo modo si otterranno gli spessori dei sismostrati con la relativa velocità delle onde V_s .

Nel presente lavoro, quindi, si è lavorato sulla base della teoria di Nakamura, che relaziona lo spettro di risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale H/V) con quello effettivamente misurato in superficie.

Considerando due strati con differente impedenza acustica, la frequenza di risonanza (f_r) è legata allo spessore e alla velocità delle onde di taglio V_s del primo strato dalla seguente relazione:

$$f_r = V_{s1} / 4 h_1$$

dove: V_{s1} = velocità delle onde S del primo strato; h_1 = spessore primo strato.

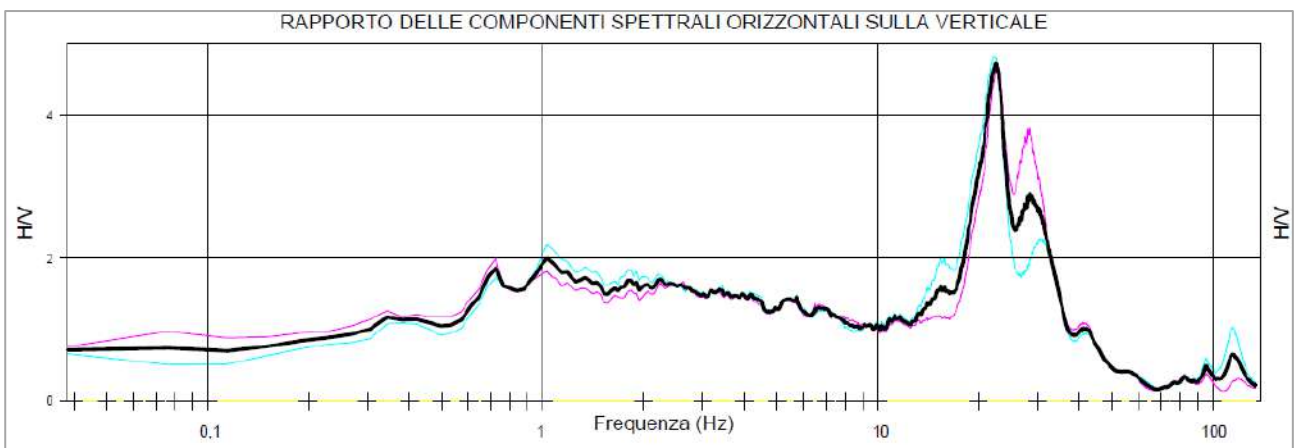
Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	32 di 51

Nakamura (1989) ha inoltre dimostrato che i massimi dei rapporti spettrali H/V consentono di individuare correttamente la frequenza e quindi il periodo fondamentale di risonanza per le onde S.

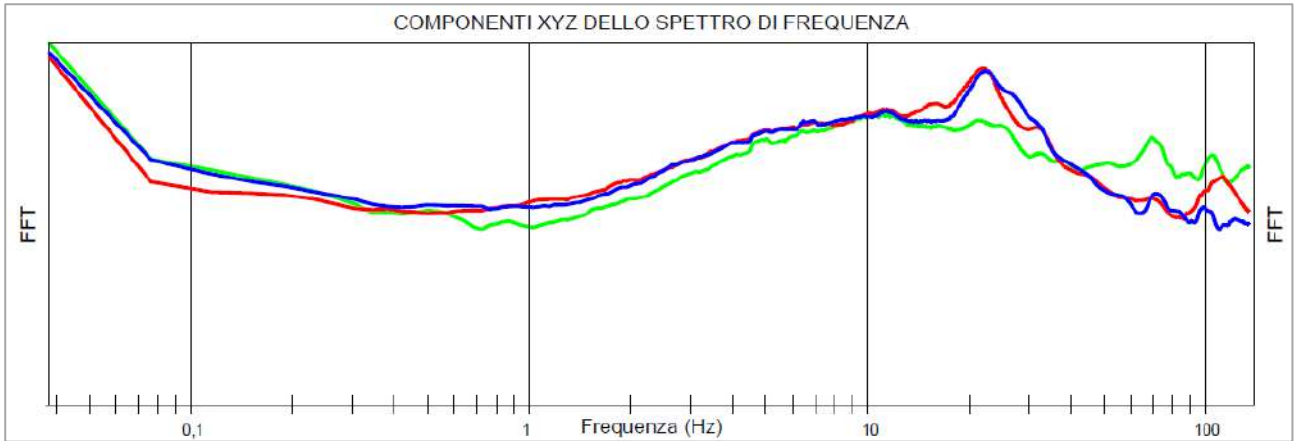
RAPPRESENTAZIONE ED INTERPRETAZIONE DATI SISMICI H.V.S.R.

Al fine di fornire i valori di frequenza caratteristica del sito oltre che per la determinazione dei valori delle V_{seq} , necessari per la caratterizzazione sismica dello stesso (in modalità congiunta con i dati ricavati dallo stendimento sismico M.A.S.W. eseguito nell'area in esame) è stata eseguita una acquisizione puntuale (TR1) in passivo del microtremore sismico ambientale mediante geofono triassiale 3D e per una durata di 25 minuti.

Si riportano di seguito i relativi diagrammi H/V elaborati dalla misurazione effettuata sull'area



Rapporti spettrali H/V vs Hz rilevazione sismica passiva TR1



Spettri delle singole componenti rilevazione sismica passiva TR1

In **All. 1** sono riportati i rapporti di indagine relativi alle indagini sismiche.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	34 di 51

9 DEFINIZIONE CATEGORIA SISMICA DI SOTTOSUOLO

Per quanto riguarda la determinazione della categoria di sottosuolo il D.M. 17.01.2018 prevede una classificazione in cinque categorie principali riportate nella tabella 3.2.II (Tab.3.2, pagina seguente) definite in base ai valori della velocità equivalente V_{seq} corrispondente alla velocità media di propagazione delle onde sismiche di taglio a partire dal piano di fondazione (per fondazioni superficiali e per muri di sostegno di terrapieni), dalla testa dei pali o dalla testa dell'opera (per opere di sostegno di terreni naturali), fino alla profondità del substrato sismico, definito come quella formazione caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità di tale substrato superiore a 30m la velocità equivalente V_{Seq} è definita dal parametro V_{S30} considerando le proprietà degli strati di terreno a partire dalla profondità del piano di imposta delle fondazioni.

Per il sito in esame la categoria di sottosuolo è stata determinata tramite i dati ottenuti dallo stendimento sismico con metodologia M.A.S.W.+H.V.S.R. eseguiti in corrispondenza dell'area di indagine.

La tabella seguente riporta sinteticamente l'assetto sismo-stratigrafico del sottosuolo con i valori di V_{s30eq} ricavati.

Prova MASW		
da profondità [m]	a profondità [m]	V_s [m/s]
0	0.6	96
0.6	3.1	199
3.1	7.6	340
7.6	10.9	230
10.9	15.1	399
15.1	25.9	435
25.9	34.9	493

Tenuto conto della profondità di imposta delle fondazioni, valutata in almeno 4 m, è possibile definire un valore di velocità media di propagazione delle onde di taglio (VS_{30}) nei primi 30 m secondo la seguente espressione, in accordo con il D.M. 17.01.18:

$$VS_{30} = 30 / \sum hi / VS_i$$

dove:

hi = spessore di ciascuno strato;

VS_i = velocità di propagazione delle onde di taglio di ciascuno strato.

Il valore di VS_{30} calcolato è pari a 391 m/s; il sottosuolo, in base alla tabella 3.2.II del D.M. 17/01/18, può essere pertanto classificato nella **categoria B** costituita da depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni di grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

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

Tabella 3.2.II "Categorie di sottosuolo" – D.M. 17.01.2018.

10 MODELLO GEOTECNICO

Al fine di determinare le caratteristiche geotecniche dei terreni sono state condotte n. 8 prove penetrometriche dinamiche DPSH. La prova consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa per battitura nel terreno per tratti consecutivi di 30 cm, per mezzo di un dispositivo di percussione e misurando il numero di colpi necessari. Le n. 8 prove sono state eseguite dal piano campagna fino alla profondità massima di -15,00 m da p.c.

Le risultanze dell'interpretazione dei dati di campo sono riportate in **All. 2**, mentre i riferimenti tecnici relativi ai metodi di interpretazione sono riportati in **All. 3**.

In base ai risultati delle prove penetrometriche (valori di nSPT diagrammati in **All. 1**) è stato definito il modello geotecnico

Il modello stratigrafico relativo ad ognuna delle prove penetrometriche eseguite è riportato in **All. 2**.

Nella figura seguente si riporta uno stralcio della tavola di masterplan in cui è indicata l'ubicazione delle indagini rispetto alle strutture in progetto.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	37 di 51



Planimetria con ubicazione delle indagini geognostiche (su tavola preliminare di masterplan)

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	38 di 51

Al di sotto di un primo strato di terreno di riporto o rimaneggiato di spessore medio valutato in circa 1.0 ÷ 1.2 m, i terreni di fondazione in corrispondenza dell'area di intervento sono interpretabili come costituiti da tre unità litotecniche con diversa resistenza alla penetrazione:

Unità litotecnica A: livello superficiale presente a partire da circa 0.9÷1.8 m di profondità dal p.c. attuale fino a circa 3.6÷4.8 m di profondità dal p.c. attuale, costituito da sabbia limosa debolmente ghiaiosa e limo sabbioso, caratterizzata da stato di addensamento da "sciolto" a "mediamente addensato".

Unità litotecnica B: livello intermedio presente a partire da circa 3.6÷4.8 m di profondità dal p.c. attuale fino a circa 7.5÷10.2 m di profondità dal p.c. attuale, costituito da sabbia e ghiaia fine con rari ciottoli, caratterizzato da stato di addensamento "mediamente addensato".

Unità litotecnica C: livello profondo presente a partire da circa 7.5÷10.2 m di profondità dal p.c. attuale, verificato fino alla massima profondità indagata, costituito da ghiaia sabbiosa fine in matrice limosa con ciottoli, caratterizzato da stato di addensamento da "poco addensato" a "mediamente addensato".

Il modello geotecnico descritto può costituire riferimento per le successive elaborazioni e verifiche geotecniche.

Per quanto attiene alla caratterizzazione geotecnica dei terreni, è stata eseguita l'elaborazione dei risultati delle prove penetrometriche utilizzando un programma di calcolo dedicato che, in base alle caratteristiche litologiche ed alle correlazioni più comunemente accettate permette di definire i principali parametri (software IS Geostrati – Dolmen).

Sono stati calcolati in funzione della profondità da p.c. i valori di densità relativa e angolo di attrito, oltre ai parametri di deformabilità. Non sono stati invece contemplati i risultati del calcolo dei valori di velocità di propagazione delle onde di taglio Vs ricavati indirettamente dai valori di resistenza alla penetrazione, in quanto definiti in maniera rigorosa tramite le indagini geofisiche descritte nei precedenti paragrafi.

La determinazione dei parametri geotecnici di riferimento è stata quindi condotta mediante l'elaborazione statistica di tutti i dati disponibili con l'eventuale esclusione di valori di picco anomali (outliers) dovuti alla presenza di grossi ciottoli lungo le verticali di prova.

L'analisi ha permesso di determinare i valori caratteristici inferiori e medi della popolazione di dati.

I risultati della caratterizzazione geotecnica effettuata sono riportati di seguito:

Unità litotecnica A *Sabbia limosa e limo sabbioso debolmente ghiaioso (SM)*
Resistenza alla penetrazione dinamica: N_{SCPT} medio = 3÷4 colpi/piede

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	39 di 51

Resistenza alla penetrazione dinamica:	N_{SPT} equiv. = 4÷6 colpi/piede
Peso di volume naturale (stima):	$\gamma_n = 18 \text{ KN/m}^3$
Stato di addensamento:	da "sciolto" a "mediamente addensato"
Densità relativa:	$D_r = 45 \div 52 \%$
Angolo di attrito:	$\phi' = 31 \div 32^\circ$
Modulo elastico (deformazioni medio elevate):	$E = 1 \div 2 \text{ Mpa}$

Unità litotecnica B *Sabbia e ghiaia fine con rari ciottoli (SP)*

Resistenza alla penetrazione dinamica:	N_{SCPT} medio = 6÷11 colpi/piede
Resistenza alla penetrazione dinamica:	N_{SPT} equiv. = 8÷16 colpi/piede
Peso di volume naturale (stima):	$\gamma_n = 18 \text{ KN/m}^3$
Stato di addensamento:	"mediamente addensato"
Densità relativa:	$D_r = 53 \div 59 \%$
Angolo di attrito:	$\phi' = 34 \div 35^\circ$
Modulo elastico (deformazioni medio elevate):	$E = 3 \div 4 \text{ Mpa}$

Unità litotecnica C *Ghiaia sabbiosa fine in matrice limosa con ciottoli (GM)*

Resistenza alla penetrazione dinamica:	N_{SCPT} medio = 14÷20 colpi/piede
Resistenza alla penetrazione dinamica:	N_{SPT} equiv. = 19÷28 colpi/piede
Peso di volume naturale (stima):	$\gamma_n = 19 \text{ KN/m}^3$
Stato di addensamento:	da "poco addensato" a "mediamente addensato"
Densità relativa:	$D_r = 49 \div 54 \%$
Angolo di attrito:	$\phi' = 34 \div 36^\circ$
Modulo elastico (deformazioni medio elevate):	$E = 3 \div 4 \text{ MPa}$

11 AZIONI SISMICHE

Le azioni sismiche sito specifiche sono definite a supporto dei calcoli strutturali mediante il programma di calcolo Geostru PS che consente di individuare la pericolosità sismica locale secondo le NTC.

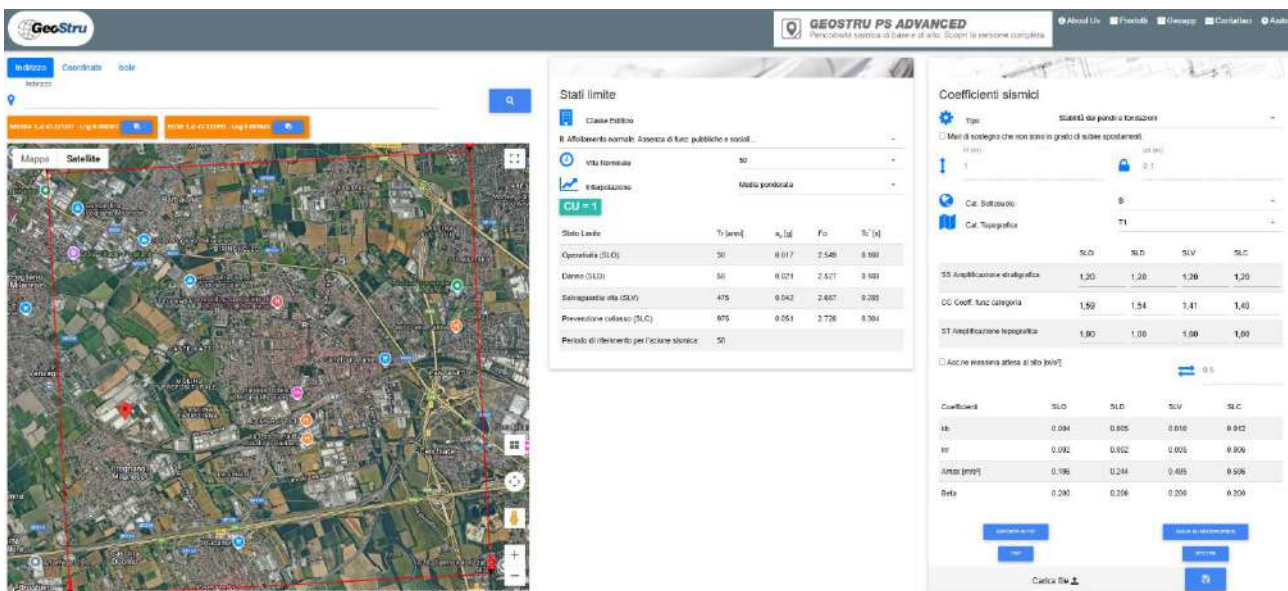
Si sono considerate: le caratteristiche costruttive delle nuove opere in progetto (vita nominale VN di 50 anni e classe d'uso II), la categoria topografica T1 e di sottosuolo C, quest'ultima attribuita sulla base delle indagini geofisiche eseguite appositamente, in corrispondenza dell'area di progetto.

Per il sito in esame sono stati quindi determinati i parametri sismici a_g , F_0 e TC^* ed i coefficienti sismici orizzontali k_h e verticali k_v per gli stati limite SLO, SLD, SLV e SLC. I risultati delle elaborazioni sono mostrati in **All. 4**.

Per gli SLV il valore di accelerazione massimo al bed-rock a_g è pari a $0,042\text{ g}$ ($0,412\text{ m/s}$), riferito ad una probabilità di superamento non maggiore del 10% in 50 anni corrispondente ad un tempo di ritorno dell'evento critico di 475 anni.

I coefficienti di accelerazione sismica orizzontale e verticale da utilizzarsi per schematizzare l'azione sismica in condizioni di SLV sono pari a $K_h = 0,010$ e $K_v = 0,005$.

Tali coefficienti possono essere utilizzati nelle successive verifiche strutturali per rappresentare gli effetti di un evento sismico con un'analisi semplificata per via pseudostatica.



Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 20, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	41 di 51

12 VERIFICHE DI SICUREZZA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Come descritto nel **Cap. 1**, il progetto prevede la realizzazione di un corpo di fabbrica principale a due piani destinato al data center e agli uffici, che avrà superficie coperta di circa 22.000 mq e relative aree di parcheggio auto e tir, e di un fabbricato secondario destinato alla sottostazione elettrica, che occuperà una superficie di circa 3.000 mq.

Le verifiche sono state condotte secondo due ipotesi di tipologico fondazionale, previste con piano di posa posto a quote differenti.

La prima ipotesi ha previsto fondazioni costituite da plinti isolati, considerando un piano di posa posto alla profondità nominale di 4,0 m dal piano campagna, in modo che le interazioni delle opere di fondazione avvengano principalmente con i terreni in posto dell'**Unità litotecnica B**, mentre la seconda ipotesi, sviluppata in particolare per la fondazione della sottostazione elettrica (66 x 41,8 m), ha previsto una fondazione a platea posta a - 2,5 m dal piano campagna poggiante sull'**Unità litotecnica A**.

Per quanto riguarda le fondazioni a plinto, sono state le seguenti tipologie dimensionali:

- Plinto quadrato 2 x 2 m
- Plinto quadrato 3 x 3 m

Per l'ipotesi di fondazione a platea, si è fatto riferimento ad una platea di dimensioni dimezzate rispetto all'intera sagoma dell'edificio che ospiterà la sottostazione elettrica.

I valori dei parametri geotecnici introdotti nelle successive verifiche geotecniche sono stati definiti prendendo in considerazione i valori caratteristici definiti secondo quanto indicato nelle linee guida del C.S.L.P. in funzione della continuità di distribuzione dei carichi (fondazioni isolate / fondazioni continue).

Pertanto, sono stati considerati i valori prossimi ai valori caratteristici minimi dell'**Unità B** nel caso dei plinti isolati, mentre valori prossimi ai valori caratteristici medi dell'**Unità A** per il caso delle verifiche della platea.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	42 di 51

12.1 RESISTENZA AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

La valutazione della resistenza di progetto dei terreni di fondazione è stata eseguita sulla base dell'equazione di Brinch – Hansen con il metodo agli stati limite (specifiche riportate in **All. 3**).

Gli stati limite ultimi (SLU) sono determinati dal raggiungimento della resistenza limite del terreno interagente con le fondazioni in seguito al collasso per carico limite e/o allo scorrimento sul piano di posa.

Le verifiche sono state eseguite secondo l'approccio 2 delle NTC 2018 con combinazione $A_1+M_1+R_3$, sia condizioni statiche che sismiche introducendo i coefficienti di accelerazione sismica agli SLV calcolati considerando la categoria di sottosuolo C ($K_h = 0,010$ e $K_v = 0,005$). I calcoli hanno considerato una profondità di incasso delle fondazioni pari ad un minimo di 0,5 m.

Le verifiche hanno riguardato fondazioni a plinto e a platea, delle quali si sono ricalcolate dimensioni fittizie al fine di rispettare il rapporto di validità dell'equazione di Brinch – Hansen pari a $B < 5L$.

Le dimensioni fittizie dei plinti considerate sono quindi pari a 0,40 x 2,00 m e 0,6 x 3,00 m, mentre la platea considerata ha dimensioni fittizie pari a 4,18 x 20,90.

Le verifiche alla rottura per carico limite (SLU) sono riportate per esteso in **All. 5**; i risultati sono riportati nelle tabelle seguenti.

FONDAZIONI A PLINTO (UNITA' LITOTECNICA B)

VERIFICHE ALLA ROTTURA PER CARICO LIMITE (SLU) piano di posa a -4,0 m		
Geometria:	$R_d(A_1+M_1+R_3)$	
Plinto	statica	sismica
[m]	[KPa]	[KPa]
2,00 x 2,00	178	162
3,00 x 3,00	204	198

PLATEA DI FONDAZIONE
(UNITA' LITOTECNICA A)

VERIFICHE ALLA ROTTURA PER CARICO LIMITE (SLU) piano di posa a -2,5 m		
Geometria:	$R_d(A1+M1+R3)$	
Platea	statica	sismica
[m]	[KPa]	[KPa]
20,9 x 33	500	481

I valori indicati nelle tabelle sono calcolati al netto dei coefficienti parziali per le azioni A1 indicati nella tabella 6.2.1 delle NTC 2018.

I valori delle resistenze agli SLU, verificati nei confronti della rottura del terreno, devono tuttavia essere verificati anche agli SLE in funzione dei possibili cedimenti conseguenti l'applicazione dei carichi che, se elevati, potrebbero non essere tollerati dalle strutture in elevazione.

12.2 VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE) – CEDIMENTI

La valutazione dei cedimenti prevedibili dei terreni di fondazione è stata eseguita sulla base del metodo di J.B. Burland e M.C. Burbidge valido per il calcolo in terreni non coesivi sottoposti a condizioni di carico note (specifiche riportate in **All. 3**).

Le verifiche sono state calcolate introducendo i valori di NSPT medi per il calcolo del cedimento medio, per uno spessore di terreno significativo al di sotto degli elementi fondazionali.

Per i calcoli sono state utilizzate le pressioni agli SLU calcolate con la combinazione A1+M1+R3 in condizioni statiche, introducendo i valori di NSPT dello spessore di terreno maggiormente interessato dai carichi fondazionali.

Nella tabella seguente si riepilogano i valori di colpi utilizzati per le verifiche dei cedimenti per le diverse casistiche analizzate.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	44 di 51

Edificio	Tipo fondazione	Profondità piano di posa da p.c. [m]	Colpi (medio; min; max)
Capannone	Plinti	4.0	22 - 16 - 26
Sottostazione elettrica	Platea	2.5	17 - 14 - 21

Le verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE) sono riportate per esteso in All. 6; i risultati, quindi i valori delle pressioni limite di esercizio ed i corrispondenti valori di cedimento medio dei terreni, sono riportati nelle tabelle seguenti.

FONDAZIONI A PLINTO (UNITA' LITOTECNICA B)

PLINTO con piano posa fondazione a -4,0 m		
Geometria	R_d / A'	Cedimento medio
[m]	[KPa]	[mm]
2,00 x 2,00	162	3
3,00 x 3,00	198	5

PLATEA DI FONDAZIONE (UNITA' LITOTECNICA A)

PLATEA con piano posa fondazione a -2,5 m		
Geometria	R_d / A'	Cedimento medio
[m]	[KPa]	[mm]
20,90 x 33,00	180	28

Si sottolinea che i valori di cedimento e di carico di esercizio indicati sono stati determinati nell'ipotesi di una corretta esecuzione dei lavori di cantiere, tale cioè da non alterare significativamente le condizioni dei terreni di fondazione con le operazioni di scavo o altre azioni di disturbo, mantenendo un rinterro laterale minimo delle fondazioni di 0,5 m.

I valori di cedimento indicati nelle tabelle dovranno comunque essere giudicati ammissibili dal Progettista nei riguardi delle strutture.

12.3 VERIFICA ALLA STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

Il fenomeno della liquefazione consiste nella perdita di resistenza al taglio o nell'accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da un'azione sismica ciclica in condizioni non drenate.

Le NTC D.M. 17/01/2018 fissano una serie di circostanze del sito legate a condizioni locali sismiche e geologiche per le quali la verifica alla liquefazione può essere omessa:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$;
- assenza di sabbie sature con coefficiente di uniformità $UC < 3,5$ o limi sabbioso/sabbie ghiaiose con $UC > 3,5$.

In dettaglio, per il sito in esame la verifica può essere omessa in quanto le ag massime calcolate con analisi di RSL sono inferiori a 0,1 g.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	46 di 51

12.4 COSTANTE DI WINKLER

Il coefficiente di Winkler, da utilizzare per analisi su suolo elastico, è stato determinato sulla base dei cedimenti medi attesi per le pressioni limite di esercizio calcolate; i valori ottenuti sono riportati nelle tabelle seguenti:

FONDAZIONI A PLINTO (UNITA' LITOTECNICA B)

PLINTO con piano posa fondazione a -4 m			
Geometria	R_d / A'	Cedimento medio	Coeff. di Winkler
[m]	[KPa]	[mm]	[MN/m ³]
2,00 x 2,00	162	3	56,4
3,00 x 3,00	198	5	39,4

PLATEA DI FONDAZIONE (UNITA' LITOTECNICA A)

PLATEA con piano posa fondazione a -2,5 m			
Geometria	R_d / A'	Cedimento medio	Coeff. di Winkler
[m]	[KPa]	[mm]	[MN/m ³]
20,90 x 33,00	180	28	6,4

13 STABILITÀ DEGLI SCAVI E GESTIONE DELLE ACQUE

La stabilità dei fronti di scavo nelle fasi del cantiere verrà garantita, per altezze come quelle in progetto, garantendo un'inclinazione massima delle scarpate adeguata alle caratteristiche di stabilità dei terreni coinvolti; al contempo è opportuno provvedere solertemente alla costruzione delle opere definitive in c.a.

I lavori dovranno essere tassativamente eseguiti nel corso di stagioni meteorologicamente favorevoli, e dovranno essere adottati opportuni accorgimenti per la gestione delle acque superficiali e di percolazione, valutando altresì di ricorrere a opere provvisorie di sostegno.

Si ribadisce la possibile interferenza della falda freatica con gli scavi fondazionali nell'eventualità di un deciso innalzamento della stessa in concomitanza di eventi meteorici estremi e di condizioni di intensa ricarica delle falde; dovranno pertanto essere presi gli opportuni accorgimenti tecnici in riferimento a tale aspetto, sia durante le operazioni di scavo che per la completa impermeabilizzazione di tutte le eventuali parti interrato.

A tal proposito si ritiene indispensabile, al fine della salvaguardia delle necessarie condizioni di stabilità, come sopra espresso, nelle fasi di cantiere (per quanto riguarda le scarpate degli scavi) la corretta gestione delle acque meteoriche di scorrimento superficiale, adottando opportuni dispositivi atti alla raccolta ed allo smaltimento delle stesse. Le acque dovranno essere raccolte e quindi evacuate favorendone il rapido smaltimento, al fine di evitare ristagni superficiali o filtrazioni nel sottosuolo nelle immediate vicinanze delle strutture, pregiudizievoli per l'integrità delle stesse. Pertanto, negli scavi di fondazione e/o sottofondazione dovranno necessariamente essere evitati riempimenti con materiali (es ghiaie, sabbie, misto frantumato, misto riciclato, ecc.) diversi dal c.l.s., in quanto fungerebbero da richiamo ed accumulo per le acque sotterranee e di percolazione favorendo accumuli di acqua con conseguente decadimento delle caratteristiche geotecniche e delle proprietà meccaniche del terreno a discapito della stabilità delle strutture.

Le modalità di gestione di tali acque dovranno rispettare il principio dell'invarianza idraulica ed idrologica secondo i criteri e i metodi contenuti nel R.R. n.7 del 23.11.2017, come previsto dall'articolo 58bis della L.R. n.12 del 11.03.2005 per il governo del territorio.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	48 di 51

14 CONCLUSIONI

Le indagini geognostiche condotte hanno permesso di caratterizzare i terreni di fondazione presenti in sito presso via Vanzago, nell'area industriale di Pregnana Milanese (MI), dove è prevista la realizzazione di un nuovo data center con annessi uffici, aree parcheggio e una sottostazione elettrica.

L'intervento prevede la costruzione di un corpo di fabbrica principale di circa 22.000 mq, distribuito su due piani, e di un edificio secondario (circa 3.000 mq) destinato a sottostazione elettrica, all'interno di un'area di intervento complessiva di circa 54.000 mq.

I risultati delle indagini confermano la struttura litostratigrafica attesa sulla base del quadro conoscitivo preliminare definito per il sito.

Si conferma infatti la possibile presenza di terreni con scadenti proprietà meccaniche fino ad oltre 4 metri di profondità, associata ad una soggiacenza della falda inferiore a 15 m dal piano campagna; la soggiacenza, rilevata al momento delle indagini si attesta intorno a 8 ÷ 9 m da p.c.

I terreni di fondazione dell'area di interesse progettuale sono schematizzabili con un modello omogeneo a tre strati, al di sotto di un primo sottosuolo costituito da terreno di riporto o rimaneggiato, che riscontra mediamente fino a profondità di 1 ÷ 1,5 m da p.c.

Il primo livello (unità A), presente da circa 0.9–1.8 m fino a 3.6–4.8 m da p.c., è costituita da sabbia limosa debolmente ghiaiosa e limo sabbioso, caratterizzata da stato di addensamento da "sciolto" a "mediamente addensato".

Il secondo livello intermedio (unità B), presente a partire da circa 3.6–4.8 m fino a 7.5–10.2 m da p.c., costituita da sabbia e ghiaia fine con rari ciottoli, in stato "mediamente addensato".

Il terzo livello profondo (unità C), presente a partire da circa 7.6–10.6 m di profondità, presente da circa 7.5–10.2 m e verificato fino alla massima profondità indagata pari a 15 metri da p.c., è composta da ghiaia sabbiosa fine in matrice limosa con ciottoli, con stato da "poco addensato" a "mediamente addensato".

In base alla prova sismica attiva MASW, integrata dalla prova passiva HVSR, è stata definita la categoria sismica del sottosuolo in relazione ai valori di V_{s30eq} ricalcolati a partire dalla quota del piano di imposta delle fondazioni.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	49 di 51

Nell'ipotesi di piano di posa posto ad almeno 2,5 m di profondità da p.c., i terreni di fondazione sono classificabili nella **categoria di sottosuolo B**; in particolare, il valore di V_{s30} è pari a 378 m/s nel caso di piano di imposta a -2,5 m e pari a 391 m/s nel caso di piano di imposta a -4 m.

Tali terreni, ai sensi del D.M. 17/01/2018, sono definiti come costituiti da depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni di grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Il piano di posa previsto per l'edificio principale (fondazioni a plinto) è pari a 4,0 m dal p.c., quindi con interazione prevalente con i terreni dell'Unità B, mentre per la sottostazione elettrica è stata invece ipotizzata una platea alla quota di -2,5 m da p.c., che interagirebbe principalmente con l'Unità A.

Le risultanze derivanti dalle verifiche dei terreni di fondazione agli SLU ed agli SLE (resistenze limite agli stati ultimi e verifica dei cedimenti prevedibili) sono descritte nel **Par. 12.1** e nel **Par. 12.2**.

Con riferimento alle norme geologiche di piano, si sottolinea che il terreno su cui è prevista la realizzazione della sottostazione elettrica, corrisponde ad un'area a Fattibilità geologica con consistenti limitazioni (classe 3b*), che prevede consistenti limitazioni legate alla verifica dello stato di salubrità dei suoli e/o al raggiungimento di standard qualitativi dei terreni conformi alla prevista destinazione urbanistica, e/o bonifica delle aree; la tipologia edificatoria può essere condizionata dall'entità di contaminazione dei suoli. Questa specifica classe si ritrova in corrispondenza delle aree corrispondenti a siti bonificati ai sensi del D.Lgs. 152/06 e/o con analisi di rischio approvata, da assoggettare a verifica dello stato di contaminazione e/o a nuova analisi di rischio nel caso di dismissione o variazione della destinazione d'uso che comporti l'adozione di limiti legislativi più restrittivi.

Oltre alle prescrizioni di indagine elencate per la classe 2a, è prescritta la verifica preliminare della salubrità dei suoli, e, nel caso si rilevi contaminazione, è obbligatoria l'esecuzione dell'indagine ambientale preliminare e l'avvio del piano di caratterizzazione.

Alla luce delle proprietà meccaniche mediocri dell'Unità A, soprattutto in termini di deformabilità, si raccomanda di impostare le fondazioni principali in modo da interagire principalmente con i terreni dell'Unità B, più omogenei e dotati di maggiore capacità portante e rigidità.

In fase di cantiere sarà opportuno verificare la stratigrafia in corrispondenza delle fondazioni, accertandosi che le fondazioni isolate vengano intestate sui terreni dell'Unità litotecnica B. L'aumento della

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	50 di 51

granulometria dei depositi e la comparsa di ghiaie potrà costituire utile parametro visivo per tale riscontro in sito.

Inoltre, si ritiene opportuna la creazione di un magrone di sottofondazione finalizzato al miglioramento delle proprietà geotecniche ed al contenimento dei cedimenti anche in caso di interazione con le acque di falda; a tal proposito si rimanda a quanto prescritto nel Cap. 13 in merito alla necessità di utilizzare esclusivamente cls. nel consolidamento del terreno di sottofondazione.

In considerazione della vulnerabilità elevata dell'acquifero, si raccomanda un'attenta gestione delle fasi di scavo, con monitoraggio dei livelli piezometrici e adozione di idonei sistemi di protezione/impermeabilizzazione o eventuale aggotamento temporaneo, laddove si rendesse necessario.

I valori di carico e di cedimento dovranno essere valutati dal progettista strutturale, in funzione della tipologia fondazionale effettivamente adottata e dei carichi attesi.

Oltre alla necessità di rispettare i carichi ammissibili verificati tenendo in particolare considerazione quanto sopra esposto, non si rilevano ulteriori limitazioni di carattere geologico, geotecnico o idrogeologico alla realizzazione dell'intervento in progetto.

Il Professionista incaricato:

Dott. Geol. Federico Bacci



Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via Vanzago 18, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	51 di 51

Allegato 1

Rapporto delle indagini con grafici delle
prove penetrometriche dinamiche (Scpt) e risultati indagini sismiche

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via dell'Industria, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	1 di 6

FUSINA S.R.L.

INDAGINI NEL SOTTOSUOLO

**COMMITTENTE:
TEA CONSULTING SRL - MILANO**

4664_25

**INDAGINE GEOGNOSTICA PRESSO UN'AREA DI
VIA DELL'INDUSTRIA A PREGNANA MILANESE (MI)
- RAPPORTO DEI LAVORI -**

MONZA, 17 LUGLIO 2025

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

1	PREMESSA.....	2
2	INDAGINE GEOGNOSTICA.....	3
2.1	METODOLOGIA DI ESECUZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE (SCPT)	3
2.2	METODOLOGIA DELLA PROVA SISMICA MASW	3
2.3	METODOLOGIA DELLA PROSPEZIONE SISMICA PASSIVA – METODO HVSR.....	4
3	ALLEGATI	6

ALLEGATI

Planimetria con ubicazione delle indagini
Elaborati grafici delle prove penetrometriche SCPT
Elaborato grafico della prova sismica MASW
Elaborato grafico della prova sismica HVSR

1 PREMESSA

La società *Tea Consulting Srl* di Milano ci ha affidato l'incarico per l'esecuzione di un'indagine geognostica presso un'area ubicata in via dell'Industria a Pregnana Milanese (MI).

Il programma d'indagine ha previsto l'esecuzione di

- otto prove penetrometriche dinamiche continue SCPT;
- una prova sismica MASW;
- una prova sismica passiva HVSR.

I lavori sono stati svolti in data 7 luglio 2025.



Ubicazione dell'area di indagine su ortofoto

2 INDAGINE GEOGNOSTICA

2.1 METODOLOGIA DI ESECUZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE (SCPT)

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

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

Caratteristiche tecniche:

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

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

2.2 METODOLOGIA DELLA PROVA SISMICA MASW

Lo scopo dell'indagine è stata quella di ottenere la stratigrafia di velocità delle onde trasversali Vs da cui ricavare il parametro VsEq.

Le caratteristiche della prova sono:

Stendimento geofonico	Energizzazioni	Geofoni (n.)
48	8	24

Analisi multicanale delle onde superficiali

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

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

L'intero processo comprende tre passi: l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

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

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

In allegato sono riportati i risultati della prova MASW. Nel riquadro principale dell'elaborato si osserva la stratigrafia delle Vs ricavata dalla prova, nonché le curve di dispersione misurate e calcolate. A destra è visibile il sismogramma mentre in basso è riportato il valore del parametro VsEq calcolato a partire dal piano strada, pari a **332 m/s**.

2.3 METODOLOGIA DELLA PROSPEZIONE SISMICA PASSIVA – METODO HVSR

La metodologia sismica HVSR (Horizontal to Vertical Spectrum Ratio) misura il rumore sismico ambientale che è presente ovunque sulla superficie terrestre, ed è prodotto dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, microterremoti, vento) e dall'attività antropica.

Il rumore sismico ambientale viene anche chiamato microtremore in quanto costituito da oscillazioni di piccolissima ampiezza se confrontate con quelle associate ai terremoti.

La denominazione di sismica passiva dipende dal fatto che il rumore non viene generato artificialmente, come nell'energizzazione della sismica attiva, ma è presente naturalmente.

In qualsiasi luogo pianeggiante sono sempre presenti delle vibrazioni associate alle onde oceaniche con dei picchi a 0,14 e 0,07 Hz. A questo comportamento spettrale di "fondo", sempre presente in varia forma, e soggetto a scarsissima attenuazione, si sovrappongono le sorgenti locali dovute alle attività antropiche (traffico, macchinari ecc..) e naturali. L'effetto di queste sorgenti locali è soggetto ad attenuazioni quanto maggiori all'aumentare della frequenza e dovute all'assorbimento anelastico associato all'attrito interno delle rocce e dei terreni.

La metodologia HVSR è stata introdotta da Nakamura (1989) per la determinazione delle frequenze di risonanza dei terreni e la stima dell'amplificazione sismica locale, elementi di grande utilità per l'ingegneria sismica. La frequenza fondamentale di risonanza (F) dello strato di terreno n è data dalla formula:

$$F_n = V_s / 4 h$$

in cui V_s è la velocità media delle onde S nello strato N ed h è lo spessore.

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati. Viceversa, nota la stratigrafia è teoricamente possibile fornire una valutazione approssimativa della velocità delle onde S nei singoli strati.

I risultati (grafici) visibili in allegato, sono stati ottenuti mediante impiego di un geofono triassiale EEG ed elaborati con software EEG. Il segnale dei velocimetri (3) è acquisito in sito per un tempo t , e digitalizzato a 16 bit con due linee di preamplificatori.

Per ciascuna delle 3 componenti del moto, il software esegue le seguenti elaborazioni:

- divide il tracciato acquisito in finestre di lunghezza L (generalmente 26 s);
- elimina il trend da ciascuna finestra;
- fa il "pad" di ciascuna finestra con degli zero;
- calcola la trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra;
- calcola lo spettro di ampiezza per ciascuna finestra;
- liscia lo spettro di ogni finestra secondo opportuno smoothing;
- calcola il rapporto spettrale HVSR ad ogni frequenza, per ciascuna finestra.

La funzione HVSR finale è data dalle media degli HVSR di ciascuna finestra.

Dott. Geol. Fabio Fusina

Fabio Fusina


3 ALLEGATI



LEGENDA:

 PROVE PENETROMETRICHE
SCTP

 STENDIMENTO SISMICO
MASW

 PROVA SISMICA HVSr



FUSINA S.R.L.

Via Boccioni, 6 - 20900 Monza
Tel. 039/2028619 - Fax 039/2230311 - Cell. 348/7213807
E-mail info@fusinasrl.it

COMMITTENTE:
TEA CONSULTING S.R.L.

CANTIERE:
PREGNANA MILANESE, VIA DELL'INDUSTRIA

TITOLO:
UBICAZIONE DELLE INDAGINI

DATA:
LUGLIO 2025

COMMITTENTE: TEA CONSULTING S.R.L. - MILANO

CANTIERE DI PREGNANA MILANESE

PROFONDITA' DELLA FALDA: 8,50 m DA P. PIAZZALE

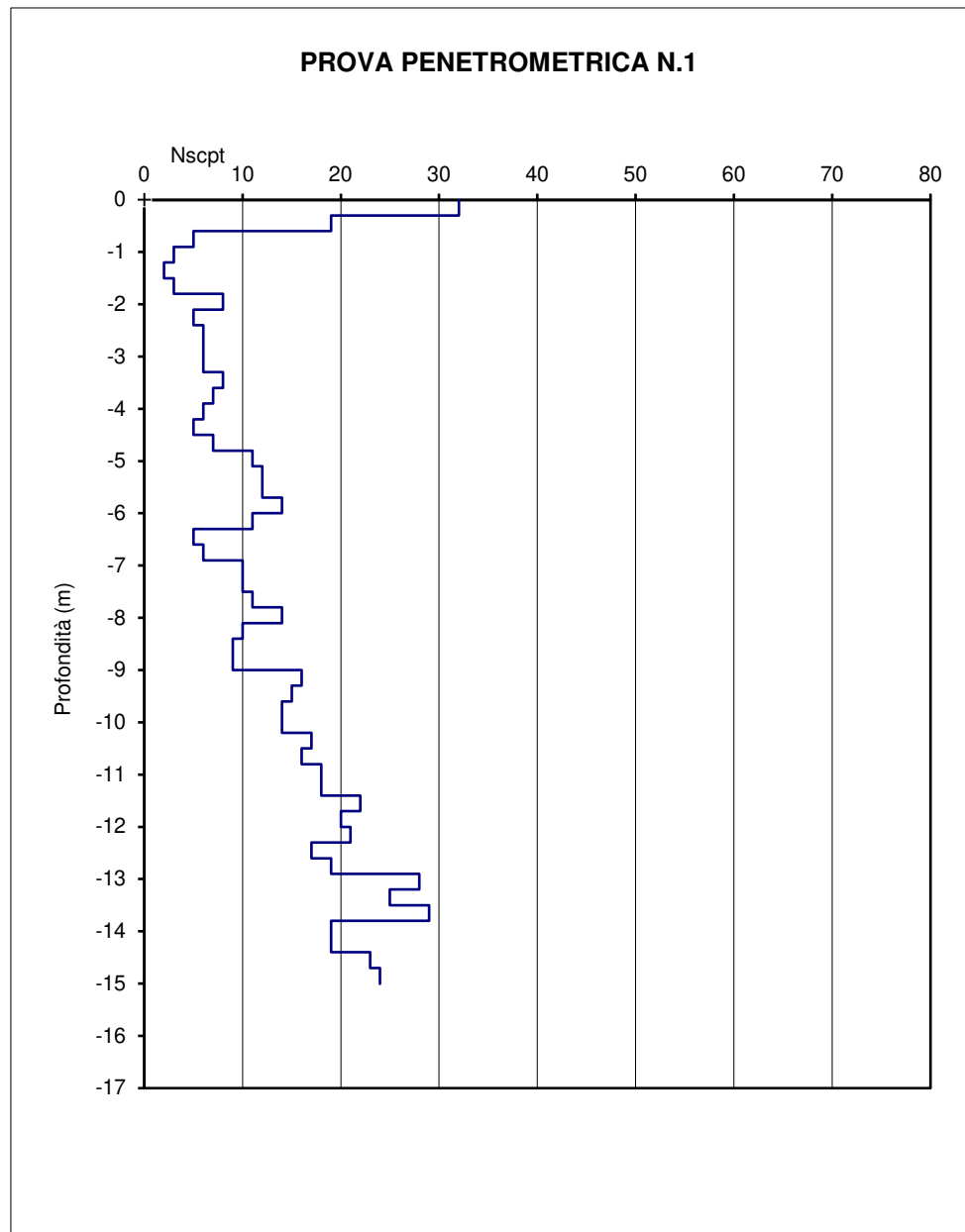
DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE: 07/07/2025

QUOTA ESECUZIONE PROVA: P. PIAZZALE

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

Profondità	RP	RL
0	32	
	19	
	5	
	3	
-1,5	2	
	3	
	8	
	5	
	6	
-3	6	
	6	
	8	
	7	
	6	
-4,5	5	
	7	
	11	
	12	
	12	
-6	14	
	11	
	5	
	6	
	10	
-7,5	10	

Profondità	RP	RL
	11	
	14	
	10	
	9	
-9	9	
	16	
	15	
	14	
	14	
-10,5	17	
	16	
	18	
	18	
	22	
-12	20	
	21	
	17	
	19	
	28	
-13,5	25	
	29	
	19	
	19	
	23	
-15	24	



COMMITTENTE: TEA CONSULTING S.R.L. - MILANO

CANTIERE DI PREGNANA MILANESE

PROFONDITA' DELLA FALDA: 8,50 m DA P. PIAZZALE

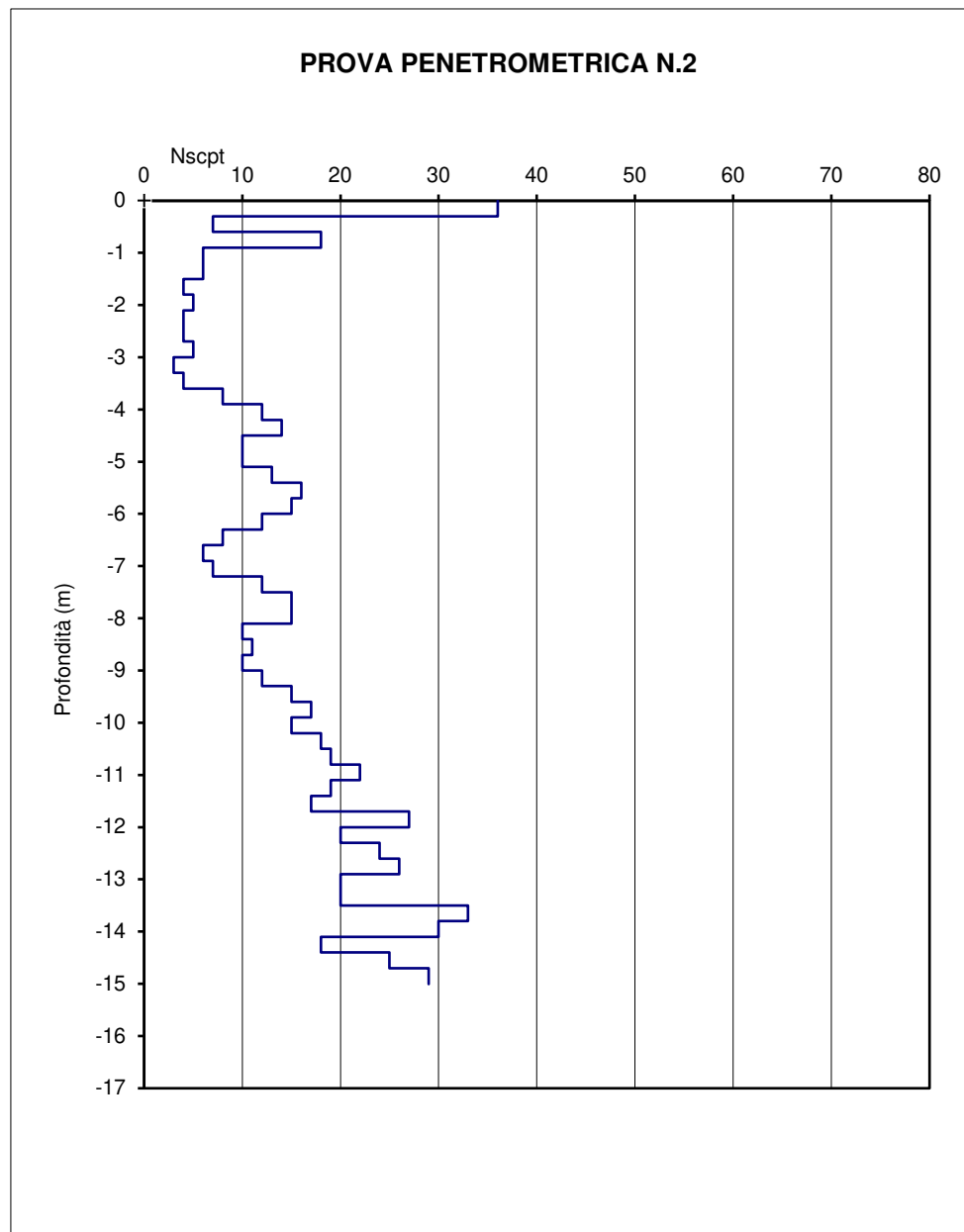
DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE: 07/07/2025

QUOTA ESECUZIONE PROVA: P. PIAZZALE

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

Profondità	RP	RL
0	36	
	7	
	18	
	6	
-1,5	6	
	4	
	5	
	4	
	4	
-3	5	
	3	
	4	
	8	
	12	
-4,5	14	
	10	
	10	
	13	
	16	
-6	15	
	12	
	8	
	6	
	7	
-7,5	12	

Profondità	RP	RL
	15	
	15	
	10	
	11	
-9	10	
	12	
	15	
	17	
	15	
-10,5	18	
	19	
	22	
	19	
	17	
-12	27	
	20	
	24	
	26	
	20	
-13,5	20	
	33	
	30	
	18	
	25	
-15	29	



COMMITTENTE: TEA CONSULTING S.R.L. - MILANO

CANTIERE DI PREGNANA MILANESE

PROFONDITA' DELLA FALDA: 8,50 m DA P. PIAZZALE

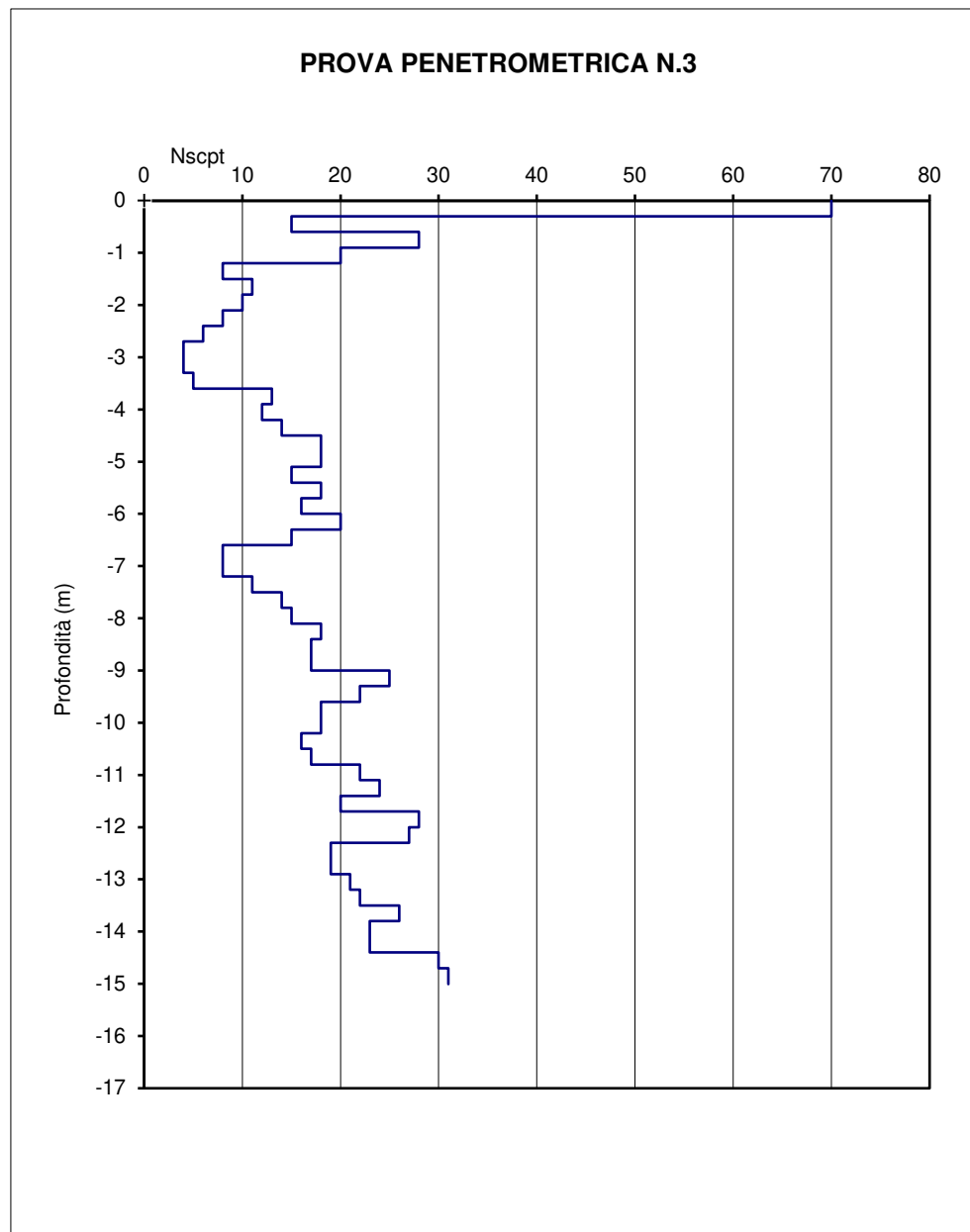
DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE: 07/07/2025

QUOTA ESECUZIONE PROVA: P. PIAZZALE

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

Profondità	RP	RL
0	70	
	15	
	28	
	20	
-1,5	8	
	11	
	10	
	8	
	6	
-3	4	
	4	
	5	
	13	
	12	
-4,5	14	
	18	
	18	
	15	
	18	
-6	16	
	20	
	15	
	8	
	8	
-7,5	11	

Profondità	RP	RL
	14	
	15	
	18	
	17	
-9	17	
	25	
	22	
	18	
	18	
-10,5	16	
	17	
	22	
	24	
	20	
-12	28	
	27	
	19	
	19	
	21	
-13,5	22	
	26	
	23	
	23	
	30	
-15	31	



COMMITTENTE: TEA CONSULTING S.R.L. - MILANO

CANTIERE DI PREGNANA MILANESE

PROFONDITA' DELLA FALDA: 8,50 m DA P. PIAZZALE

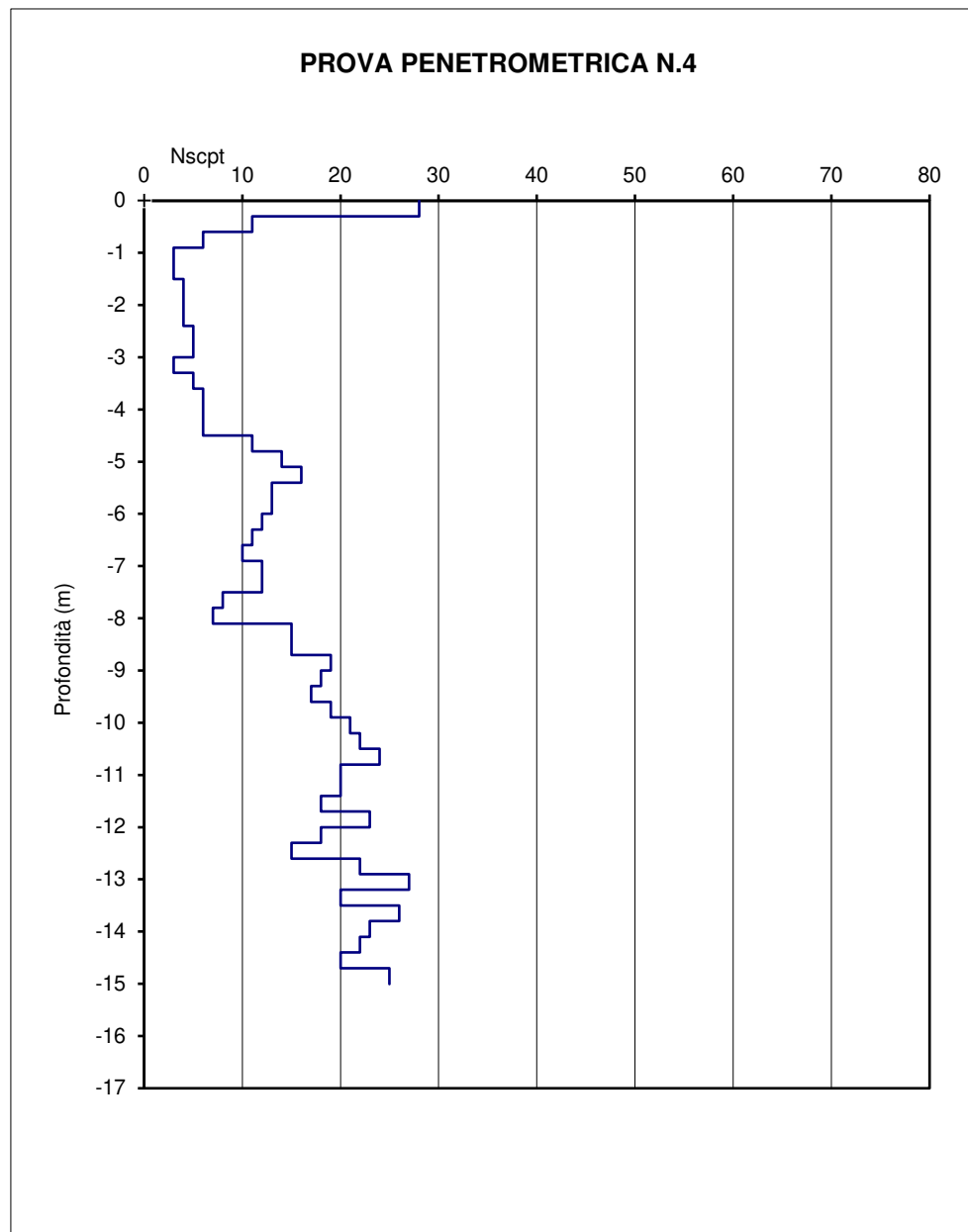
DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE: 07/07/2025

QUOTA ESECUZIONE PROVA: P. PIAZZALE

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

Profondità	RP	RL
0	28	
	11	
	6	
	3	
-1,5	3	
	4	
	4	
	4	
	5	
-3	5	
	3	
	5	
	6	
	6	
-4,5	6	
	11	
	14	
	16	
	13	
-6	13	
	12	
	11	
	10	
	12	
-7,5	12	

Profondità	RP	RL
	8	
	7	
	15	
	15	
-9	19	
	18	
	17	
	19	
	21	
-10,5	22	
	24	
	20	
	20	
	18	
-12	23	
	18	
	15	
	22	
	27	
-13,5	20	
	26	
	23	
	22	
	20	
-15	25	



COMMITTENTE: TEA CONSULTING S.R.L. - MILANO

CANTIERE DI PREGNANA MILANESE

PROFONDITA' DELLA FALDA: 8,50 m DA P. PIAZZALE

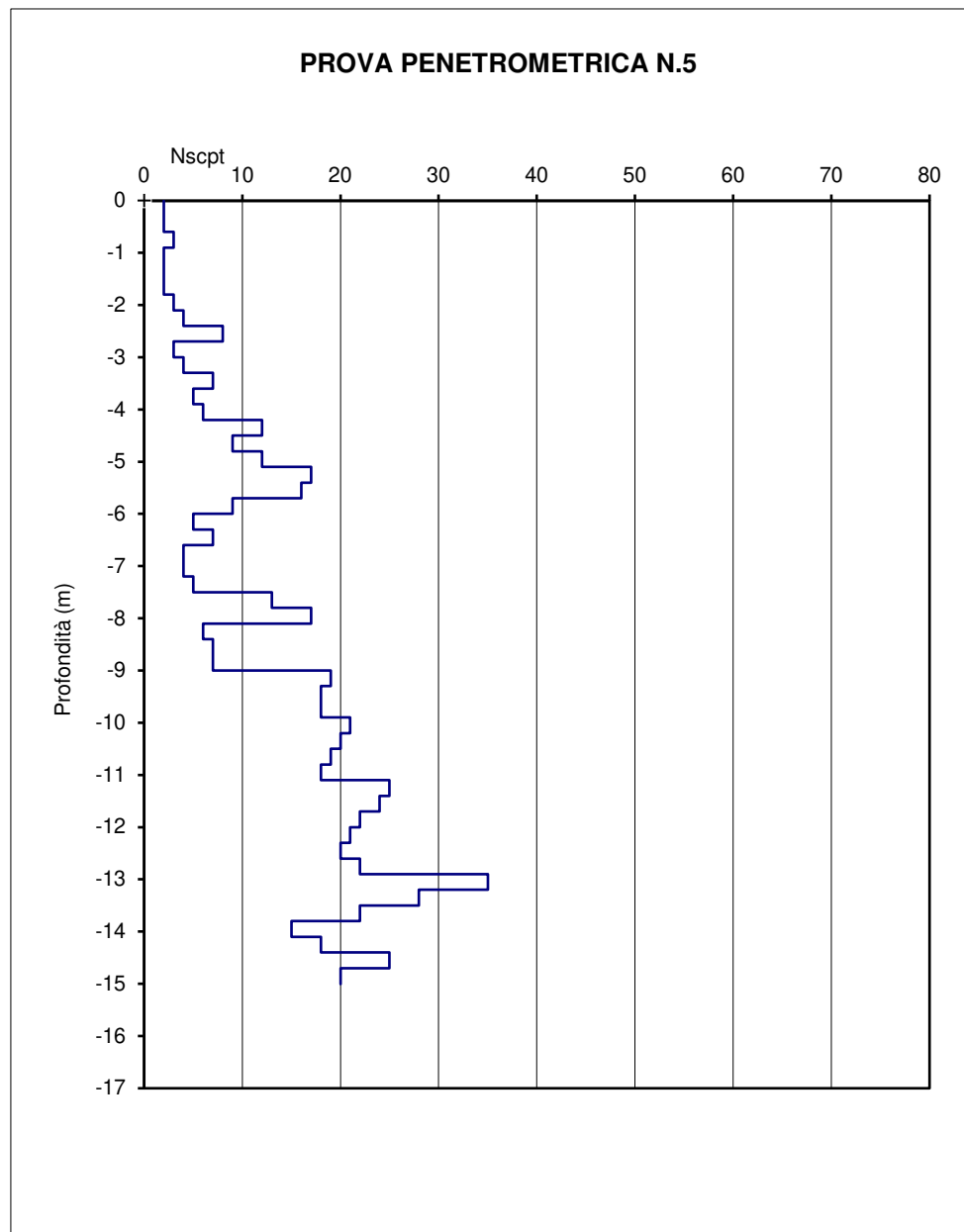
DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE: 07/07/2025

QUOTA ESECUZIONE PROVA: P. PIAZZALE

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

Profondità	RP	RL
0	2	
	2	
	3	
	2	
-1,5	2	
	2	
	3	
	4	
	8	
-3	3	
	4	
	7	
	5	
	6	
-4,5	12	
	9	
	12	
	17	
	16	
-6	9	
	5	
	7	
	4	
	4	
-7,5	5	

Profondità	RP	RL
	13	
	17	
	6	
	7	
-9	7	
	19	
	18	
	18	
	21	
-10,5	20	
	19	
	18	
	25	
	24	
-12	22	
	21	
	20	
	22	
	35	
-13,5	28	
	22	
	15	
	18	
	25	
-15	20	



COMMITTENTE: TEA CONSULTING S.R.L. - MILANO

CANTIERE DI PREGNANA MILANESE

PROFONDITA' DELLA FALDA: 8,50 m DA P. PIAZZALE

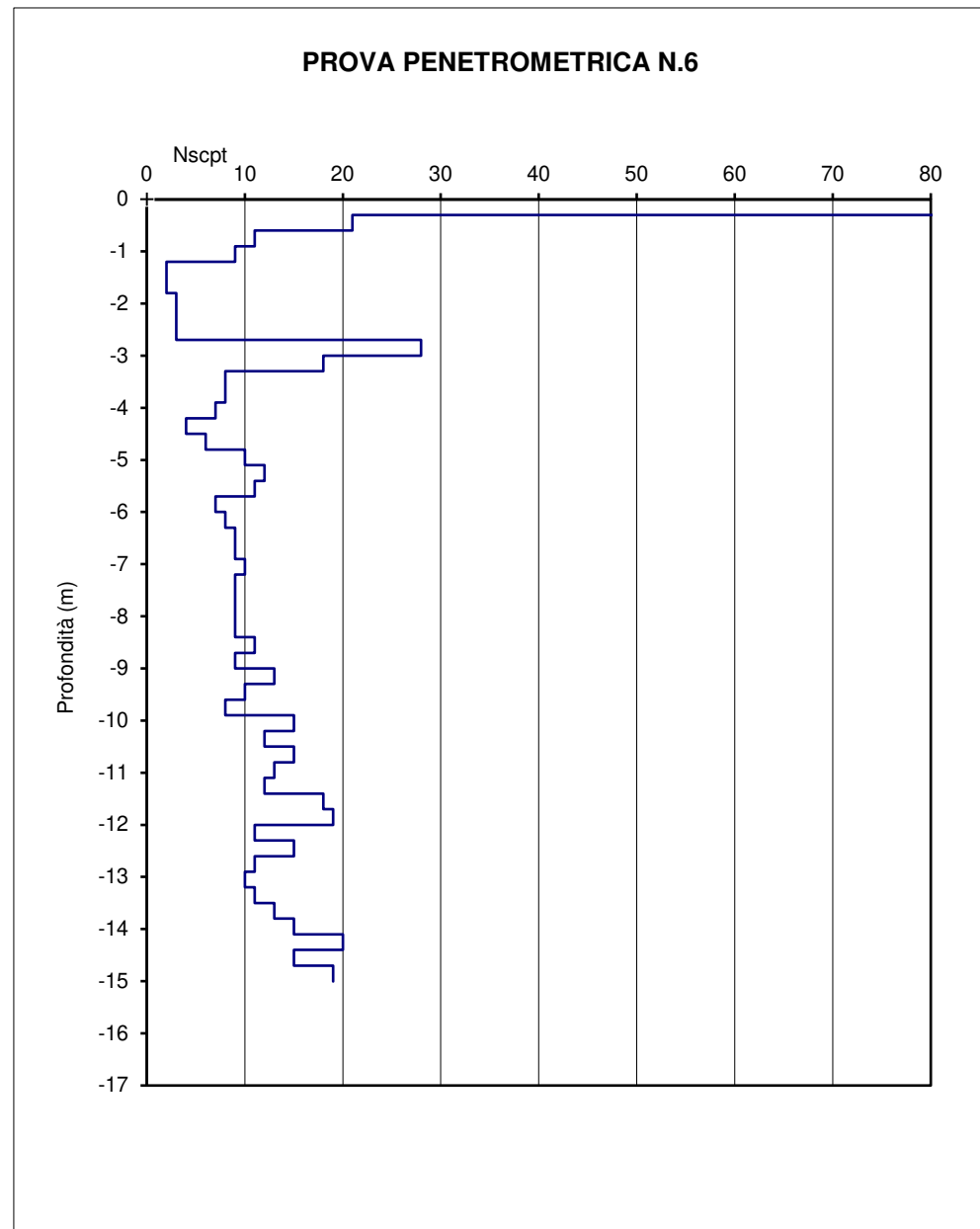
DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE: 07/07/2025

QUOTA ESECUZIONE PROVA: P. PIAZZALE

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

Profondità	RP	RL
0	119	
	21	
	11	
	9	
-1,5	2	
	2	
	3	
	3	
-3	28	
	18	
	8	
	8	
-4,5	7	
	4	
	6	
	10	
-6	12	
	11	
	7	
	8	
-7,5	9	
	9	
	10	
	9	

Profondità	RP	RL
-9	9	
	9	
	9	
	11	
-10,5	9	
	13	
	10	
	8	
-12	15	
	12	
	15	
	13	
-13,5	12	
	15	
	13	
	18	
-15	19	
	11	
	15	
	10	



COMMITTENTE: TEA CONSULTING S.R.L. - MILANO

CANTIERE DI PREGNANA MILANESE

PROFONDITA' DELLA FALDA: 8,50 m da P. PIAZZALE

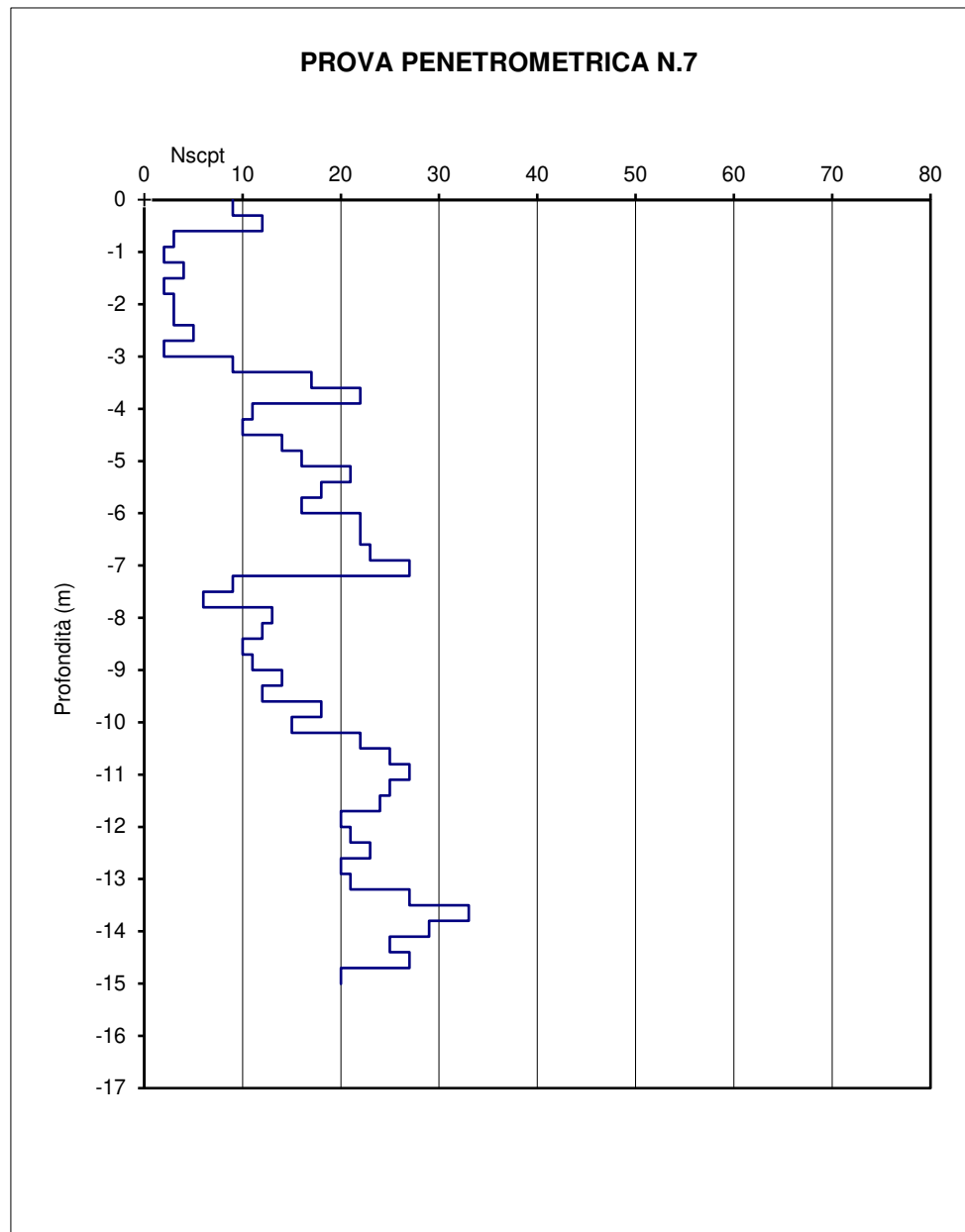
DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE: 07/07/2025

QUOTA ESECUZIONE PROVA: - 0,50 m da P. PIAZZALE

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

Profondità	RP	RL
0	9	
	12	
	3	
	2	
-1,5	4	
	2	
	3	
	3	
	5	
-3	2	
	9	
	17	
	22	
	11	
-4,5	10	
	14	
	16	
	21	
	18	
-6	16	
	22	
	22	
	23	
	27	
-7,5	9	

Profondità	RP	RL
	6	
	13	
	12	
	10	
-9	11	
	14	
	12	
	18	
	15	
-10,5	22	
	25	
	27	
	25	
	24	
-12	20	
	21	
	23	
	20	
	21	
-13,5	27	
	33	
	29	
	25	
	27	
-15	20	



COMMITTENTE: TEA CONSULTING S.R.L. - MILANO

CANTIERE DI PREGNANA MILANESE

PROFONDITA' DELLA FALDA: 8,50 m DA P. PIAZZALE

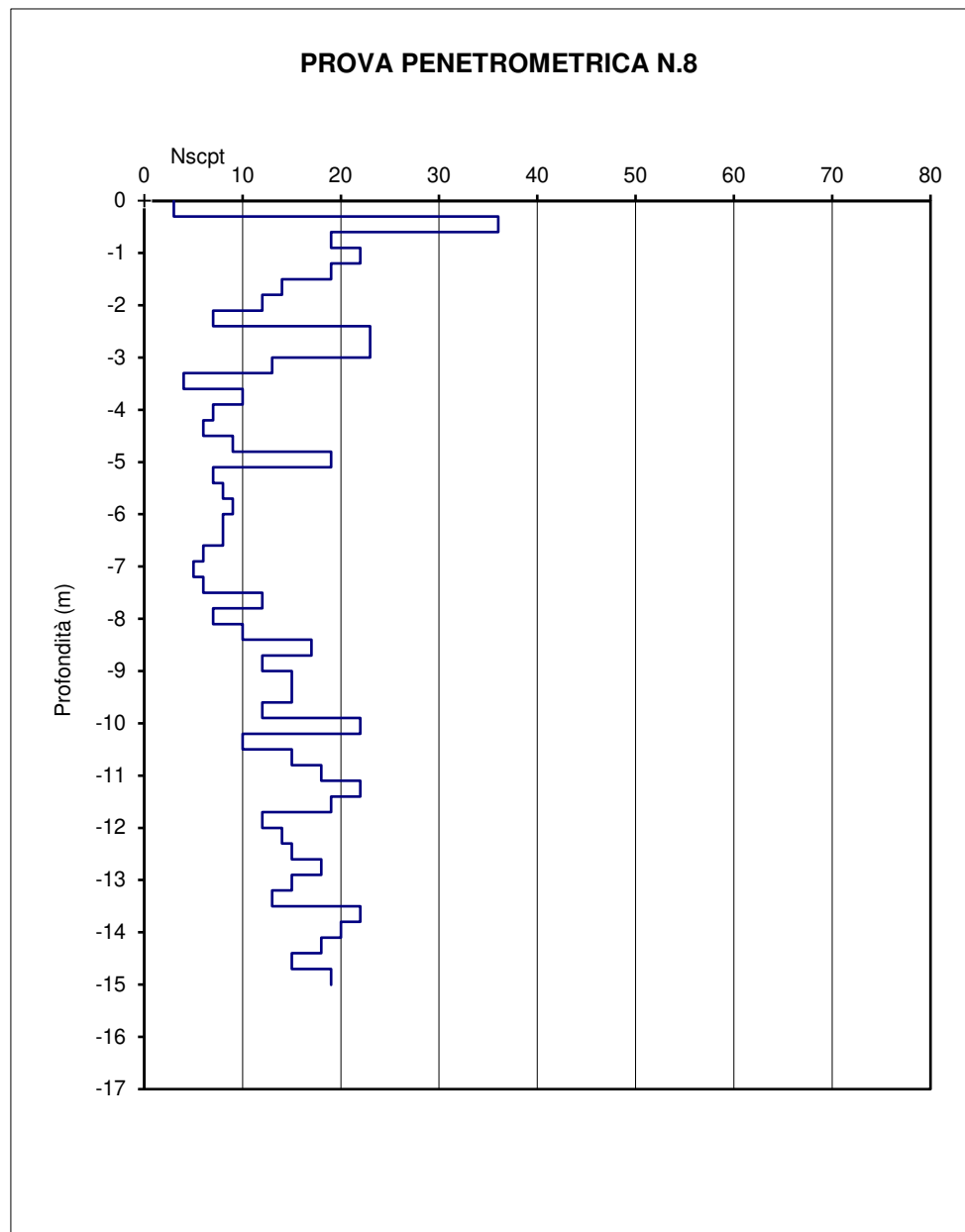
DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE: 07/07/2025

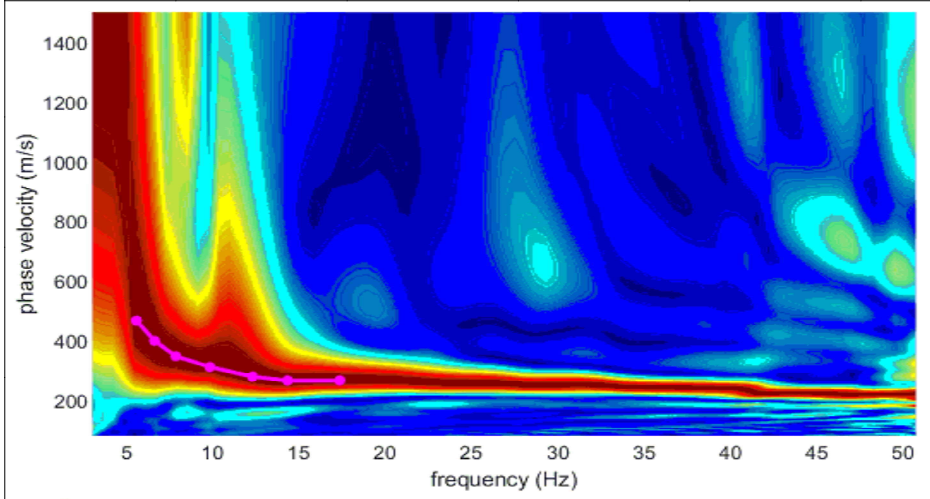
QUOTA ESECUZIONE PROVA: P. PIAZZALE

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

Profondità	RP	RL
0	3	
	36	
	19	
	22	
-1,5	19	
	14	
	12	
	7	
	23	
-3	23	
	13	
	4	
	10	
	7	
-4,5	6	
	9	
	19	
	7	
	8	
-6	9	
	8	
	8	
	6	
	5	
-7,5	6	

Profondità	RP	RL
	12	
	7	
	10	
	17	
-9	12	
	15	
	15	
	12	
	22	
-10,5	10	
	15	
	18	
	22	
	19	
-12	12	
	14	
	15	
	18	
	15	
-13,5	13	
	22	
	20	
	18	
	15	
-15	19	

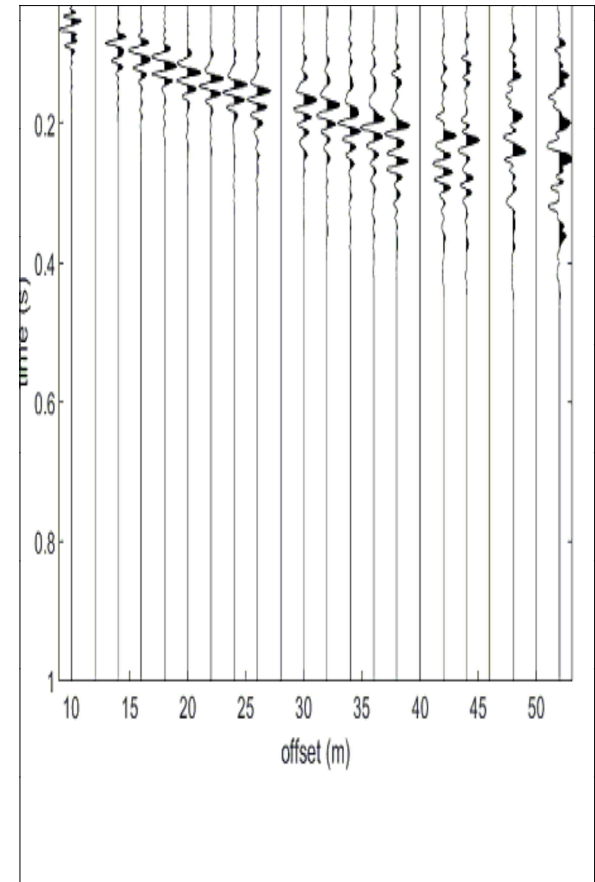




LEGENDA

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

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



Sismogramma

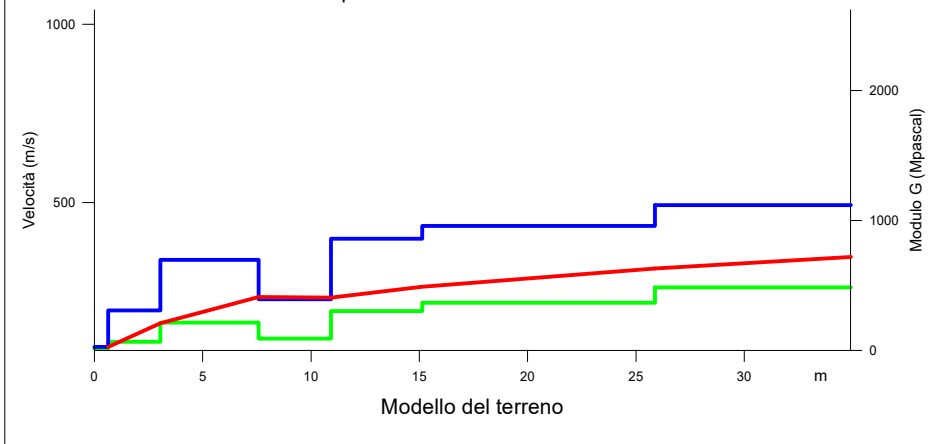
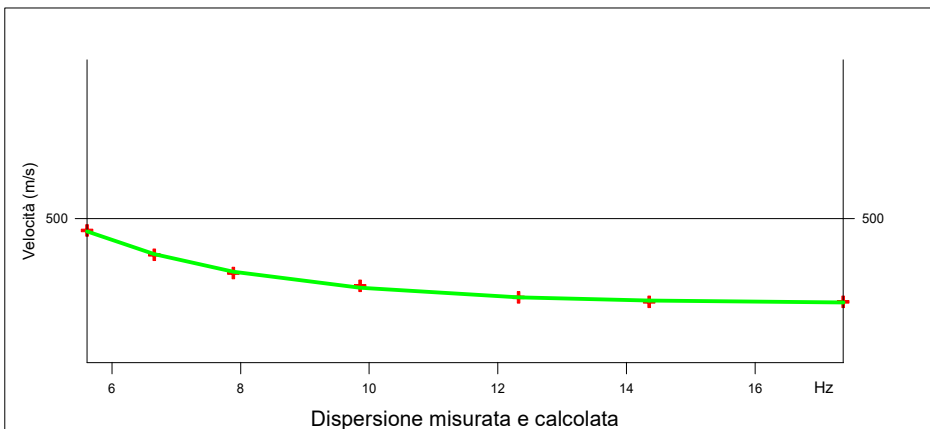


TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.6	96	.0066	96	15
.6	3.1	199	.0122	162	67
3.1	7.6	340	.0133	236	213
7.6	10.9	230	.0146	234	92
10.9	15.1	399	.0105	265	302
15.1	25.9	435	.0247	316	366
25.9	34.9	493	.0183	348	485

VALORE CALCOLATO VS Eq. = 332 m/s

PROVA SISMICA VS30

Pregnana Milanese (MI) – Via dell'Industria

T&A Consulting – Milano

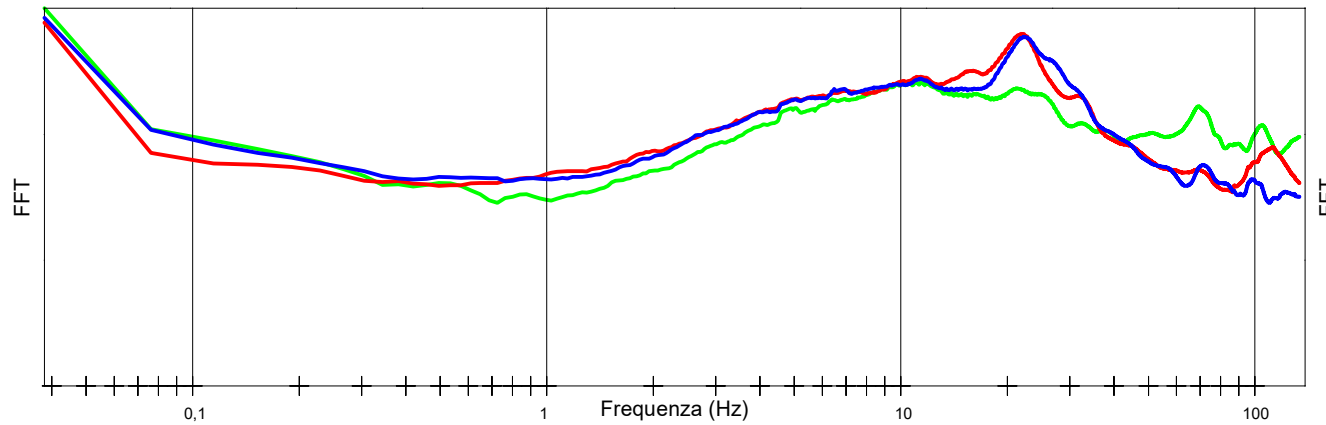
Metodologia MASW

VELOCITA' DELLE ONDE S

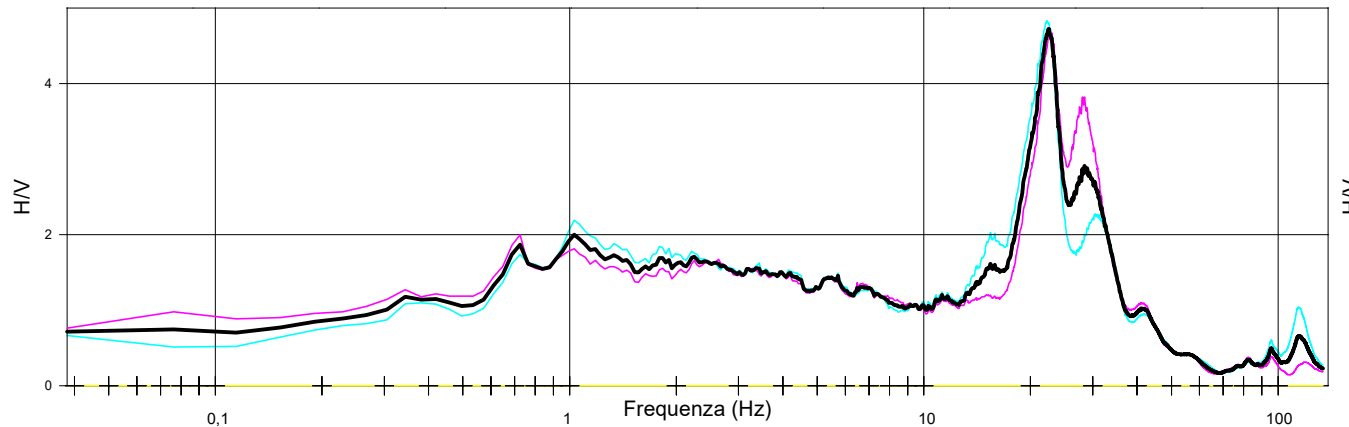
All. 2/a

Luglio 2025

COMPONENTI XYZ DELLO SPETTRO DI FREQUENZA



RAPPORTO DELLE COMPONENTI SPETTRALI ORIZZONTALI SULLA VERTICALE



LEGENDA

- Spettro asse Z (verticale)
- Spettro asse X
- Spettro asse Y
- H/V direzione X
- H/V direzione Y
- H/V media

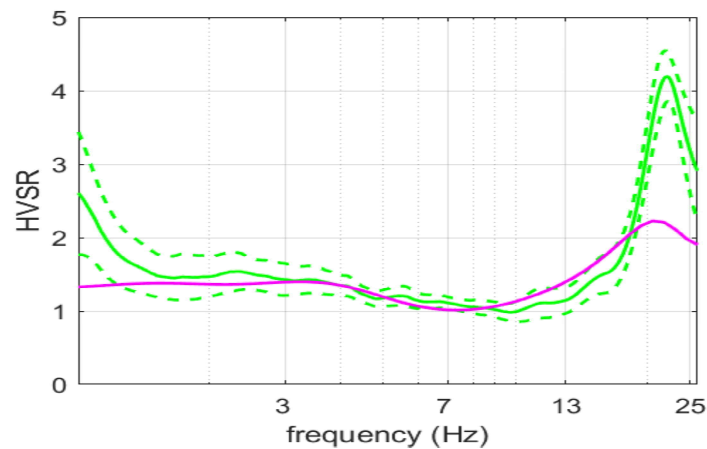
Durata della registrazione 25' 20.4"
 Campionamento 10 KHz
 Finestra di campionamento 26,2 s

Picco alla frequenza: 22.1 Hz

TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.6	96	.0066	96	15
.6	3.1	199	.0122	162	67
3.1	7.6	340	.0133	236	213
7.6	10.9	230	.0146	234	92
10.9	15.1	399	.0105	265	302
15.1	25.9	435	.0247	316	366
25.9	34.9	493	.0183	348	485

VALORE CALCOLATO VS Eq. = 332 m/s



PROVA H/V

Pregnana Milanese (MI) – Via dell'Industria

T&A Consulting – Milano

Metodo Nakamura

**SPETTRI DI FREQUENZA
 PROVA H2104**

All. 2/b

Luglio 2025

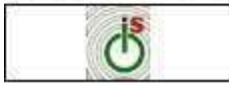
Allegato 2

Interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche (Scpt)
calcolo dei parametri geotecnici con software "Geostrati" Dolmen

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via dell'Industria, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	2 di 6



Impresa: Fusina Srl	
Committente: Te.A. Consulting Srl	
Località: via Vanzago - Pregnana Milanese	Data: lunedì 7 luglio 2025
Prova: N°1	Posizione: x,y
Strumento: DPSH	Operatore: Davide
Quota inizio foro: 0.70	Quota p.c.: 0.00



Software: IS GeoStrati
di CDM Dolmen e omnia IS srl, Via Drovetti 9/F, 10138 Tonno - 011.4470755 - www.omniais.it

Relazione di calcolo per la prova penetrometrica dinamica continua (D.P.)

In data lunedì 7 luglio 2025, in località via Vanzago - Pregnana Milanese MI, l'impresa Fusina Srl per conto del committente Te.A. Consulting Srl, ha eseguito una prova penetrometrica dinamica continua D.P.

Il dispositivo utilizzato per eseguire il sondaggio ha caratteristiche rappresentate dal modello in Figura 1.1

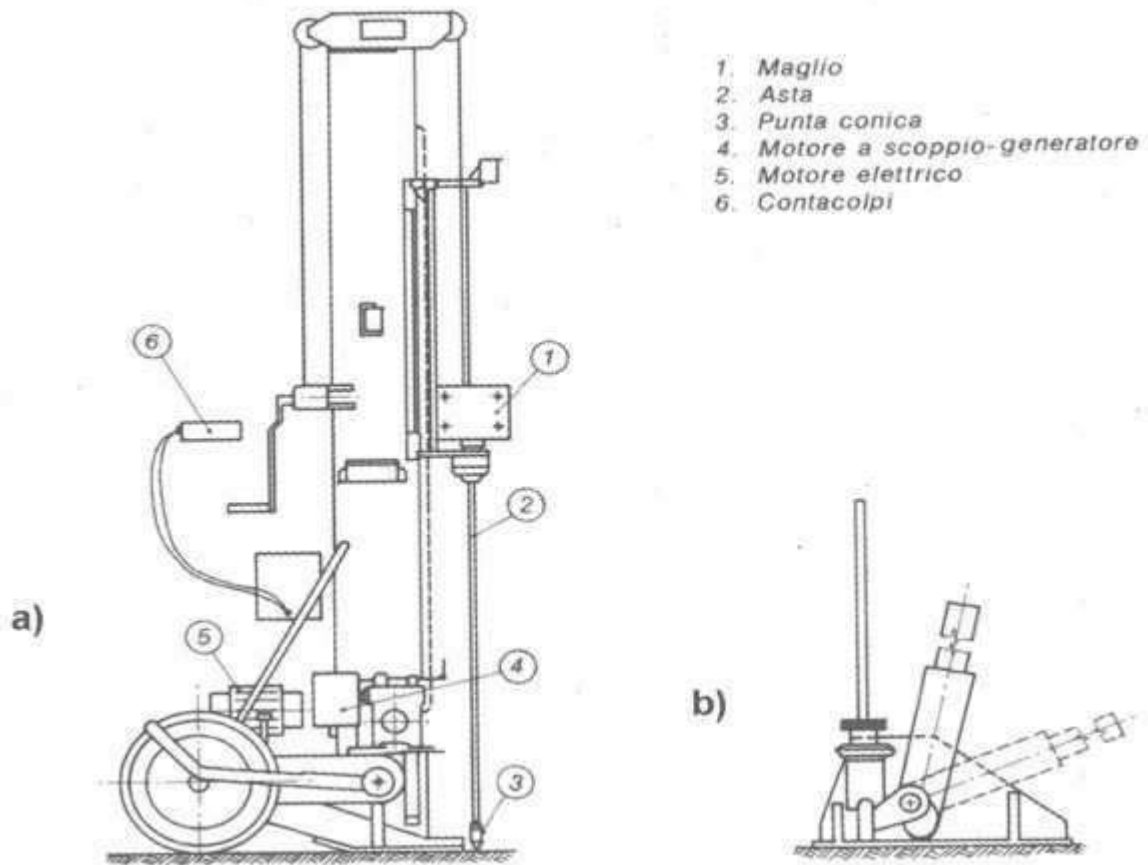


Figura 1.1: Schema dell'attrezzatura tipo per la prova Penetrometrica Dinamica Continua (D.P.).

Stratigrafia

La stratigrafia del sito è caratterizzata da 4 strati aventi le litologie raffigurate nelle immagini sottostanti (Figura 1.2 e Tabella 1.1).

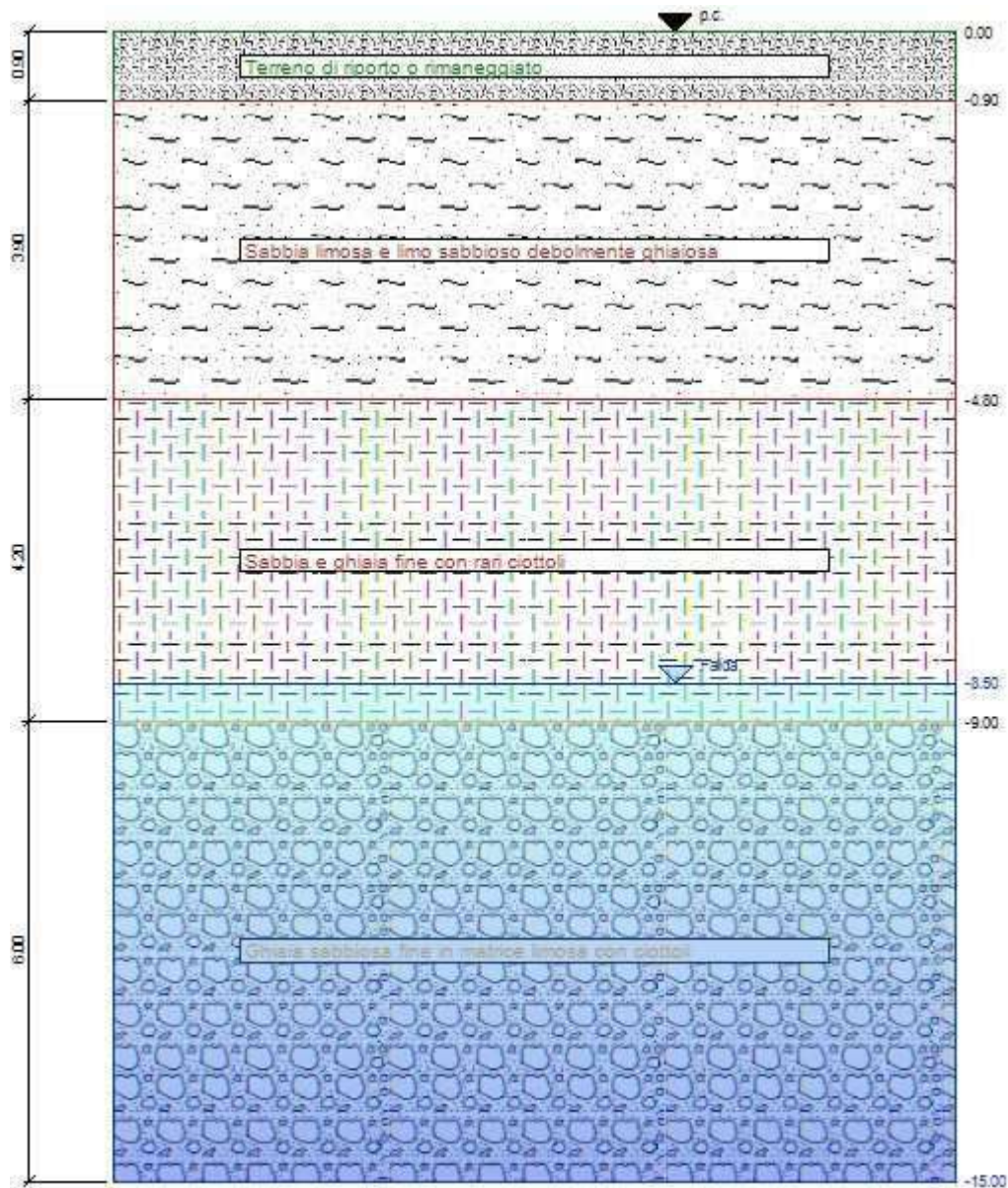


Figura 1.2: Stratigrafia del sito.

Quote [m]	Descrizione litologica	γ [daN/cm ³]	OCR
0.00	Terreno di riporto o rimaneggiato	0.0018	1.00
-0.90	Sabbia limosa e limo sabbioso debolmente ghiaiosa	0.0018	1.00
-4.80	Sabbia e ghiaia fine con rari ciottoli	0.0018	1.00
-9.00	Ghiaia sabbiosa fine in matrice limosa con ciottoli	0.0019	1.00

Tabella 1.1: Stratigrafia del sito.

La tabella seguente riporta l'andamento della tensione totale, della tensione efficace e della pressione idrostatica.

Quote [m]	Tensione totale [daN/cm ²]	Tensione efficace [daN/cm ²]	Pressione neutra [daN/cm ²]
0.00	0.00	0.00	0.00
-0.30	0.05	0.05	0.00
-0.60	0.11	0.11	0.00
-0.90	0.16	0.16	0.00
-1.20	0.22	0.22	0.00
-1.50	0.27	0.27	0.00

-1.80	0.32	0.32	0.00
-2.10	0.38	0.38	0.00
-2.40	0.43	0.43	0.00
-2.70	0.49	0.49	0.00
-3.00	0.54	0.54	0.00
-3.30	0.59	0.59	0.00
-3.60	0.65	0.65	0.00
-3.90	0.70	0.70	0.00
-4.20	0.76	0.76	0.00
-4.50	0.81	0.81	0.00
-4.80	0.86	0.86	0.00
-5.10	0.92	0.92	0.00
-5.40	0.97	0.97	0.00
-5.70	1.03	1.03	0.00
-6.00	1.08	1.08	0.00
-6.30	1.13	1.13	0.00
-6.60	1.19	1.19	0.00
-6.90	1.24	1.24	0.00
-7.20	1.30	1.30	0.00
-7.50	1.35	1.35	0.00
-7.80	1.40	1.40	0.00
-8.10	1.46	1.46	0.00
-8.40	1.51	1.51	0.00
-8.70	1.57	1.55	0.02
-9.00	1.62	1.57	0.05
-9.30	1.68	1.60	0.08
-9.60	1.73	1.63	0.11
-9.90	1.79	1.65	0.14
-10.20	1.85	1.68	0.17
-10.50	1.91	1.71	0.20
-10.80	1.96	1.74	0.23
-11.10	2.02	1.76	0.26
-11.40	2.08	1.79	0.28
-11.70	2.13	1.82	0.31
-12.00	2.19	1.85	0.34
-12.30	2.25	1.87	0.37
-12.60	2.30	1.90	0.40
-12.90	2.36	1.93	0.43
-13.20	2.42	1.96	0.46
-13.50	2.48	1.98	0.49
-13.80	2.53	2.01	0.52
-14.10	2.59	2.04	0.55
-14.40	2.65	2.07	0.58
-14.70	2.70	2.09	0.61

Tabella 1.2: Andamento pressioni.

E' presente una falda tra la quota -8.50 m e la quota -15.00 m.

Dati prova

L'operatore Davide ha infisso per battitura un penetrometro di tipo AGI-Meardi le cui caratteristiche sono:

- Massa cono: 73 kg
- Altezza di caduta: 75 cm
- Area base punta conica: 20,27 cm²
- Diametro base punta conica: 5,08 cm
- Lunghezza cilindro: 2,91 cm
- Altezza cono: 4,4 cm
- Massa aste: 4,6±0,5 kg/m
- Diametro aste: 3,7 cm

Sono stati eseguiti 100 sondaggi nel terreno, i cui risultati, relativi al numero di colpi Ndp per la penetrazione di ciascun tratto, sono riportati nella tabella sottostante.

Quota [m]	Ndp	Uc
0.00	32	2
-0.30	32	0
-0.30	19	0
-0.60	19	0
-0.60	5	0
-0.90	5	0
-0.90	3	0
-1.20	3	0
-1.20	2	0
-1.50	2	0
-1.50	3	0
-1.80	3	0
-1.80	8	0
-2.10	8	0
-2.10	5	0
-2.40	5	0
-2.40	6	0
-2.70	6	0
-2.70	6	0
-3.00	6	0
-3.00	6	0
-3.30	6	0
-3.30	8	0
-3.60	8	0
-3.60	7	0
-3.90	7	0
-3.90	6	0
-4.20	6	0
-4.20	5	0
-4.50	5	0
-4.50	7	0
-4.80	7	0
-4.80	11	0
-5.10	11	0
-5.10	12	0
-5.40	12	0
-5.40	12	0
-5.70	12	0
-5.70	14	0
-6.00	14	0

-6.00	11	0
-6.30	11	0
-6.30	5	0
-6.60	5	0
-6.60	6	0
-6.90	6	0
-6.90	10	0
-7.20	10	0
-7.20	10	0
-7.50	10	0
-7.50	11	0
-7.80	11	0
-7.80	14	0
-8.10	14	0
-8.10	10	0
-8.40	10	0
-8.40	9	0
-8.70	9	0
-8.70	9	0
-9.00	9	0
-9.00	16	0
-9.30	16	0
-9.30	15	0
-9.60	15	0
-9.60	14	0
-9.90	14	0
-9.90	14	0
-10.20	14	0
-10.20	17	0
-10.50	17	0
-10.50	16	0
-10.80	16	0
-10.80	18	0
-11.10	18	0
-11.10	18	0
-11.40	18	0
-11.40	22	0
-11.70	22	0
-11.70	20	0
-12.00	20	0
-12.00	21	0
-12.30	21	0
-12.30	17	0
-12.60	17	0
-12.60	19	0
-12.90	19	0
-12.90	28	0
-13.20	28	0
-13.20	25	0
-13.50	25	0
-13.50	29	0
-13.80	29	0

-13.80	19	0
-14.10	19	0
-14.10	19	0
-14.40	19	0
-14.40	23	0
-14.70	23	0
-14.70	24	0
-15.00	24	0

Tabella 1.3: dati del sondaggio.

Risultati

Di seguito sono riportati i parametri del terreno ricavati dai calcoli eseguiti.

DENSITA' RELATIVA D_r

La densità relativa è stata calcolata con:

- Skempton (1986)
- Gibbs e Holts (1957)
- Schultze & Mezembach (1961))

DENSITA' RELATIVA [%]				
Quota [m]	Skempton	Gibs & Holts	Schultze & Mezembach	Media
0.00	0	0	0	0
-0.30	0	0	0	0
-0.60	0	0	0	0
-0.90	0	0	0	0
-1.20	48	49	50	49
-1.50	37	38	39	38
-1.80	42	46	45	44
-2.10	65	71	70	69
-2.40	49	57	54	53
-2.70	51	60	57	56
-3.00	49	59	55	54
-3.30	47	58	54	53
-3.60	52	65	60	59
-3.90	47	60	55	54
-4.20	42	55	51	49
-4.50	37	50	45	44
-4.80	43	57	53	51
-5.10	52	69	64	62
-5.40	53	70	66	63
-5.70	52	70	65	62
-6.00	54	73	69	65
-6.30	47	65	61	58
-6.60	31	45	41	39
-6.90	33	48	44	42
-7.20	42	60	56	53
-7.50	41	60	55	52
-7.80	42	62	57	54
-8.10	46	68	64	59

-8.40	39	58	54	50
-8.70	36	54	51	47
-9.00	31	46	44	40
-9.30	40	60	57	52
-9.60	39	58	55	51
-9.90	37	55	53	48
-10.20	37	54	53	48
-10.50	40	59	58	52
-10.80	39	57	56	51
-11.10	41	59	59	53
-11.40	40	59	59	53
-11.70	44	63	64	57
-12.00	42	60	61	54
-12.30	42	61	62	55
-12.60	38	55	56	50
-12.90	40	57	59	52
-13.20	48	67	71	62
-13.50	45	64	67	59
-13.80	48	67	71	62
-14.10	38	55	58	50
-14.40	38	55	58	50
-14.70	42	59	63	55

Risultati Densità Relativa per la prova D.P. [%]

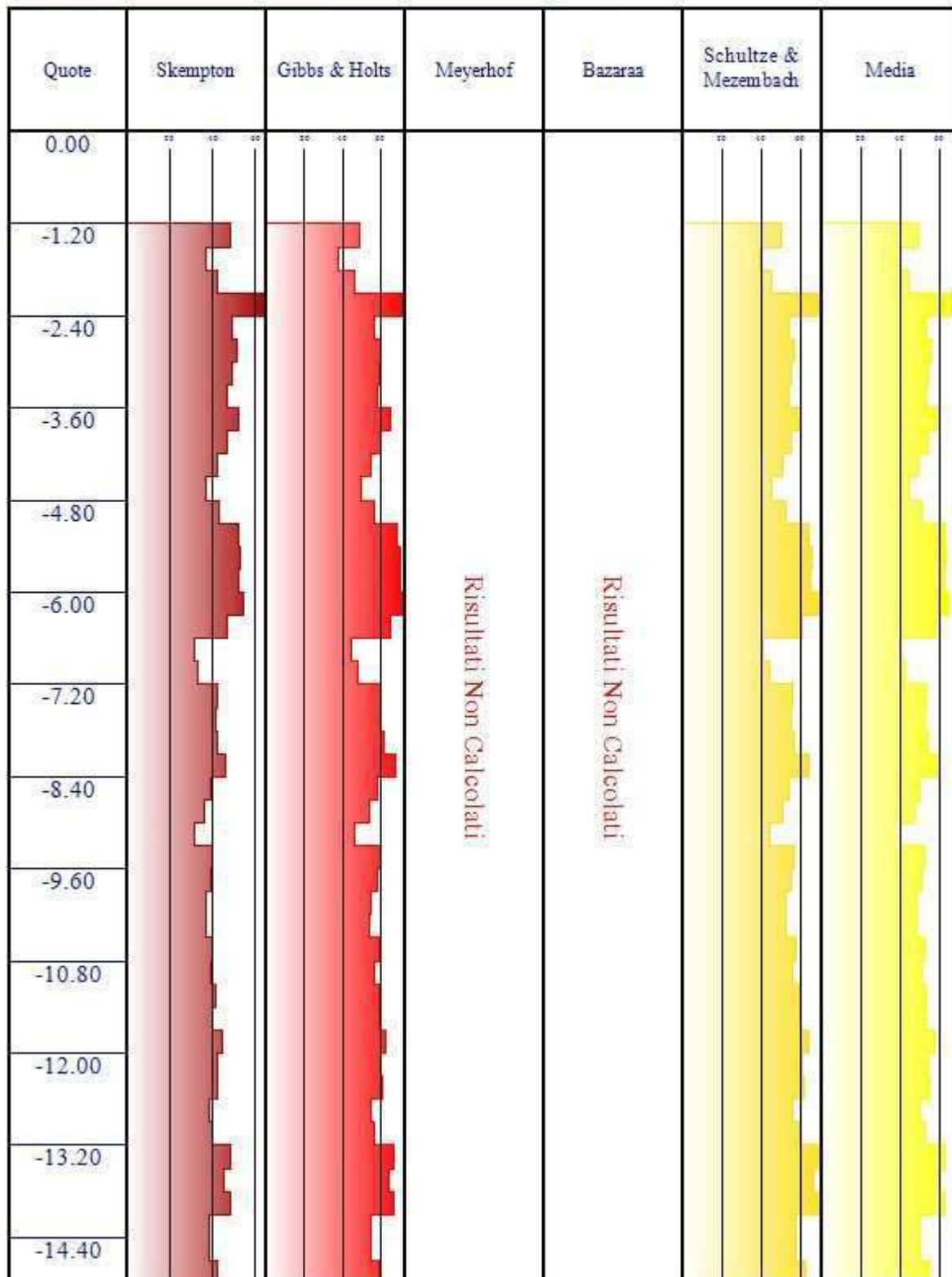


Tabella 1.4: risultati del calcolo per la Densità relativa.

ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO ϕ_i

L'angolo di resistenza al taglio è stato calcolato con:

- Peck, Hansen e Thorburn (1974) - [PHT]

- Meyerhof (1965) (<5% limo) - [M<5]
- Meyerhof (1965) (>5% limo) - [M>5]
- Schmertmann (1975) - [S75]
- Schmertmann (1978) - [S78]

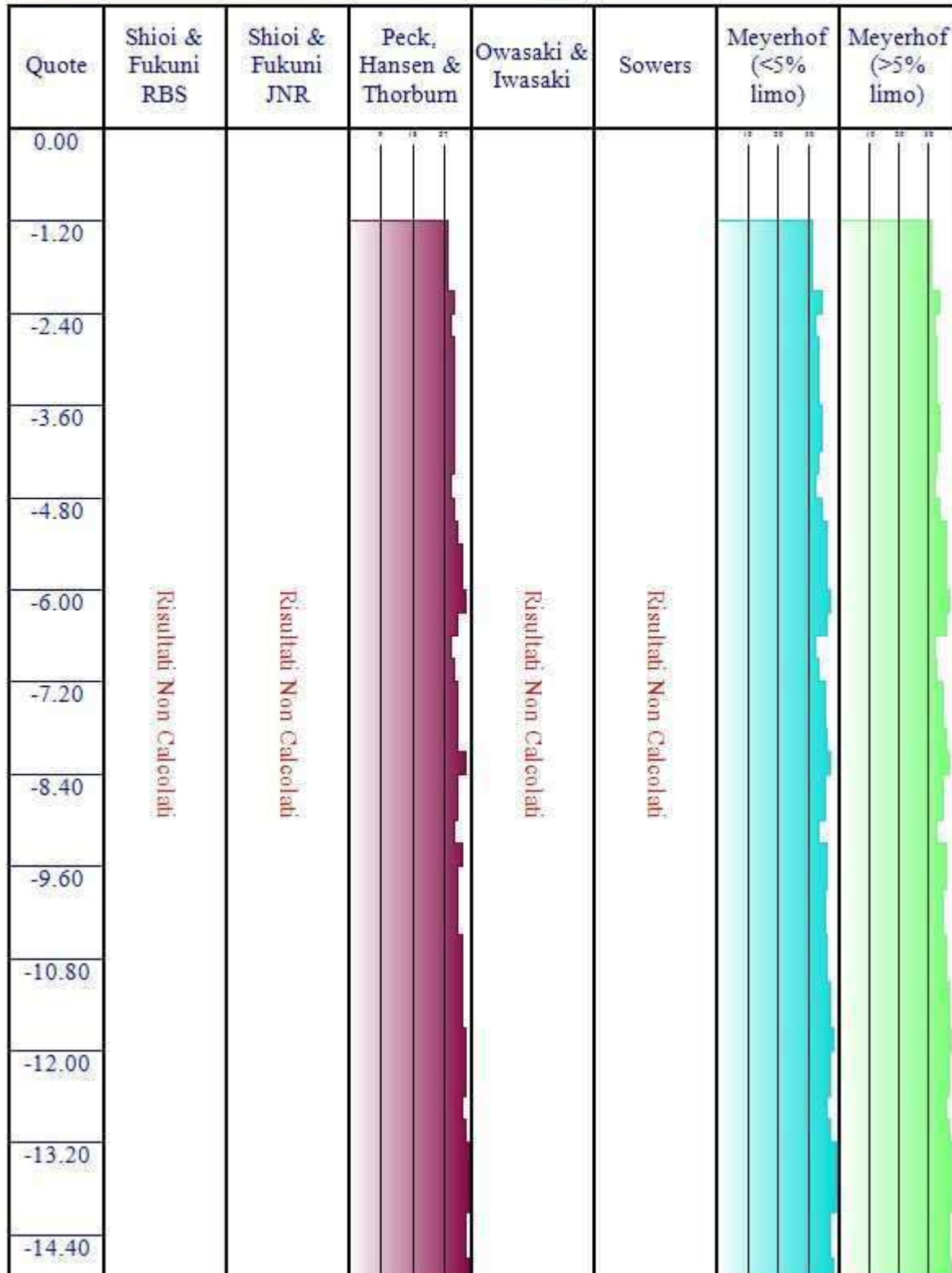
ANGOLO DI RESITENZA AL TAGLIO [°] - Tabella 1 -			
Quota [m]	PHT	M<5	M>5
0.00	0	0	0
-0.30	0	0	0
-0.60	0	0	0
-0.90	0	0	0
-1.20	28	31	26
-1.50	28	31	25
-1.80	28	31	26
-2.10	30	34	29
-2.40	29	32	27
-2.70	30	33	28
-3.00	30	33	28
-3.30	30	33	28
-3.60	30	34	29
-3.90	30	34	29
-4.20	30	33	28
-4.50	29	32	27
-4.80	30	34	29
-5.10	31	36	31
-5.40	32	36	32
-5.70	32	36	32
-6.00	33	37	33
-6.30	31	36	31
-6.60	29	32	27
-6.90	30	33	28
-7.20	31	35	30
-7.50	31	35	30
-7.80	31	36	31
-8.10	33	37	33
-8.40	31	35	30
-8.70	31	35	30
-9.00	30	33	28
-9.30	32	36	31
-9.60	31	36	31
-9.90	31	35	31
-10.20	31	35	31
-10.50	32	36	32
-10.80	32	36	31
-11.10	32	37	32
-11.40	32	37	32
-11.70	33	38	33
-12.00	33	37	33
-12.30	33	37	33
-12.60	32	36	32
-12.90	33	37	32
-13.20	35	39	35

-13.50	34	39	34
-13.80	35	40	35
-14.10	33	37	32
-14.40	33	37	32
-14.70	34	38	34

ANGOLO DI RESITENZA AL TAGLIO [°] - Tabella 2 -			
Quota [m]	S75	S78	Media
0.00	0	0	0
-0.30	0	0	0
-0.60	0	0	0
-0.90	0	0	0
-1.20	32	36	31
-1.50	28	35	29
-1.80	31	36	30
-2.10	39	38	34
-2.40	35	36	32
-2.70	36	37	33
-3.00	35	36	32
-3.30	35	36	32
-3.60	37	37	33
-3.90	35	36	33
-4.20	34	36	32
-4.50	32	35	31
-4.80	34	39	33
-5.10	38	40	35
-5.40	39	40	36
-5.70	38	40	36
-6.00	40	40	37
-6.30	37	39	35
-6.60	30	38	31
-6.90	31	38	32
-7.20	35	39	34
-7.50	35	39	34
-7.80	36	39	35
-8.10	38	39	36
-8.40	34	38	34
-8.70	33	38	33
-9.00	30	40	32
-9.30	35	41	35
-9.60	35	41	35
-9.90	34	41	34
-10.20	34	41	34
-10.50	35	41	35
-10.80	35	41	35
-11.10	36	41	36
-11.40	36	41	36
-11.70	37	42	37
-12.00	36	41	36
-12.30	37	41	36
-12.60	35	41	35
-12.90	36	41	36

-13.20	39	42	38
-13.50	38	42	37
-13.80	39	42	38
-14.10	35	41	36
-14.40	35	41	36
-14.70	37	41	37

Risultati Angolo di Attrito per la prova D.P. [gradi]



Risultati Angolo di Attrito per la prova D.P. [gradi]

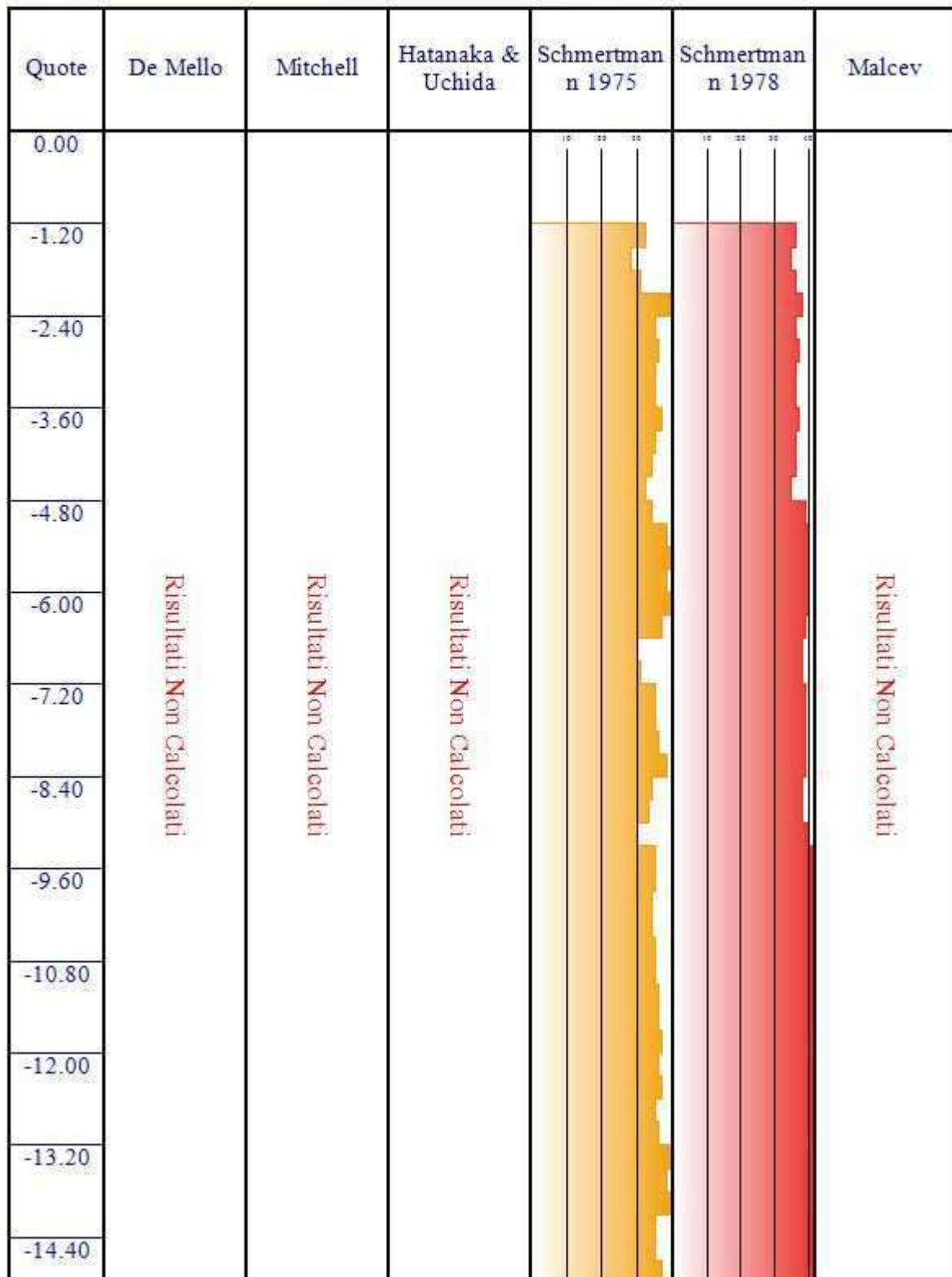


Tabella 1.5: risultati del calcolo per l'Angolo di Resistenza al taglio.

MODULO ELASTICO E

Il modulo elastico è stato calcolato con:

- Burland e Burbidge (1985)

- Schmertmann (1978)
- Schultze & Mezembach ()

MODULO ELASTICO [daN/cmq] - Tabella 1 -		
Quota [m]	Burland & Burbridge	Schmertmann
0.00	0 - 0	0
-0.30	0 - 0	0
-0.60	0 - 0	0
-0.90	0 - 0	0
-1.20	68 - 101	33
-1.50	0 - 0	22
-1.80	68 - 101	33
-2.10	254 - 393	87
-2.40	132 - 201	55
-2.70	170 - 261	66
-3.00	170 - 261	66
-3.30	170 - 261	66
-3.60	254 - 393	87
-3.90	212 - 327	76
-4.20	170 - 261	66
-4.50	132 - 201	55
-4.80	212 - 327	191
-5.10	398 - 610	300
-5.40	451 - 691	328
-5.70	451 - 691	328
-6.00	567 - 866	382
-6.30	398 - 610	300
-6.60	132 - 201	137
-6.90	170 - 261	164
-7.20	347 - 533	273
-7.50	347 - 533	273
-7.80	398 - 610	300
-8.10	567 - 866	382
-8.40	347 - 533	273
-8.70	299 - 461	246
-9.00	193 - 297	179
-9.30	433 - 664	319
-9.60	395 - 605	299
-9.90	357 - 549	279
-10.20	357 - 549	279
-10.50	473 - 724	338
-10.80	433 - 664	319
-11.10	515 - 787	358
-11.40	515 - 787	358
-11.70	698 - 1 062	438
-12.00	603 - 920	398
-12.30	650 - 990	418
-12.60	473 - 724	338
-12.90	559 - 853	378
-13.20	1 018 - 1 542	557
-13.50	851 - 1 292	498
-13.80	1 077 - 1 630	577

-14.10	559 - 853	378
-14.40	559 - 853	378
-14.70	747 - 1 136	458

MODULO ELASTICO [daN/cmq] - Tabella 2 -		
Quota [m]	Schultze & Mezembach	Media
0.00	0	0
-0.30	0	0
-0.60	0	0
-0.90	0	0
-1.20	0	58
-1.50	0	22
-1.80	0	58
-2.10	0	206
-2.40	0	110
-2.70	0	141
-3.00	0	141
-3.30	0	141
-3.60	0	206
-3.90	0	173
-4.20	0	141
-4.50	0	110
-4.80	0	230
-5.10	0	402
-5.40	0	450
-5.70	0	450
-6.00	0	549
-6.30	0	402
-6.60	0	152
-6.90	0	190
-7.20	0	356
-7.50	0	356
-7.80	0	402
-8.10	0	549
-8.40	0	356
-8.70	139	255
-9.00	122	182
-9.30	158	342
-9.60	153	317
-9.90	148	293
-10.20	148	293
-10.50	164	367
-10.80	158	342
-11.10	169	393
-11.40	169	393
-11.70	190	503
-12.00	179	446
-12.30	185	474
-12.60	164	367
-12.90	174	419
-13.20	221	686
-13.50	206	592

-13.80	227	719
-14.10	174	419
-14.40	174	419
-14.70	195	532

Risultati Modulo Elastico per la prova D.P. [daN/cm²]

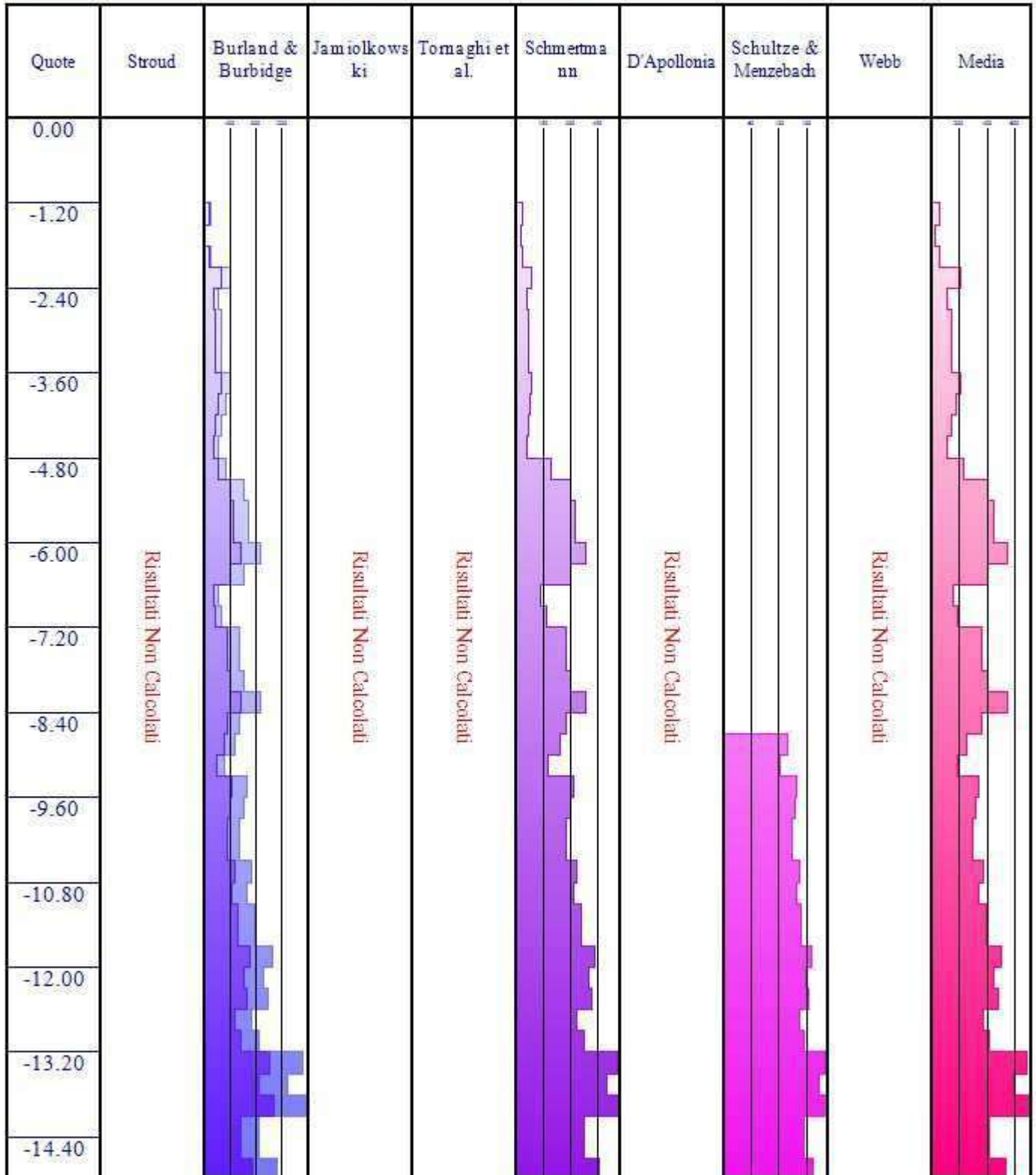


Tabella 1.6: risultati del calcolo per il Modulo Elastico.



Impresa: Fusina Srl	
Committente: Te.A. Consulting Srl	
Località: via Vanzago - Pregnana Milanese	Data: lunedì 7 luglio 2025
Prova: N°2	Posizione: x,y
Strumento: DPSH	Operatore: Davide
Quota inizio foro: 0.70	Quota p.c.: 0.00



Software: IS GeoStrati
di CDM Dolmen e omnia IS srl, Via Drovetti 9/F, 10138 Torino - 011.4470755 - www.omniais.it

Relazione di calcolo per la prova penetrometrica dinamica continua (D.P.)

In data lunedì 7 luglio 2025, in località via Vanzago - Pregnana Milanese MI, l'impresa Fusina Srl per conto del committente Te.A. Consulting Srl, ha eseguito una prova penetrometrica dinamica continua D.P.

Il dispositivo utilizzato per eseguire il sondaggio ha caratteristiche rappresentate dal modello in Figura 1.1

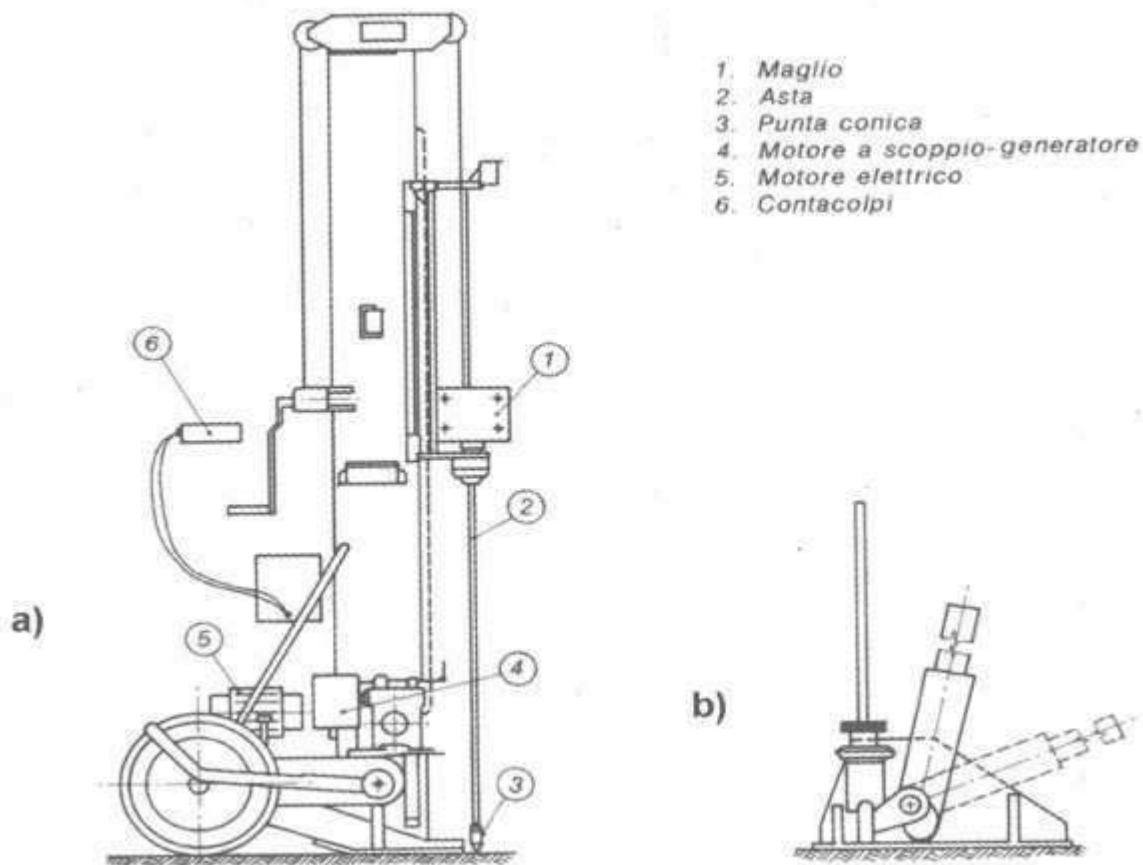


Figura 1.1: Schema dell'attrezzatura tipo per la prova Penetrometrica Dinamica Continua (D.P.).

Stratigrafia

La stratigrafia del sito è caratterizzata da 4 strati aventi le litologie raffigurate nelle immagini sottostanti (Figura 1.2 e Tabella 1.1).

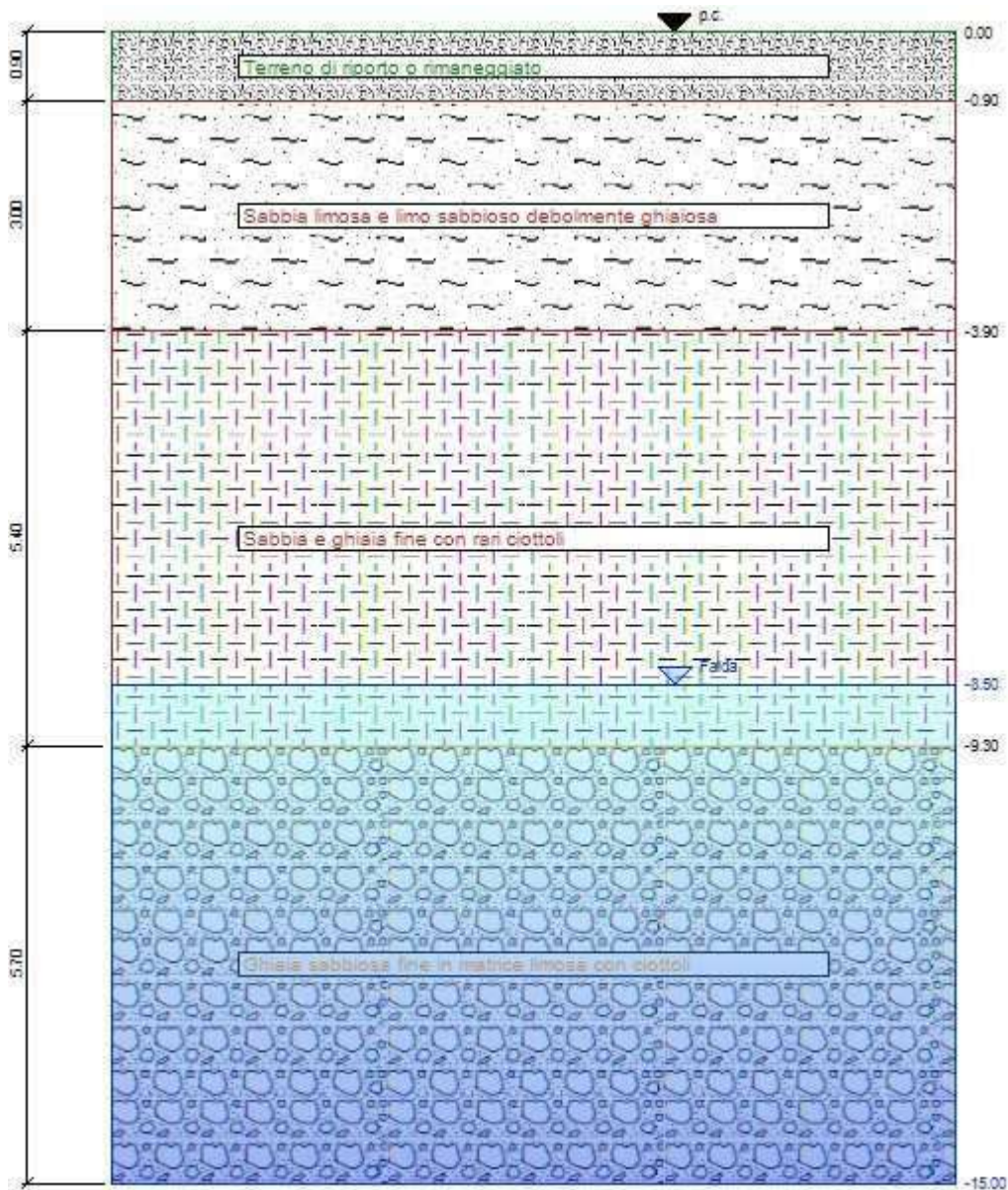


Figura 1.2: Stratigrafia del sito.

Quote [m]	Descrizione litologica	γ [daN/cm ³]	OCR
0.00	Terreno di riporto o rimaneggiato	0.0018	1.00
-0.90	Sabbia limosa e limo sabbioso debolmente ghiaiosa	0.0018	1.00
-3.90	Sabbia e ghiaia fine con rari ciottoli	0.0018	1.00
-9.30	Ghiaia sabbiosa fine in matrice limosa con ciottoli	0.0019	1.00

Tabella 1.1: Stratigrafia del sito.

La tabella seguente riporta l'andamento della tensione totale, della tensione efficace e della pressione idrostatica.

Quote [m]	Tensione totale [daN/cm ²]	Tensione efficace [daN/cm ²]	Pressione neutra [daN/cm ²]
0.00	0.00	0.00	0.00
-0.30	0.05	0.05	0.00
-0.60	0.11	0.11	0.00
-0.90	0.16	0.16	0.00
-1.20	0.22	0.22	0.00
-1.50	0.27	0.27	0.00

-1.80	0.32	0.32	0.00
-2.10	0.38	0.38	0.00
-2.40	0.43	0.43	0.00
-2.70	0.49	0.49	0.00
-3.00	0.54	0.54	0.00
-3.30	0.59	0.59	0.00
-3.60	0.65	0.65	0.00
-3.90	0.70	0.70	0.00
-4.20	0.76	0.76	0.00
-4.50	0.81	0.81	0.00
-4.80	0.86	0.86	0.00
-5.10	0.92	0.92	0.00
-5.40	0.97	0.97	0.00
-5.70	1.03	1.03	0.00
-6.00	1.08	1.08	0.00
-6.30	1.13	1.13	0.00
-6.60	1.19	1.19	0.00
-6.90	1.24	1.24	0.00
-7.20	1.30	1.30	0.00
-7.50	1.35	1.35	0.00
-7.80	1.40	1.40	0.00
-8.10	1.46	1.46	0.00
-8.40	1.51	1.51	0.00
-8.70	1.57	1.55	0.02
-9.00	1.62	1.57	0.05
-9.30	1.67	1.60	0.08
-9.60	1.73	1.62	0.11
-9.90	1.79	1.65	0.14
-10.20	1.85	1.68	0.17
-10.50	1.90	1.71	0.20
-10.80	1.96	1.73	0.23
-11.10	2.02	1.76	0.26
-11.40	2.07	1.79	0.28
-11.70	2.13	1.82	0.31
-12.00	2.19	1.84	0.34
-12.30	2.24	1.87	0.37
-12.60	2.30	1.90	0.40
-12.90	2.36	1.93	0.43
-13.20	2.42	1.95	0.46
-13.50	2.47	1.98	0.49
-13.80	2.53	2.01	0.52
-14.10	2.59	2.04	0.55
-14.40	2.64	2.06	0.58
-14.70	2.70	2.09	0.61

Tabella 1.2: Andamento pressioni.

E' presente una falda tra la quota -8.50 m e la quota -15.00 m.

Dati prova

L'operatore Davide ha infisso per battitura un penetrometro di tipo AGI-Meardi le cui caratteristiche sono:

- Massa cono: 73 kg
- Altezza di caduta: 75 cm
- Area base punta conica: 20,27 cm²
- Diametro base punta conica: 5,08 cm
- Lunghezza cilindro: 2,91 cm
- Altezza cono: 4,4 cm
- Massa aste: 4,6±0,5 kg/m
- Diametro aste: 3,7 cm

Sono stati eseguiti 100 sondaggi nel terreno, i cui risultati, relativi al numero di colpi Ndp per la penetrazione di ciascun tratto, sono riportati nella tabella sottostante.

Quota [m]	Ndp	Uc
0.00	36	2
-0.30	36	0
-0.30	7	0
-0.60	7	0
-0.60	18	0
-0.90	18	0
-0.90	6	0
-1.20	6	0
-1.20	6	0
-1.50	6	0
-1.50	4	0
-1.80	4	0
-1.80	5	0
-2.10	5	0
-2.10	4	0
-2.40	4	0
-2.40	4	0
-2.70	4	0
-2.70	5	0
-3.00	5	0
-3.00	3	0
-3.30	3	0
-3.30	4	0
-3.60	4	0
-3.60	8	0
-3.90	8	0
-3.90	12	0
-4.20	12	0
-4.20	14	0
-4.50	14	0
-4.50	10	0
-4.80	10	0
-4.80	10	0
-5.10	10	0
-5.10	13	0
-5.40	13	0
-5.40	16	0
-5.70	16	0
-5.70	15	0
-6.00	15	0

-6.00	12	0
-6.30	12	0
-6.30	8	0
-6.60	8	0
-6.60	6	0
-6.90	6	0
-6.90	7	0
-7.20	7	0
-7.20	12	0
-7.50	12	0
-7.50	15	0
-7.80	15	0
-7.80	15	0
-8.10	15	0
-8.10	10	0
-8.40	10	0
-8.40	11	0
-8.70	11	0
-8.70	10	0
-9.00	10	0
-9.00	12	0
-9.30	12	0
-9.30	15	0
-9.60	15	0
-9.60	17	0
-9.90	17	0
-9.90	15	0
-10.20	15	0
-10.20	18	0
-10.50	18	0
-10.50	19	0
-10.80	19	0
-10.80	22	0
-11.10	22	0
-11.10	19	0
-11.40	19	0
-11.40	17	0
-11.70	17	0
-11.70	27	0
-12.00	27	0
-12.00	20	0
-12.30	20	0
-12.30	24	0
-12.60	24	0
-12.60	26	0
-12.90	26	0
-12.90	20	0
-13.20	20	0
-13.20	20	0
-13.50	20	0
-13.50	33	0
-13.80	33	0

-13.80	30	0
-14.10	30	0
-14.10	18	0
-14.40	18	0
-14.40	25	0
-14.70	25	0
-14.70	29	0
-15.00	29	0

Tabella 1.3: dati del sondaggio.

Risultati

Di seguito sono riportati i parametri del terreno ricavati dai calcoli eseguiti.

DENSITA' RELATIVA D_r

La densità relativa è stata calcolata con:

- Skempton (1986)
- Gibbs e Holts (1957)
- Schultze & Mezembach (1961))

DENSITA' RELATIVA [%]				
Quota [m]	Skempton	Gibs & Holts	Schultze & Mezembach	Media
0.00	0	0	0	0
-0.30	0	0	0	0
-0.60	0	0	0	0
-0.90	0	0	0	0
-1.20	68	67	70	68
-1.50	63	65	66	65
-1.80	48	53	52	51
-2.10	51	58	56	55
-2.40	43	51	48	47
-2.70	41	50	47	46
-3.00	44	55	51	50
-3.30	33	41	39	38
-3.60	37	47	43	42
-3.90	50	64	59	58
-4.20	59	74	70	68
-4.50	62	78	74	71
-4.80	51	67	62	60
-5.10	50	66	61	59
-5.40	55	73	68	65
-5.70	59	78	75	71
-6.00	56	75	71	67
-6.30	49	68	63	60
-6.60	39	56	52	49
-6.90	33	48	44	42
-7.20	35	51	47	44
-7.50	45	65	60	57
-7.80	49	70	67	62
-8.10	48	70	66	61

-8.40	39	58	54	50
-8.70	40	60	56	52
-9.00	38	56	53	49
-9.30	41	61	58	53
-9.60	39	58	55	51
-9.90	41	60	58	53
-10.20	38	56	55	50
-10.50	41	60	59	53
-10.80	42	61	61	55
-11.10	45	65	65	58
-11.40	41	60	60	54
-11.70	39	57	57	51
-12.00	48	69	71	63
-12.30	41	60	61	54
-12.60	45	64	66	58
-12.90	46	66	69	60
-13.20	40	58	60	53
-13.50	40	58	60	53
-13.80	51	71	76	66
-14.10	48	68	72	63
-14.40	37	54	56	49
-14.70	43	62	66	57

Risultati Densità Relativa per la prova D.P. [%]

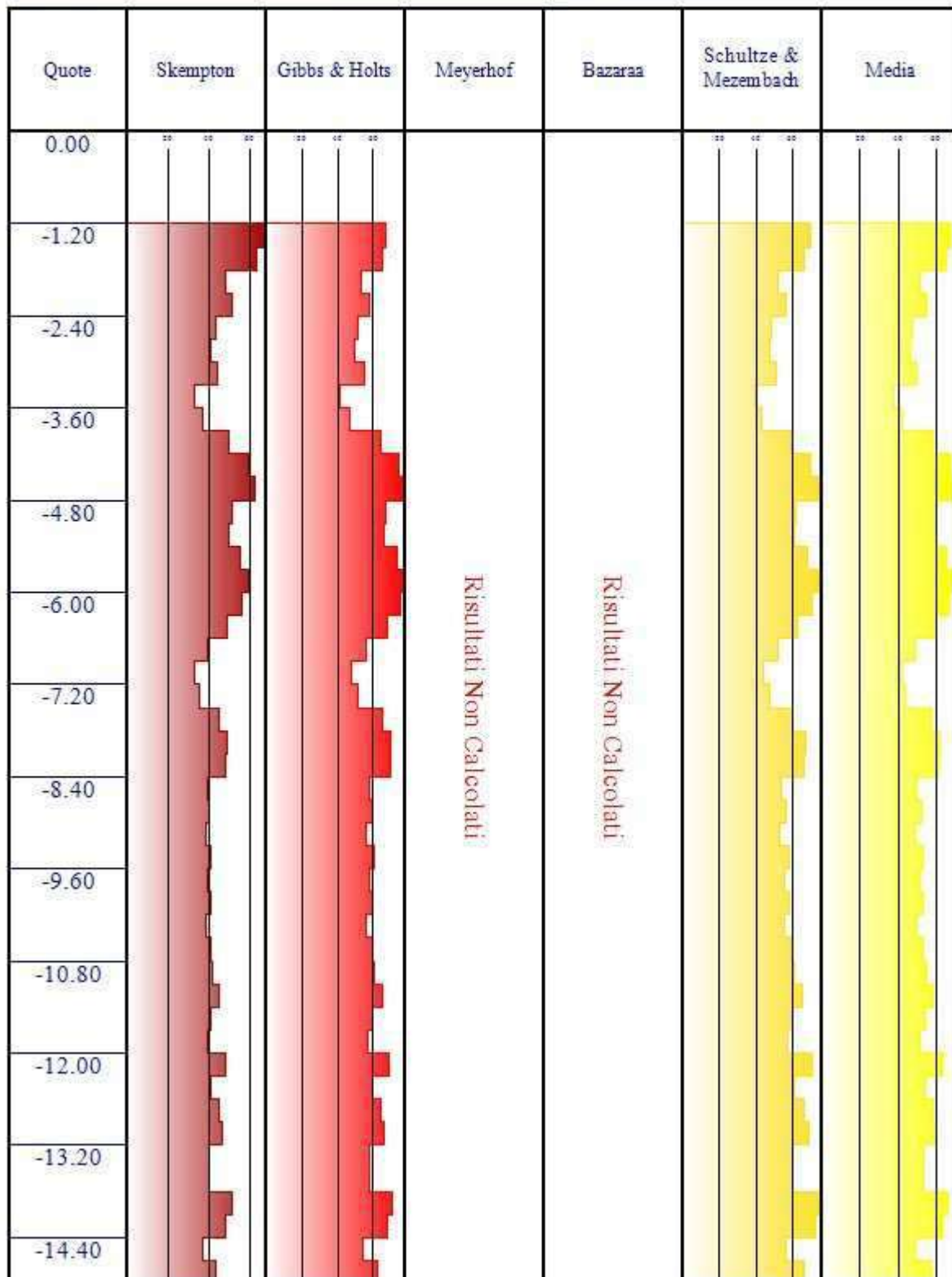


Tabella 1.4: risultati del calcolo per la Densità relativa.

ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO ϕ_i

L'angolo di resistenza al taglio è stato calcolato con:

- Peck, Hansen e Thorburn (1974) - [PHT]

- Meyerhof (1965) (<5% limo) - [M<5]
- Meyerhof (1965) (>5% limo) - [M>5]
- Schmertmann (1975) - [S75]
- Schmertmann (1978) - [S78]

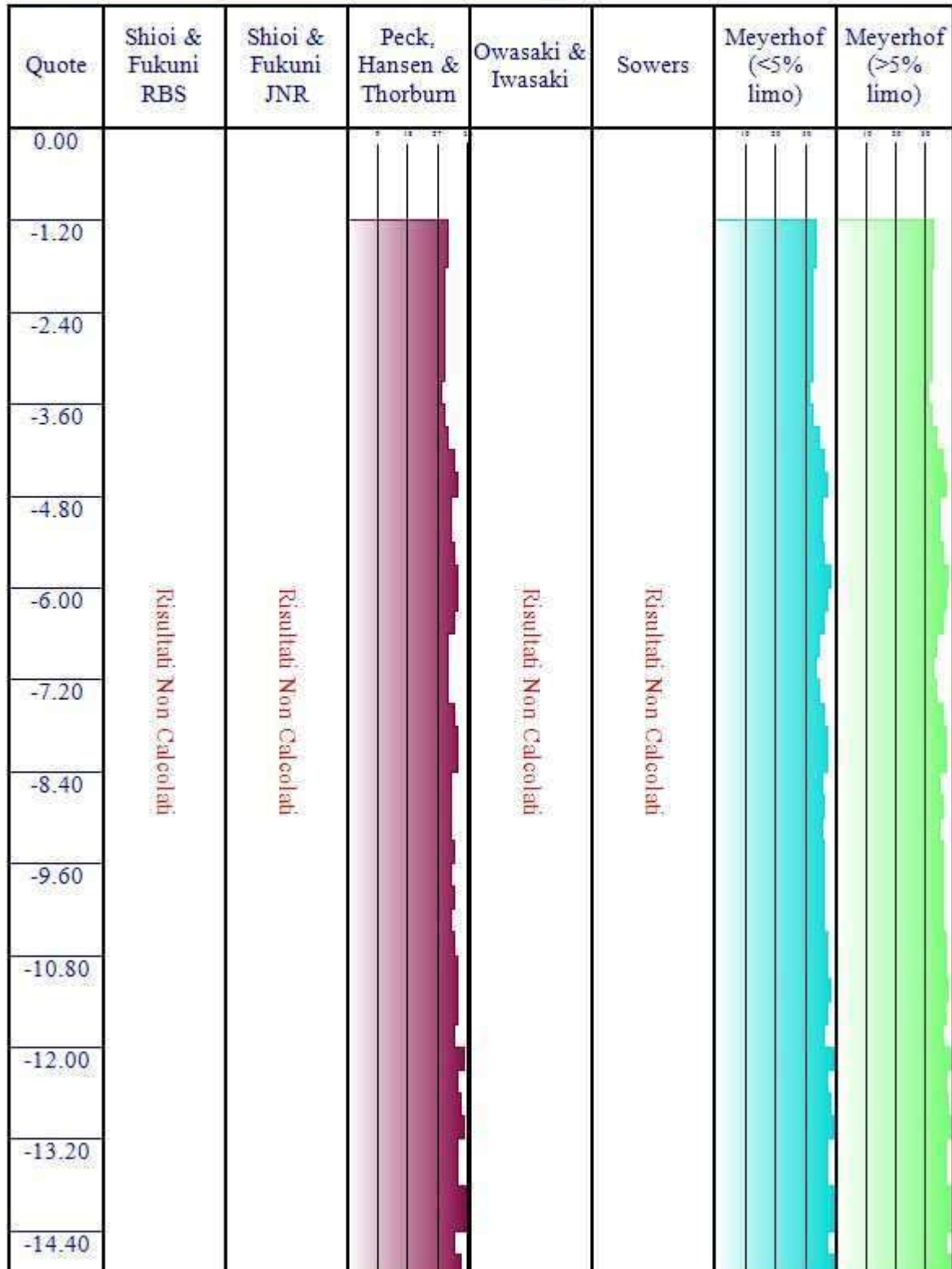
ANGOLO DI RESITENZA AL TAGLIO [°] - Tabella 1 -			
Quota [m]	PHT	M<5	M>5
0.00	0	0	0
-0.30	0	0	0
-0.60	0	0	0
-0.90	0	0	0
-1.20	30	33	28
-1.50	30	33	28
-1.80	29	32	27
-2.10	29	32	27
-2.40	29	32	27
-2.70	29	32	27
-3.00	29	32	27
-3.30	28	31	26
-3.60	29	32	27
-3.90	30	34	29
-4.20	32	36	32
-4.50	33	37	33
-4.80	31	35	30
-5.10	31	35	30
-5.40	32	36	32
-5.70	33	38	33
-6.00	33	37	33
-6.30	32	36	32
-6.60	30	34	29
-6.90	30	33	28
-7.20	30	34	29
-7.50	32	36	32
-7.80	33	37	33
-8.10	33	37	33
-8.40	31	35	30
-8.70	31	36	31
-9.00	31	35	30
-9.30	32	36	32
-9.60	31	36	31
-9.90	32	36	32
-10.20	31	36	31
-10.50	32	37	32
-10.80	33	37	32
-11.10	33	38	33
-11.40	33	37	32
-11.70	32	36	32
-12.00	35	39	35
-12.30	33	37	33
-12.60	34	38	34
-12.90	35	39	35
-13.20	33	37	33

-13.50	33	37	33
-13.80	37	40	36
-14.10	36	40	35
-14.40	32	37	32
-14.70	34	39	34

ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO [°] - Tabella 2 -			
Quota [m]	S75	S78	Media
0.00	0	0	0
-0.30	0	0	0
-0.60	0	0	0
-0.90	0	0	0
-1.20	38	38	33
-1.50	38	38	33
-1.80	33	36	31
-2.10	35	37	32
-2.40	33	36	31
-2.70	32	36	31
-3.00	34	36	32
-3.30	29	35	30
-3.60	31	35	31
-3.90	37	40	34
-4.20	40	40	36
-4.50	41	41	37
-4.80	38	40	35
-5.10	37	40	35
-5.40	40	40	36
-5.70	41	40	37
-6.00	40	40	37
-6.30	38	39	35
-6.60	34	38	33
-6.90	31	38	32
-7.20	32	38	33
-7.50	37	39	35
-7.80	39	39	36
-8.10	38	39	36
-8.40	34	38	34
-8.70	35	38	34
-9.00	34	38	34
-9.30	36	39	35
-9.60	35	41	35
-9.90	36	41	35
-10.20	34	41	35
-10.50	36	41	36
-10.80	36	41	36
-11.10	38	42	37
-11.40	36	41	36
-11.70	35	41	35
-12.00	39	42	38
-12.30	36	41	36
-12.60	38	42	37
-12.90	39	42	38

-13.20	36	41	36
-13.50	36	41	36
-13.80	41	42	39
-14.10	40	42	39
-14.40	35	41	35
-14.70	38	41	37

Risultati Angolo di Attrito per la prova D.P. [gradi]



Risultati Angolo di Attrito per la prova D.P. [gradi]

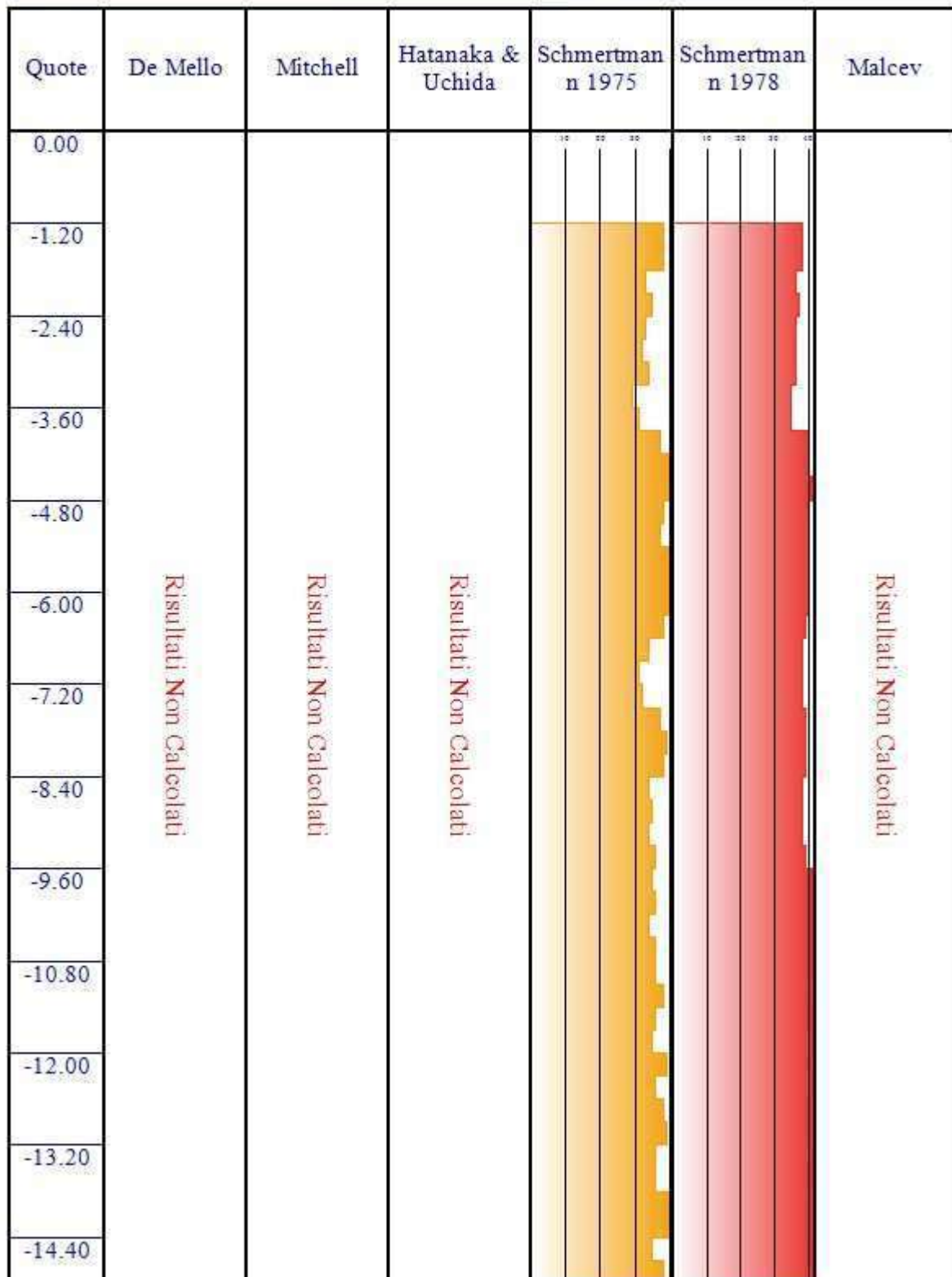


Tabella 1.5: risultati del calcolo per l'Angolo di Resistenza al taglio.

MODULO ELASTICO E

Il modulo elastico è stato calcolato con:

- Burland e Burbidge (1985)

- Schmertmann (1978)
- Schultze & Mezembach ()

MODULO ELASTICO [daN/cmq] - Tabella 1 -		
Quota [m]	Burland & Burbridge	Schmertmann
0.00	0 - 0	0
-0.30	0 - 0	0
-0.60	0 - 0	0
-0.90	0 - 0	0
-1.20	170 - 261	66
-1.50	170 - 261	66
-1.80	98 - 148	44
-2.10	132 - 201	55
-2.40	98 - 148	44
-2.70	98 - 148	44
-3.00	132 - 201	55
-3.30	68 - 101	33
-3.60	98 - 148	44
-3.90	254 - 393	218
-4.20	451 - 691	328
-4.50	567 - 866	382
-4.80	347 - 533	273
-5.10	347 - 533	273
-5.40	508 - 776	355
-5.70	695 - 1 058	437
-6.00	630 - 960	410
-6.30	451 - 691	328
-6.60	254 - 393	218
-6.90	170 - 261	164
-7.20	212 - 327	191
-7.50	451 - 691	328
-7.80	630 - 960	410
-8.10	630 - 960	410
-8.40	347 - 533	273
-8.70	398 - 610	300
-9.00	347 - 533	273
-9.30	451 - 691	328
-9.60	395 - 605	299
-9.90	473 - 724	338
-10.20	395 - 605	299
-10.50	515 - 787	358
-10.80	559 - 853	378
-11.10	698 - 1 062	438
-11.40	559 - 853	378
-11.70	473 - 724	338
-12.00	961 - 1 456	538
-12.30	603 - 920	398
-12.60	798 - 1 213	478
-12.90	905 - 1 373	518
-13.20	603 - 920	398
-13.50	603 - 920	398
-13.80	1 274 - 1 930	657

-14.10	1 131 - 1 712	597
-14.40	515 - 787	358
-14.70	851 - 1 292	498

MODULO ELASTICO [daN/cmq] - Tabella 2 -		
Quota [m]	Schultze & Mezembach	Media
0.00	0	0
-0.30	0	0
-0.60	0	0
-0.90	0	0
-1.20	0	141
-1.50	0	141
-1.80	0	84
-2.10	0	110
-2.40	0	84
-2.70	0	84
-3.00	0	110
-3.30	0	58
-3.60	0	84
-3.90	0	271
-4.20	0	450
-4.50	0	549
-4.80	0	356
-5.10	0	356
-5.40	0	498
-5.70	0	656
-6.00	0	602
-6.30	0	450
-6.60	0	271
-6.90	0	190
-7.20	0	230
-7.50	0	450
-7.80	0	602
-8.10	0	602
-8.40	0	356
-8.70	154	319
-9.00	146	286
-9.30	161	353
-9.60	153	317
-9.90	164	367
-10.20	153	317
-10.50	169	393
-10.80	174	419
-11.10	190	503
-11.40	174	419
-11.70	164	367
-12.00	216	654
-12.30	179	446
-12.60	200	561
-12.90	211	623
-13.20	179	446
-13.50	179	446

-13.80	248	836
-14.10	232	750
-14.40	169	393
-14.70	206	592

Risultati Modulo Elastico per la prova D.P. [daN/cm²]

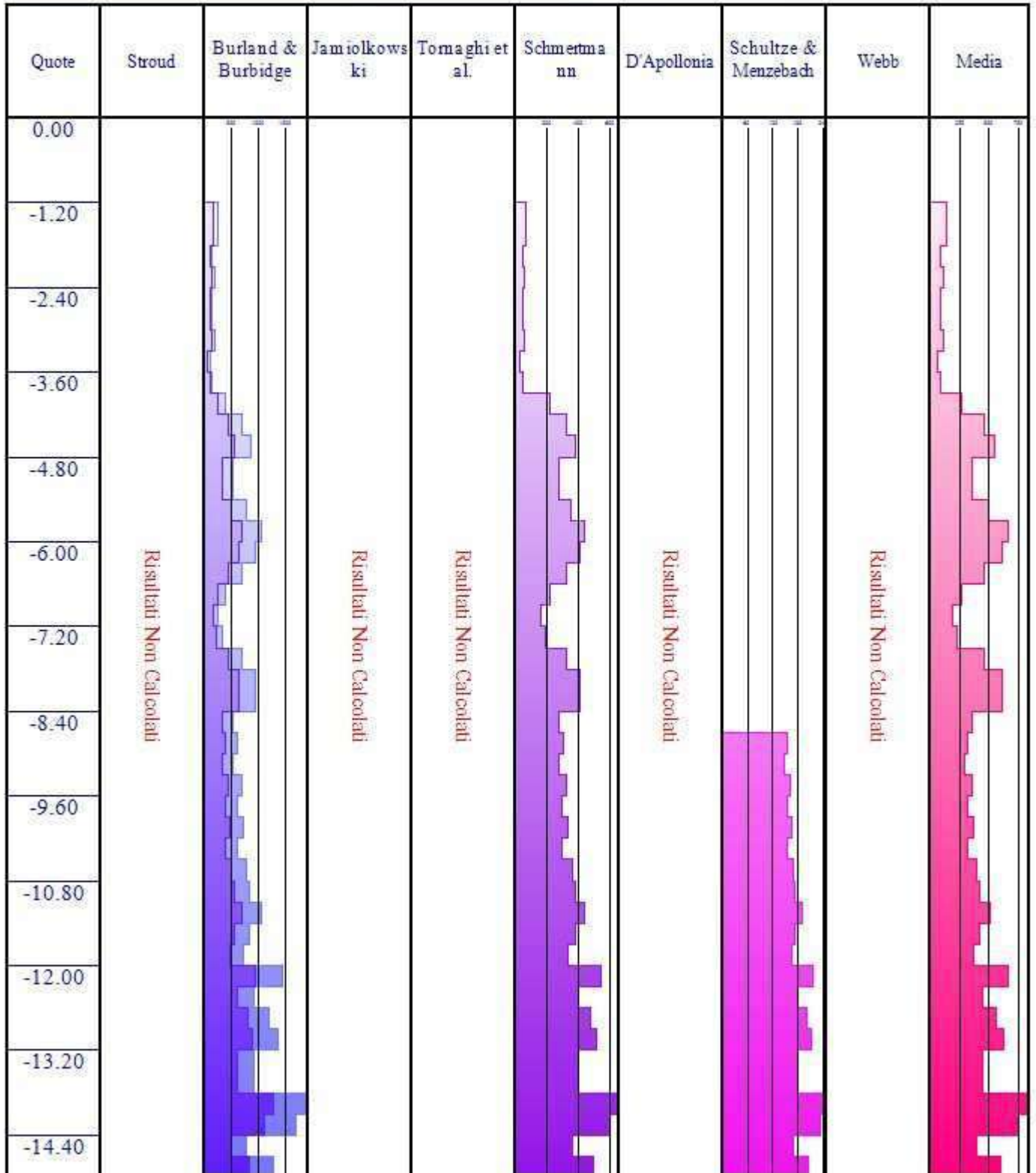




Tabella 1.6: risultati del calcolo per il Modulo Elastico.

	Impresa: Fusina Srl	
	Committente: Te.A. Consulting Srl	
	Località: via Vanzago - Pregnana Milane...	Data: lunedì 7 luglio 2025
	Prova: N°3	Posizione: x,y
	Strumento: DPSH	Operatore: Davide
	Quota inizio foro: 0.70	Quota p.c.: 0.00
	Software: IS GeoStrati di CDM Dolmen e omnia IS srl, Via Drovetti 9/F, 10138 Tonno - 011.4470755 - www.omniais.it	

Relazione di calcolo per la prova penetrometrica dinamica continua (D.P.)

In data lunedì 7 luglio 2025, in località via Vanzago - Pregnana Milanese MI, l'impresa Fusina Srl per conto del committente Te.A. Consulting Srl, ha eseguito una prova penetrometrica dinamica continua D.P.

Il dispositivo utilizzato per eseguire il sondaggio ha caratteristiche rappresentate dal modello in Figura 1.1

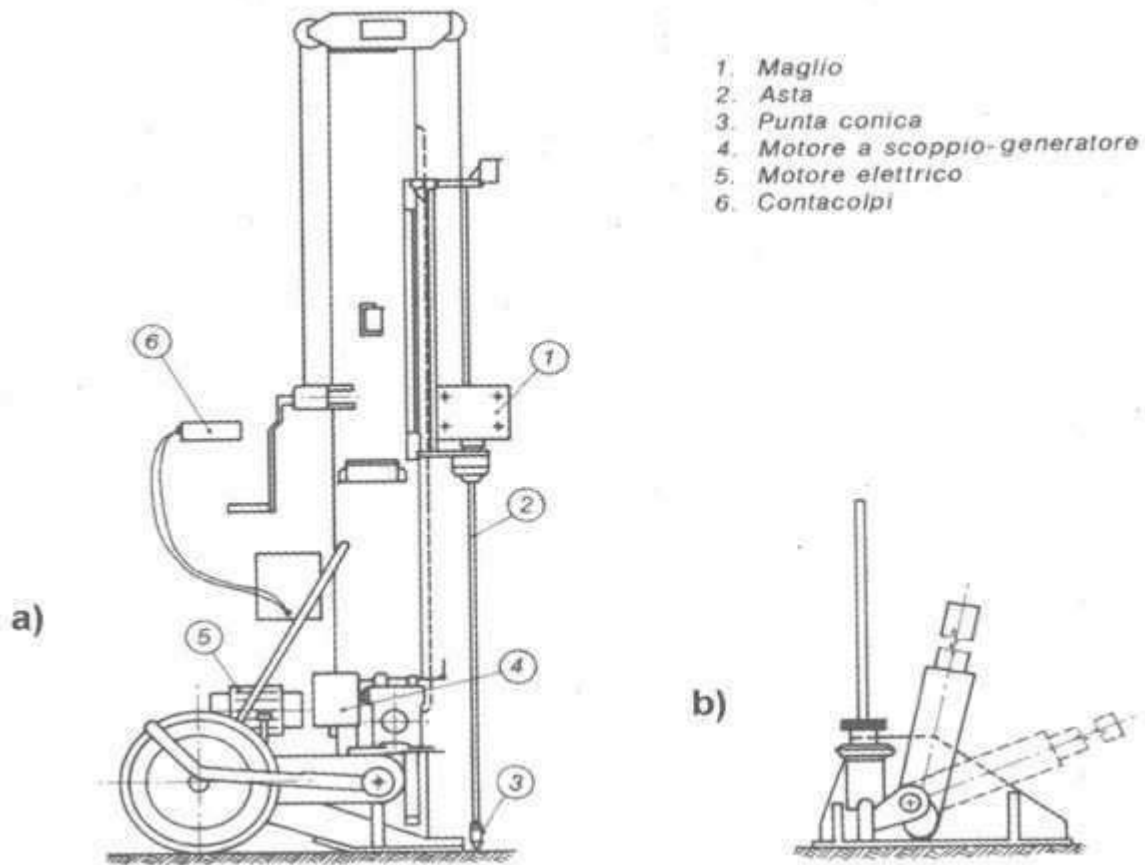


Figura 1.1: Schema dell'attrezzatura tipo per la prova Penetrometrica Dinamica Continua (D.P.).

Stratigrafia

La stratigrafia del sito è caratterizzata da 4 strati aventi le litologie raffigurate nelle immagini sottostanti (Figura 1.2 e Tabella 1.1).

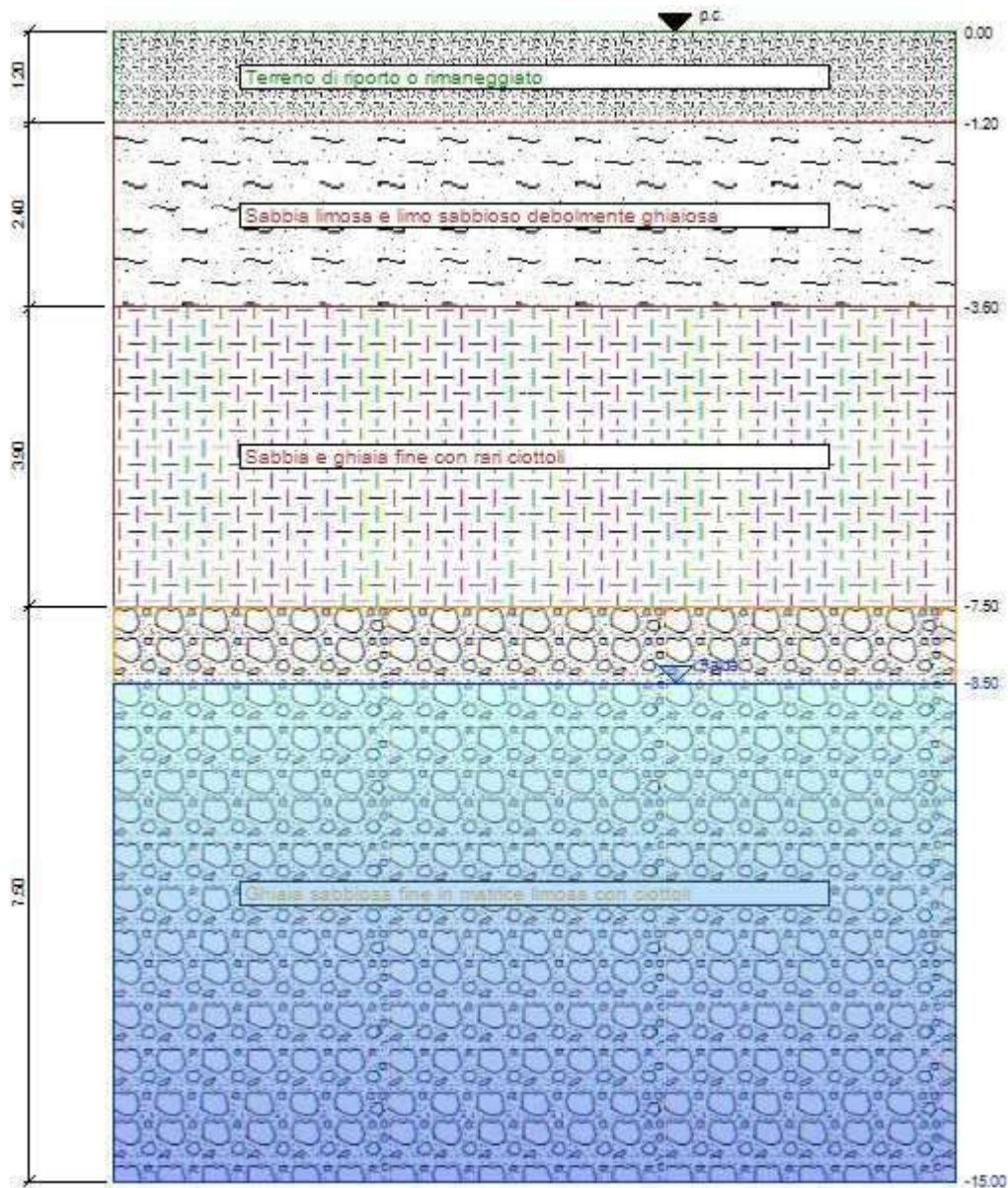


Figura 1.2: Stratigrafia del sito.

Quote [m]	Descrizione litologica	γ [daN/cm ³]	OCR
0.00	Terreno di riporto o rimaneggiato	0.0018	1.00
-1.20	Sabbia limosa e limo sabbioso debolmente ghiaiosa	0.0018	1.00
-3.60	Sabbia e ghiaia fine con rari ciottoli	0.0018	1.00
-7.50	Ghiaia sabbiosa fine in matrice limosa con ciottoli	0.0019	1.00

Tabella 1.1: Stratigrafia del sito.

La tabella seguente riporta l'andamento della tensione totale, della tensione efficace e della pressione idrostatica.

Quote [m]	Tensione totale [daN/cm ²]	Tensione efficace [daN/cm ²]	Pressione neutra [daN/cm ²]
0.00	0.00	0.00	0.00
-0.30	0.05	0.05	0.00
-0.60	0.11	0.11	0.00
-0.90	0.16	0.16	0.00
-1.20	0.22	0.22	0.00
-1.50	0.27	0.27	0.00

-1.80	0.32	0.32	0.00
-2.10	0.38	0.38	0.00
-2.40	0.43	0.43	0.00
-2.70	0.49	0.49	0.00
-3.00	0.54	0.54	0.00
-3.30	0.59	0.59	0.00
-3.60	0.65	0.65	0.00
-3.90	0.70	0.70	0.00
-4.20	0.76	0.76	0.00
-4.50	0.81	0.81	0.00
-4.80	0.86	0.86	0.00
-5.10	0.92	0.92	0.00
-5.40	0.97	0.97	0.00
-5.70	1.03	1.03	0.00
-6.00	1.08	1.08	0.00
-6.30	1.13	1.13	0.00
-6.60	1.19	1.19	0.00
-6.90	1.24	1.24	0.00
-7.20	1.30	1.30	0.00
-7.50	1.35	1.35	0.00
-7.80	1.41	1.41	0.00
-8.10	1.46	1.46	0.00
-8.40	1.52	1.52	0.00
-8.70	1.58	1.56	0.02
-9.00	1.64	1.59	0.05
-9.30	1.69	1.61	0.08
-9.60	1.75	1.64	0.11
-9.90	1.81	1.67	0.14
-10.20	1.86	1.70	0.17
-10.50	1.92	1.72	0.20
-10.80	1.98	1.75	0.23
-11.10	2.03	1.78	0.26
-11.40	2.09	1.81	0.28
-11.70	2.15	1.83	0.31
-12.00	2.21	1.86	0.34
-12.30	2.26	1.89	0.37
-12.60	2.32	1.92	0.40
-12.90	2.38	1.94	0.43
-13.20	2.43	1.97	0.46
-13.50	2.49	2.00	0.49
-13.80	2.55	2.03	0.52
-14.10	2.60	2.05	0.55
-14.40	2.66	2.08	0.58
-14.70	2.72	2.11	0.61

Tabella 1.2: Andamento pressioni.

E' presente una falda tra la quota -8.50 m e la quota -15.00 m.

Dati prova

L'operatore Davide ha infisso per battitura un penetrometro di tipo AGI-Meardi le cui caratteristiche sono:

- Massa cono: 73 kg
- Altezza di caduta: 75 cm
- Area base punta conica: 20,27 cm²
- Diametro base punta conica: 5,08 cm
- Lunghezza cilindro: 2,91 cm
- Altezza cono: 4,4 cm
- Massa aste: 4,6±0,5 kg/m
- Diametro aste: 3,7 cm

Sono stati eseguiti 100 sondaggi nel terreno, i cui risultati, relativi al numero di colpi Ndp per la penetrazione di ciascun tratto, sono riportati nella tabella sottostante.

Quota [m]	Ndp	Uc
0.00	70	2
-0.30	70	0
-0.30	15	0
-0.60	15	0
-0.60	28	0
-0.90	28	0
-0.90	20	0
-1.20	20	0
-1.20	8	0
-1.50	8	0
-1.50	11	0
-1.80	11	0
-1.80	10	0
-2.10	10	0
-2.10	8	0
-2.40	8	0
-2.40	6	0
-2.70	6	0
-2.70	4	0
-3.00	4	0
-3.00	4	0
-3.30	4	0
-3.30	5	0
-3.60	5	0
-3.60	13	0
-3.90	13	0
-3.90	12	0
-4.20	12	0
-4.20	14	0
-4.50	14	0
-4.50	18	0
-4.80	18	0
-4.80	18	0
-5.10	18	0
-5.10	15	0
-5.40	15	0
-5.40	18	0
-5.70	18	0
-5.70	16	0
-6.00	16	0

-6.00	20	0
-6.30	20	0
-6.30	15	0
-6.60	15	0
-6.60	8	0
-6.90	8	0
-6.90	8	0
-7.20	8	0
-7.20	11	0
-7.50	11	0
-7.50	14	0
-7.80	14	0
-7.80	15	0
-8.10	15	0
-8.10	18	0
-8.40	18	0
-8.40	17	0
-8.70	17	0
-8.70	17	0
-9.00	17	0
-9.00	25	0
-9.30	25	0
-9.30	22	0
-9.60	22	0
-9.60	18	0
-9.90	18	0
-9.90	18	0
-10.20	18	0
-10.20	16	0
-10.50	16	0
-10.50	17	0
-10.80	17	0
-10.80	22	0
-11.10	22	0
-11.10	24	0
-11.40	24	0
-11.40	20	0
-11.70	20	0
-11.70	28	0
-12.00	28	0
-12.00	27	0
-12.30	27	0
-12.30	19	0
-12.60	19	0
-12.60	19	0
-12.90	19	0
-12.90	21	0
-13.20	21	0
-13.20	22	0
-13.50	22	0
-13.50	26	0
-13.80	26	0

-13.80	23	0
-14.10	23	0
-14.10	23	0
-14.40	23	0
-14.40	30	0
-14.70	30	0
-14.70	31	0
-15.00	31	0

Tabella 1.3: dati del sondaggio.

Risultati

Di seguito sono riportati i parametri del terreno ricavati dai calcoli eseguiti.

DENSITA' RELATIVA D_r

La densità relativa è stata calcolata con:

- Skempton (1986)
- Gibbs e Holts (1957)
- Schultze & Mezembach (1961))

DENSITA' RELATIVA [%]				
Quota [m]	Skempton	Gibs & Holts	Schultze & Mezembach	Media
0.00	0	0	0	0
-0.30	0	0	0	0
-0.60	0	0	0	0
-0.90	0	0	0	0
-1.20	100	100	100	100
-1.50	73	74	76	74
-1.80	80	82	84	82
-2.10	72	78	77	76
-2.40	61	70	67	66
-2.70	51	60	57	56
-3.00	40	49	45	45
-3.30	38	48	44	43
-3.60	41	53	48	47
-3.90	64	78	75	72
-4.20	59	74	70	68
-4.50	62	78	74	71
-4.80	68	85	83	79
-5.10	67	84	81	77
-5.40	59	77	73	70
-5.70	63	82	79	75
-6.00	58	77	74	70
-6.30	63	83	81	76
-6.60	54	73	70	66
-6.90	38	55	51	48
-7.20	37	55	50	47
-7.50	37	54	50	47
-7.80	40	60	55	52
-8.10	41	61	57	53

-8.40	44	65	61	57
-8.70	42	63	59	55
-9.00	42	62	59	54
-9.30	50	72	70	64
-9.60	47	68	66	60
-9.90	42	62	60	55
-10.20	41	61	59	54
-10.50	39	57	56	51
-10.80	40	58	57	52
-11.10	45	65	65	58
-11.40	46	66	67	60
-11.70	42	61	61	55
-12.00	49	70	72	64
-12.30	48	68	70	62
-12.60	40	58	59	52
-12.90	39	57	59	52
-13.20	41	59	62	54
-13.50	42	60	63	55
-13.80	45	64	68	59
-14.10	42	60	64	55
-14.40	42	60	63	55
-14.70	47	67	72	62

Risultati Densità Relativa per la prova D.P. [%]

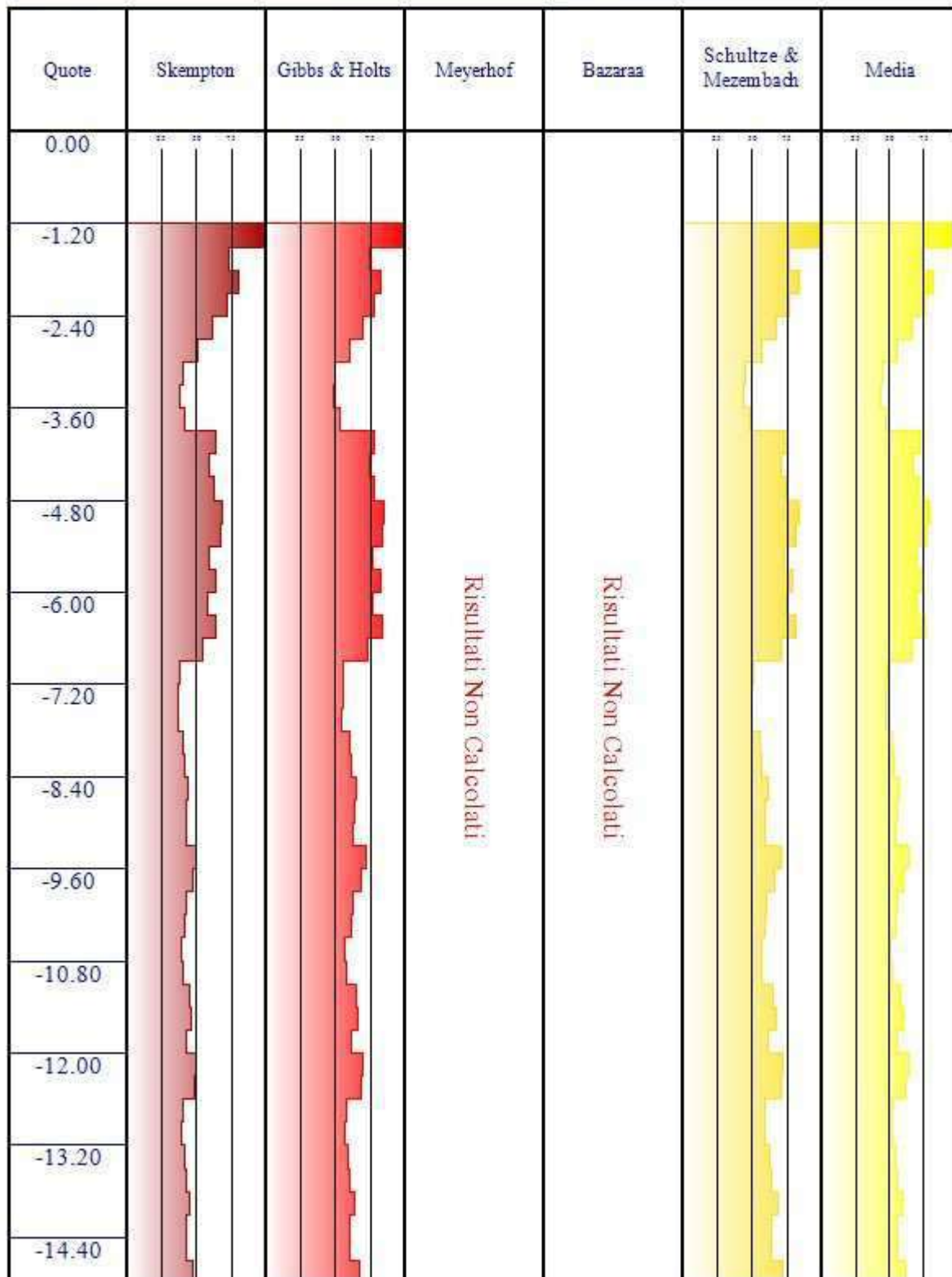


Tabella 1.4: risultati del calcolo per la Densità relativa.

ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO ϕ_i

L'angolo di resistenza al taglio è stato calcolato con:

- Peck, Hansen e Thorburn (1974) - [PHT]

- Meyerhof (1965) (<5% limo) - [M<5]
- Meyerhof (1965) (>5% limo) - [M>5]
- Schmertmann (1975) - [S75]
- Schmertmann (1978) - [S78]

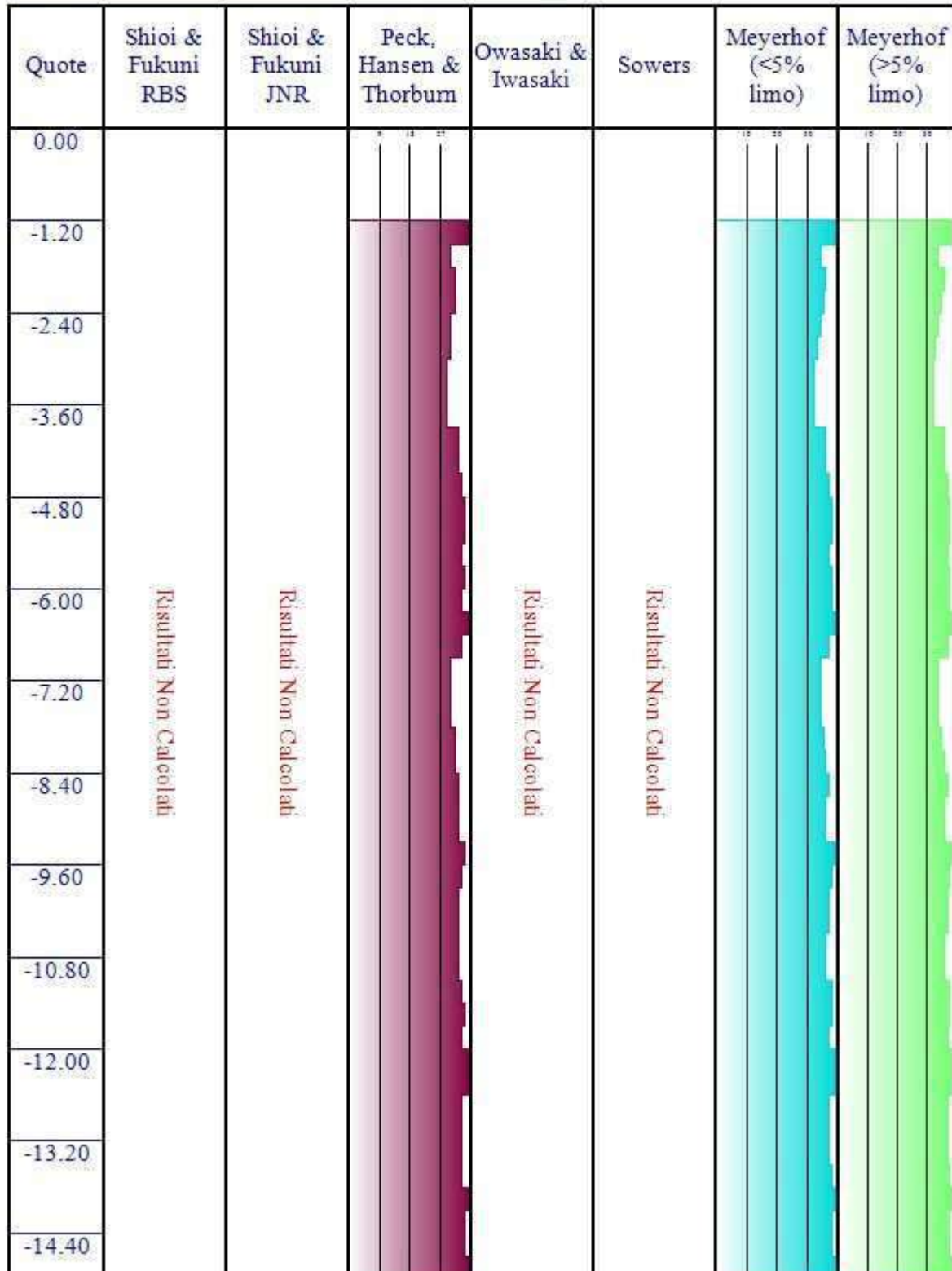
ANGOLO DI RESITENZA AL TAGLIO [°] - Tabella 1 -			
Quota [m]	PHT	M<5	M>5
0.00	0	0	0
-0.30	0	0	0
-0.60	0	0	0
-0.90	0	0	0
-1.20	35	39	35
-1.50	30	34	29
-1.80	31	36	31
-2.10	31	35	30
-2.40	30	34	29
-2.70	30	33	28
-3.00	29	32	27
-3.30	29	32	27
-3.60	29	32	27
-3.90	32	36	32
-4.20	32	36	32
-4.50	33	37	33
-4.80	34	38	34
-5.10	34	38	34
-5.40	33	37	33
-5.70	34	38	34
-6.00	33	38	33
-6.30	35	39	35
-6.60	33	37	33
-6.90	30	34	29
-7.20	30	34	29
-7.50	30	34	29
-7.80	31	35	31
-8.10	31	36	31
-8.40	32	37	32
-8.70	32	36	32
-9.00	32	36	32
-9.30	34	39	34
-9.60	33	38	33
-9.90	32	37	32
-10.20	32	37	32
-10.50	32	36	31
-10.80	32	36	32
-11.10	33	38	33
-11.40	34	38	34
-11.70	33	37	33
-12.00	35	39	35
-12.30	35	39	35
-12.60	33	37	32
-12.90	33	37	32
-13.20	33	37	33

-13.50	33	38	33
-13.80	35	39	35
-14.10	34	38	34
-14.40	34	38	34
-14.70	36	40	35

ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO [°] - Tabella 2 -			
Quota [m]	S75	S78	Media
0.00	0	0	0
-0.30	0	0	0
-0.60	0	0	0
-0.90	0	0	0
-1.20	50	42	40
-1.50	41	39	35
-1.80	43	40	36
-2.10	42	39	35
-2.40	39	38	34
-2.70	36	37	33
-3.00	32	36	31
-3.30	31	35	31
-3.60	33	36	31
-3.90	41	41	36
-4.20	40	40	36
-4.50	41	41	37
-4.80	43	41	38
-5.10	43	41	38
-5.40	41	40	37
-5.70	42	41	38
-6.00	41	40	37
-6.30	43	41	39
-6.60	40	40	37
-6.90	34	38	33
-7.20	33	38	33
-7.50	33	41	33
-7.80	35	41	35
-8.10	35	41	35
-8.40	37	42	36
-8.70	36	41	35
-9.00	36	41	35
-9.30	39	42	38
-9.60	38	42	37
-9.90	36	41	36
-10.20	36	41	36
-10.50	35	41	35
-10.80	35	41	35
-11.10	38	42	37
-11.40	38	42	37
-11.70	36	41	36
-12.00	40	42	38
-12.30	39	42	38
-12.60	36	41	36
-12.90	36	41	36

-13.20	36	41	36
-13.50	37	41	36
-13.80	38	42	38
-14.10	37	41	37
-14.40	37	41	37
-14.70	39	42	38

Risultati Angolo di Attrito per la prova D.P. [gradi]



Risultati Angolo di Attrito per la prova D.P. [gradi]

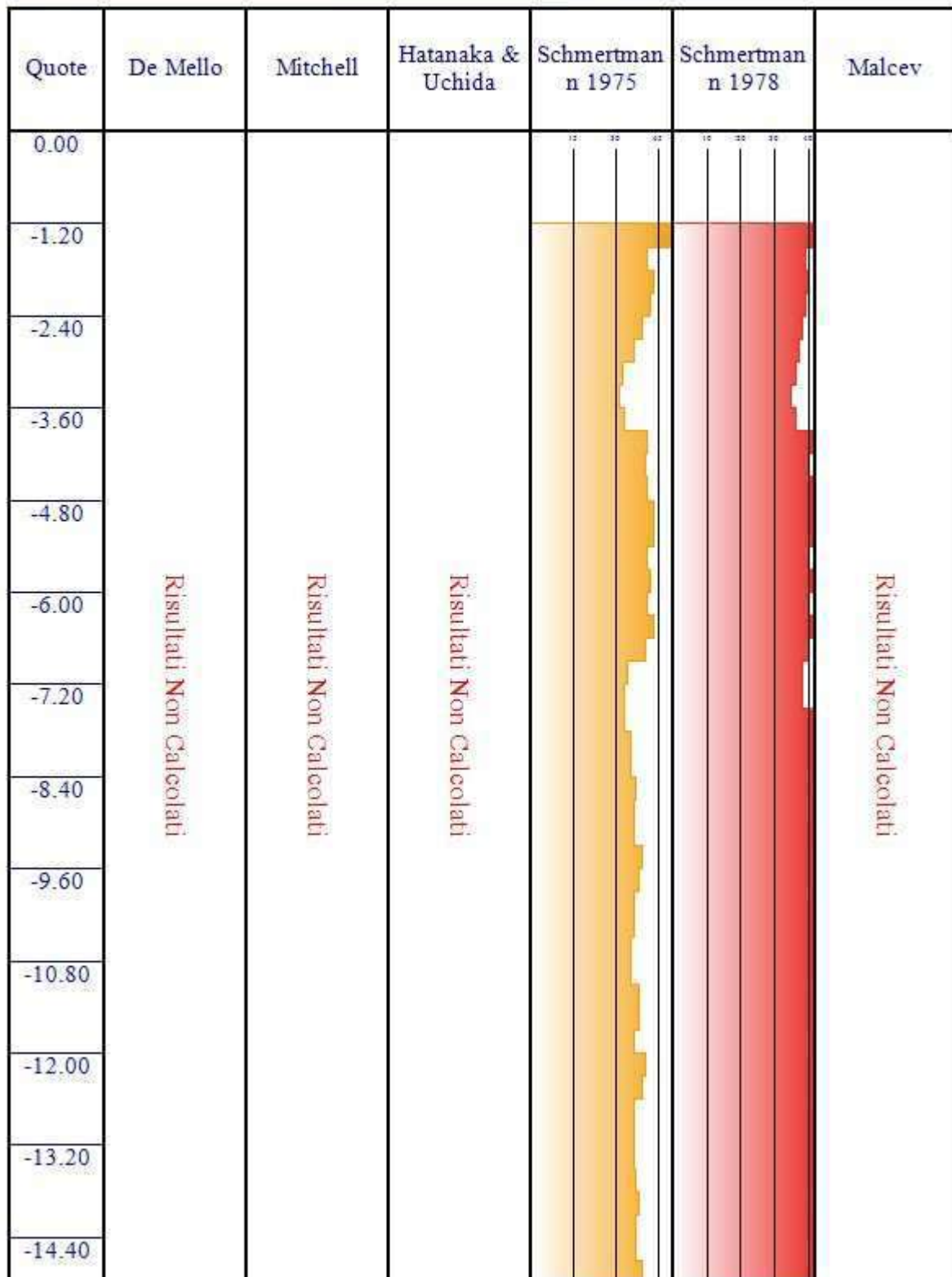


Tabella 1.5: risultati del calcolo per l'Angolo di Resistenza al taglio.

MODULO ELASTICO E

Il modulo elastico è stato calcolato con:

- Burland e Burbidge (1985)

- Schmertmann (1978)
- Schultze & Mezembach ()

MODULO ELASTICO [daN/cmq] - Tabella 1 -		
Quota [m]	Burland & Burbridge	Schmertmann
0.00	0 - 0	0
-0.30	0 - 0	0
-0.60	0 - 0	0
-0.90	0 - 0	0
-1.20	985 - 1 493	218
-1.50	254 - 393	87
-1.80	398 - 610	120
-2.10	347 - 533	109
-2.40	254 - 393	87
-2.70	170 - 261	66
-3.00	98 - 148	44
-3.30	98 - 148	44
-3.60	132 - 201	55
-3.90	508 - 776	355
-4.20	451 - 691	328
-4.50	567 - 866	382
-4.80	834 - 1 267	491
-5.10	834 - 1 267	491
-5.40	630 - 960	410
-5.70	834 - 1 267	491
-6.00	695 - 1 058	437
-6.30	985 - 1 493	546
-6.60	630 - 960	410
-6.90	254 - 393	218
-7.20	254 - 393	218
-7.50	255 - 394	219
-7.80	357 - 549	279
-8.10	395 - 605	299
-8.40	515 - 787	358
-8.70	473 - 724	338
-9.00	473 - 724	338
-9.30	851 - 1 292	498
-9.60	698 - 1 062	438
-9.90	515 - 787	358
-10.20	515 - 787	358
-10.50	433 - 664	319
-10.80	473 - 724	338
-11.10	698 - 1 062	438
-11.40	798 - 1 213	478
-11.70	603 - 920	398
-12.00	1 018 - 1 542	557
-12.30	961 - 1 456	538
-12.60	559 - 853	378
-12.90	559 - 853	378
-13.20	650 - 990	418
-13.50	698 - 1 062	438
-13.80	905 - 1 373	518

-14.10	747 - 1 136	458
-14.40	747 - 1 136	458
-14.70	1 131 - 1 712	597

MODULO ELASTICO [daN/cmq] - Tabella 2 -		
Quota [m]	Schultze & Mezembach	Media
0.00	0	0
-0.30	0	0
-0.60	0	0
-0.90	0	0
-1.20	0	728
-1.50	0	206
-1.80	0	312
-2.10	0	274
-2.40	0	206
-2.70	0	141
-3.00	0	84
-3.30	0	84
-3.60	0	110
-3.90	0	498
-4.20	0	450
-4.50	0	549
-4.80	0	770
-5.10	0	770
-5.40	0	602
-5.70	0	770
-6.00	0	656
-6.30	0	892
-6.60	0	602
-6.90	0	271
-7.20	0	271
-7.50	0	272
-7.80	0	366
-8.10	0	400
-8.40	0	504
-8.70	164	367
-9.00	164	367
-9.30	206	592
-9.60	190	503
-9.90	169	393
-10.20	169	393
-10.50	158	342
-10.80	164	367
-11.10	190	503
-11.40	200	561
-11.70	179	446
-12.00	221	686
-12.30	216	654
-12.60	174	419
-12.90	174	419
-13.20	185	474
-13.50	190	503

-13.80	211	623
-14.10	195	532
-14.40	195	532
-14.70	232	750

Risultati Modulo Elastico per la prova D.P. [daN/cm²]

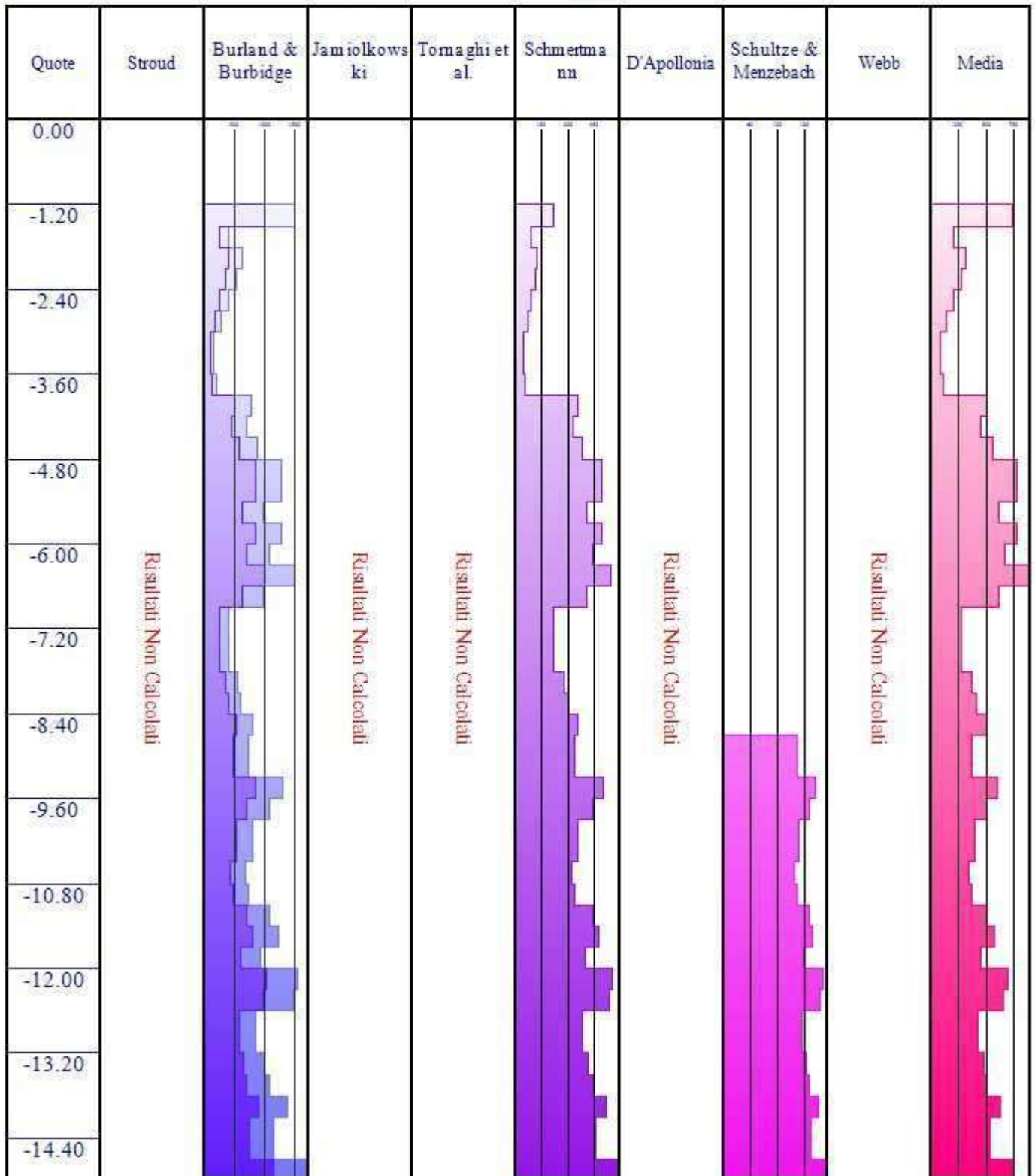
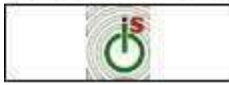


Tabella 1.6: risultati del calcolo per il Modulo Elastico.



Impresa: Fusina Srl	
Committente: Te.A. Consulting Srl	
Località: via Vanzago - Pregnana Milanese	Data: lunedì 7 luglio 2025
Prova: N°4	Posizione: x,y
Strumento: DPSH	Operatore: Davide
Quota inizio foro: 0.70	Quota p.c.: 0.00



Software: IS GeoStrati
di CDM Dolmen e omnia IS srl, Via Drovetti 9/F, 10138 Tonno - 011.4470755 - www.omniais.it

Relazione di calcolo per la prova penetrometrica dinamica continua (D.P.)

In data lunedì 7 luglio 2025, in località via Vanzago - Pregnana Milanese MI, l'impresa Fusina Srl per conto del committente Te.A. Consulting Srl, ha eseguito una prova penetrometrica dinamica continua D.P.

Il dispositivo utilizzato per eseguire il sondaggio ha caratteristiche rappresentate dal modello in Figura 1.1

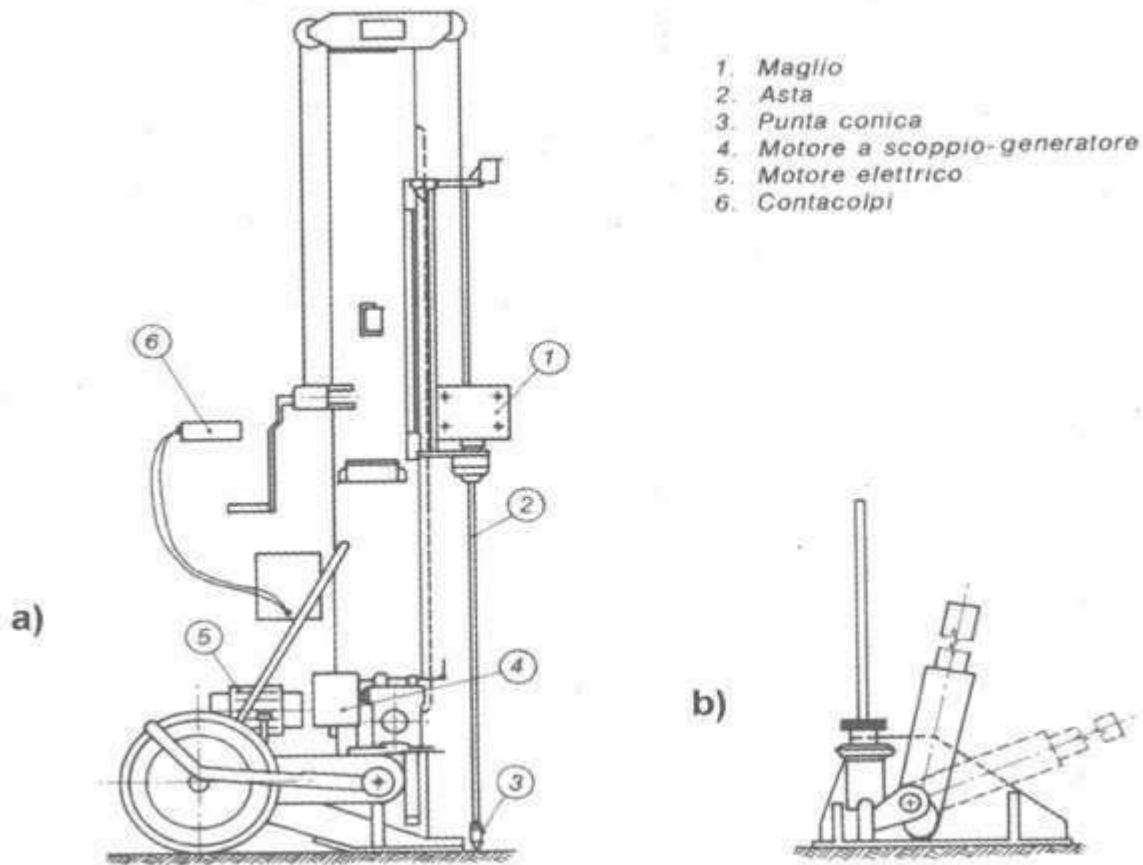


Figura 1.1: Schema dell'attrezzatura tipo per la prova Penetrometrica Dinamica Continua (D.P.).

Stratigrafia

La stratigrafia del sito è caratterizzata da 4 strati aventi le litologie raffigurate nelle immagini sottostanti (Figura 1.2 e Tabella 1.1).

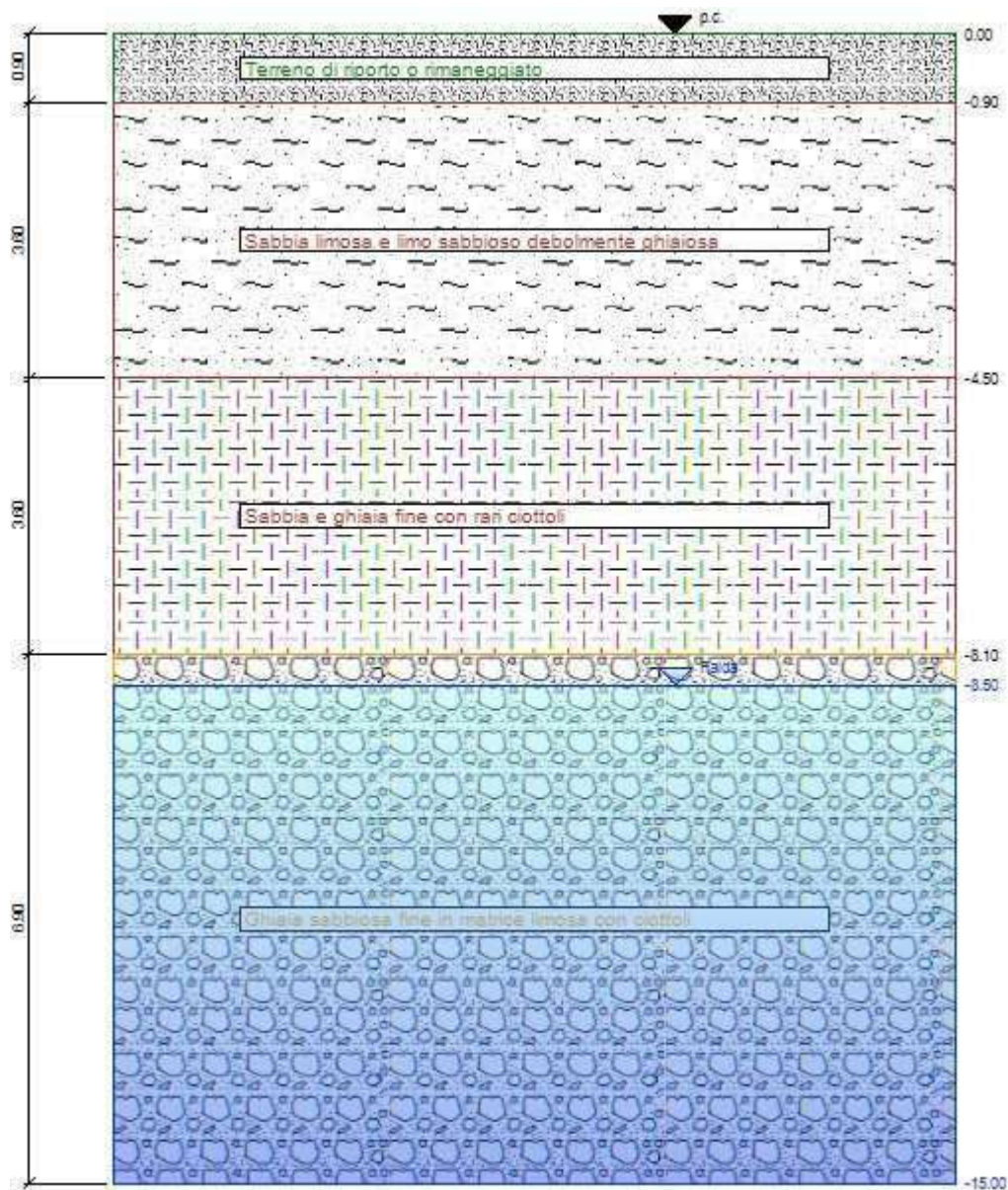


Figura 1.2: Stratigrafia del sito.

Quote [m]	Descrizione litologica	γ [daN/cm ³]	OCR
0.00	Terreno di riporto o rimaneggiato	0.0018	1.00
-0.90	Sabbia limosa e limo sabbioso debolmente ghiaiosa	0.0018	1.00
-4.50	Sabbia e ghiaia fine con rari ciottoli	0.0018	1.00
-8.10	Ghiaia sabbiosa fine in matrice limosa con ciottoli	0.0019	1.00

Tabella 1.1: Stratigrafia del sito.

La tabella seguente riporta l'andamento della tensione totale, della tensione efficace e della pressione idrostatica.

Quote [m]	Tensione totale [daN/cm ²]	Tensione efficace [daN/cm ²]	Pressione neutra [daN/cm ²]
0.00	0.00	0.00	0.00
-0.30	0.05	0.05	0.00
-0.60	0.11	0.11	0.00
-0.90	0.16	0.16	0.00
-1.20	0.22	0.22	0.00
-1.50	0.27	0.27	0.00

-1.80	0.32	0.32	0.00
-2.10	0.38	0.38	0.00
-2.40	0.43	0.43	0.00
-2.70	0.49	0.49	0.00
-3.00	0.54	0.54	0.00
-3.30	0.59	0.59	0.00
-3.60	0.65	0.65	0.00
-3.90	0.70	0.70	0.00
-4.20	0.76	0.76	0.00
-4.50	0.81	0.81	0.00
-4.80	0.86	0.86	0.00
-5.10	0.92	0.92	0.00
-5.40	0.97	0.97	0.00
-5.70	1.03	1.03	0.00
-6.00	1.08	1.08	0.00
-6.30	1.13	1.13	0.00
-6.60	1.19	1.19	0.00
-6.90	1.24	1.24	0.00
-7.20	1.30	1.30	0.00
-7.50	1.35	1.35	0.00
-7.80	1.40	1.40	0.00
-8.10	1.46	1.46	0.00
-8.40	1.52	1.52	0.00
-8.70	1.57	1.55	0.02
-9.00	1.63	1.58	0.05
-9.30	1.69	1.61	0.08
-9.60	1.74	1.64	0.11
-9.90	1.80	1.66	0.14
-10.20	1.86	1.69	0.17
-10.50	1.91	1.72	0.20
-10.80	1.97	1.75	0.23
-11.10	2.03	1.77	0.26
-11.40	2.09	1.80	0.28
-11.70	2.14	1.83	0.31
-12.00	2.20	1.86	0.34
-12.30	2.26	1.88	0.37
-12.60	2.31	1.91	0.40
-12.90	2.37	1.94	0.43
-13.20	2.43	1.97	0.46
-13.50	2.48	1.99	0.49
-13.80	2.54	2.02	0.52
-14.10	2.60	2.05	0.55
-14.40	2.66	2.08	0.58
-14.70	2.71	2.10	0.61

Tabella 1.2: Andamento pressioni.

E' presente una falda tra la quota -8.50 m e la quota -15.00 m.

Dati prova

L'operatore Davide ha infisso per battitura un penetrometro di tipo AGI-Meardi le cui caratteristiche sono:

- Massa cono: 73 kg
- Altezza di caduta: 75 cm
- Area base punta conica: 20,27 cm²
- Diametro base punta conica: 5,08 cm
- Lunghezza cilindro: 2,91 cm
- Altezza cono: 4,4 cm
- Massa aste: 4,6±0,5 kg/m
- Diametro aste: 3,7 cm

Sono stati eseguiti 100 sondaggi nel terreno, i cui risultati, relativi al numero di colpi Ndp per la penetrazione di ciascun tratto, sono riportati nella tabella sottostante.

Quota [m]	Ndp	Uc
0.00	28	2
-0.30	28	0
-0.30	11	0
-0.60	11	0
-0.60	6	0
-0.90	6	0
-0.90	3	0
-1.20	3	0
-1.20	3	0
-1.50	3	0
-1.50	4	0
-1.80	4	0
-1.80	4	0
-2.10	4	0
-2.10	4	0
-2.40	4	0
-2.40	5	0
-2.70	5	0
-2.70	5	0
-3.00	5	0
-3.00	3	0
-3.30	3	0
-3.30	5	0
-3.60	5	0
-3.60	6	0
-3.90	6	0
-3.90	6	0
-4.20	6	0
-4.20	6	0
-4.50	6	0
-4.50	11	0
-4.80	11	0
-4.80	14	0
-5.10	14	0
-5.10	16	0
-5.40	16	0
-5.40	13	0
-5.70	13	0
-5.70	13	0
-6.00	13	0

-6.00	12	0
-6.30	12	0
-6.30	11	0
-6.60	11	0
-6.60	10	0
-6.90	10	0
-6.90	12	0
-7.20	12	0
-7.20	12	0
-7.50	12	0
-7.50	8	0
-7.80	8	0
-7.80	7	0
-8.10	7	0
-8.10	15	0
-8.40	15	0
-8.40	15	0
-8.70	15	0
-8.70	19	0
-9.00	19	0
-9.00	18	0
-9.30	18	0
-9.30	17	0
-9.60	17	0
-9.60	19	0
-9.90	19	0
-9.90	21	0
-10.20	21	0
-10.20	22	0
-10.50	22	0
-10.50	24	0
-10.80	24	0
-10.80	20	0
-11.10	20	0
-11.10	20	0
-11.40	20	0
-11.40	18	0
-11.70	18	0
-11.70	23	0
-12.00	23	0
-12.00	18	0
-12.30	18	0
-12.30	15	0
-12.60	15	0
-12.60	22	0
-12.90	22	0
-12.90	27	0
-13.20	27	0
-13.20	20	0
-13.50	20	0
-13.50	26	0
-13.80	26	0

-13.80	23	0
-14.10	23	0
-14.10	22	0
-14.40	22	0
-14.40	20	0
-14.70	20	0
-14.70	25	0
-15.00	25	0

Tabella 1.3: dati del sondaggio.

Risultati

Di seguito sono riportati i parametri del terreno ricavati dai calcoli eseguiti.

DENSITA' RELATIVA D_r

La densità relativa è stata calcolata con:

- Skempton (1986)
- Gibbs e Holts (1957)
- Schultze & Mezembach (1961))

DENSITA' RELATIVA [%]				
Quota [m]	Skempton	Gibs & Holts	Schultze & Mezembach	Media
0.00	0	0	0	0
-0.30	0	0	0	0
-0.60	0	0	0	0
-0.90	0	0	0	0
-1.20	48	49	50	49
-1.50	45	48	48	47
-1.80	48	53	52	51
-2.10	46	52	50	49
-2.40	43	51	48	47
-2.70	46	56	52	51
-3.00	44	55	51	50
-3.30	33	41	39	38
-3.60	41	53	48	47
-3.90	43	56	52	50
-4.20	42	55	51	49
-4.50	41	54	50	48
-4.80	54	70	65	63
-5.10	59	76	72	69
-5.40	61	79	76	72
-5.70	54	72	68	65
-6.00	52	71	67	63
-6.30	49	68	63	60
-6.60	46	65	60	57
-6.90	43	61	57	54
-7.20	46	65	61	57
-7.50	45	65	60	57
-7.80	36	53	49	46
-8.10	28	42	39	36

-8.40	40	60	56	52
-8.70	40	59	56	52
-9.00	44	65	62	57
-9.30	43	63	60	55
-9.60	41	61	58	53
-9.90	43	63	61	56
-10.20	45	65	64	58
-10.50	45	66	65	59
-10.80	47	68	68	61
-11.10	43	62	62	56
-11.40	42	61	62	55
-11.70	40	58	58	52
-12.00	45	64	65	58
-12.30	39	57	58	51
-12.60	35	52	53	47
-12.90	43	61	63	56
-13.20	47	66	69	61
-13.50	40	58	60	53
-13.80	45	64	68	59
-14.10	42	60	64	55
-14.40	41	59	62	54
-14.70	39	56	59	51

Risultati Densità Relativa per la prova D.P. [%]

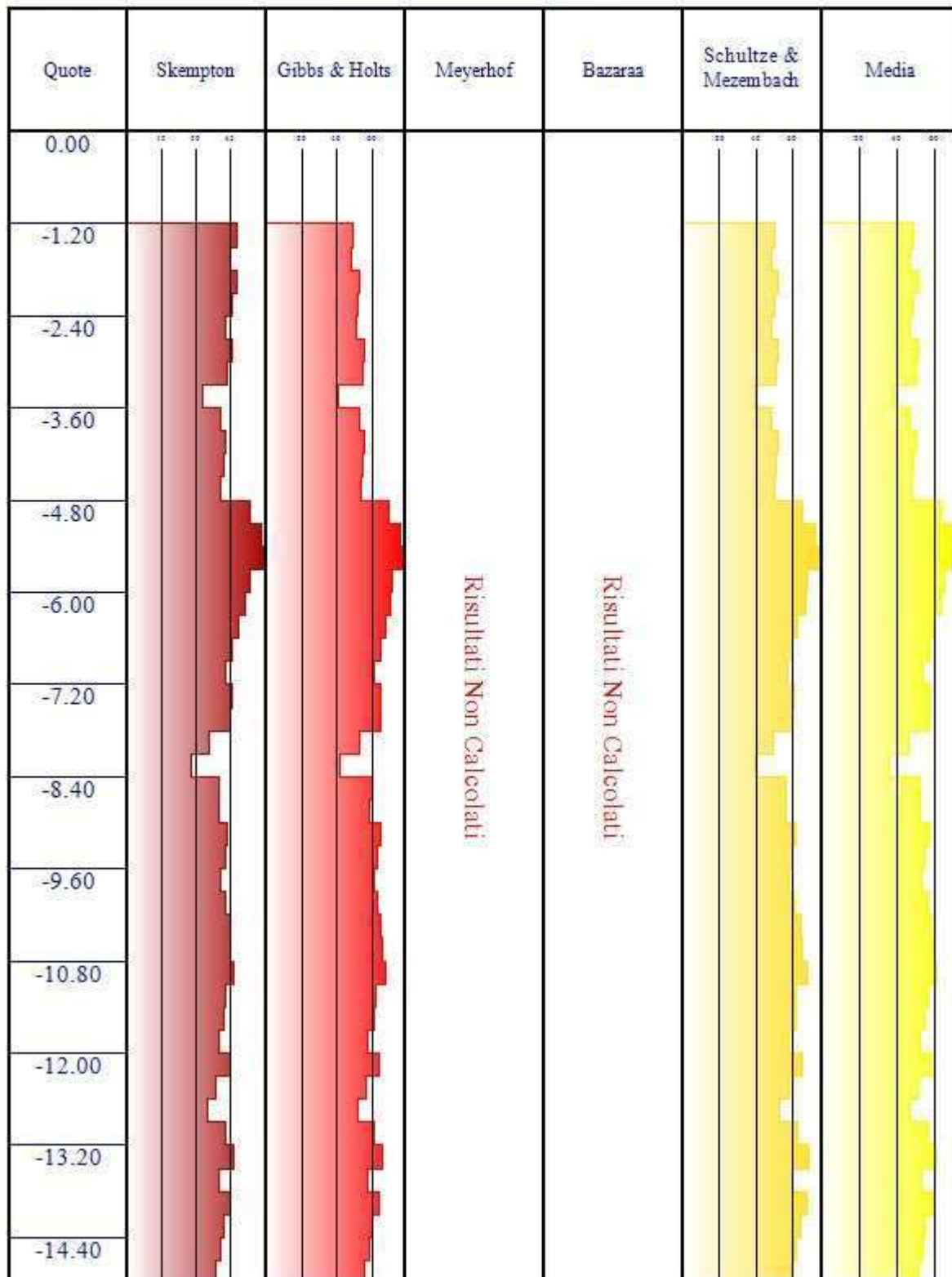


Tabella 1.4: risultati del calcolo per la Densità relativa.

ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO ϕ_i

L'angolo di resistenza al taglio è stato calcolato con:

- Peck, Hansen e Thorburn (1974) - [PHT]

- Meyerhof (1965) (<5% limo) - [M<5]
- Meyerhof (1965) (>5% limo) - [M>5]
- Schmertmann (1975) - [S75]
- Schmertmann (1978) - [S78]

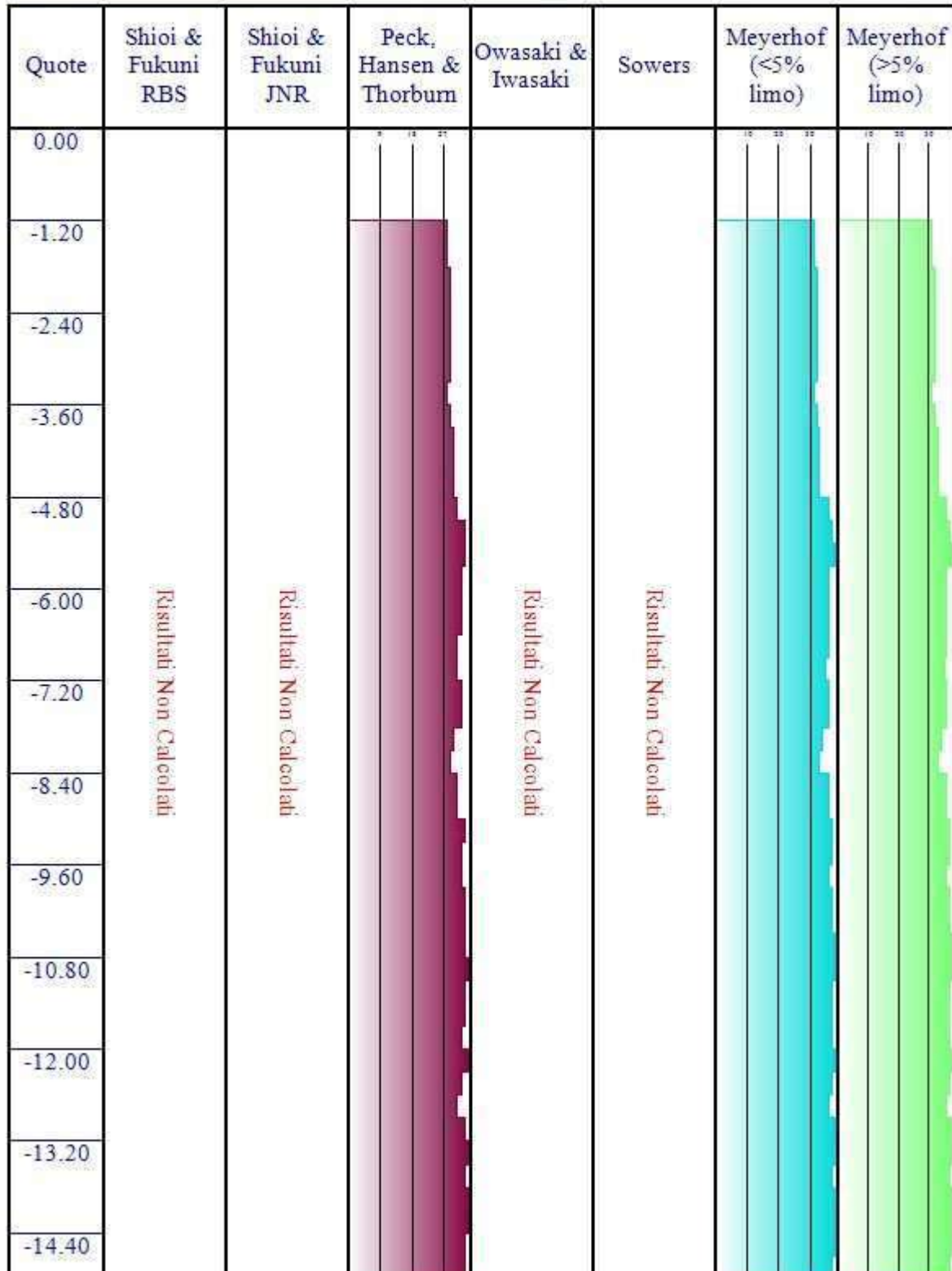
ANGOLO DI RESITENZA AL TAGLIO [°] - Tabella 1 -			
Quota [m]	PHT	M<5	M>5
0.00	0	0	0
-0.30	0	0	0
-0.60	0	0	0
-0.90	0	0	0
-1.20	28	31	26
-1.50	28	31	26
-1.80	29	32	27
-2.10	29	32	27
-2.40	29	32	27
-2.70	29	32	27
-3.00	29	32	27
-3.30	28	31	26
-3.60	29	32	27
-3.90	30	33	28
-4.20	30	33	28
-4.50	30	33	28
-4.80	31	36	31
-5.10	33	37	33
-5.40	33	38	33
-5.70	32	36	32
-6.00	32	36	32
-6.30	32	36	32
-6.60	31	36	31
-6.90	31	35	30
-7.20	32	36	32
-7.50	32	36	32
-7.80	30	34	29
-8.10	29	33	27
-8.40	31	36	31
-8.70	31	36	31
-9.00	33	37	32
-9.30	32	37	32
-9.60	32	36	32
-9.90	33	37	32
-10.20	33	37	33
-10.50	33	38	33
-10.80	34	38	34
-11.10	33	37	33
-11.40	33	37	33
-11.70	32	37	32
-12.00	34	38	34
-12.30	32	37	32
-12.60	31	36	31
-12.90	33	38	33
-13.20	35	39	35

-13.50	33	37	33
-13.80	35	39	35
-14.10	34	38	34
-14.40	33	38	33
-14.70	33	37	33

ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO [°] - Tabella 2 -			
Quota [m]	S75	S78	Media
0.00	0	0	0
-0.30	0	0	0
-0.60	0	0	0
-0.90	0	0	0
-1.20	32	36	31
-1.50	31	36	30
-1.80	33	36	31
-2.10	33	36	31
-2.40	33	36	31
-2.70	34	36	32
-3.00	34	36	32
-3.30	29	35	30
-3.60	33	36	31
-3.90	34	36	32
-4.20	34	36	32
-4.50	33	39	33
-4.80	39	40	35
-5.10	41	40	37
-5.40	41	41	37
-5.70	39	40	36
-6.00	39	40	36
-6.30	38	39	35
-6.60	37	39	35
-6.90	36	39	34
-7.20	37	39	35
-7.50	37	39	35
-7.80	33	38	33
-8.10	29	40	32
-8.40	35	41	35
-8.70	35	41	35
-9.00	37	42	36
-9.30	36	41	36
-9.60	36	41	35
-9.90	37	41	36
-10.20	37	42	36
-10.50	38	42	37
-10.80	39	42	37
-11.10	37	41	36
-11.40	37	41	36
-11.70	36	41	36
-12.00	38	42	37
-12.30	35	41	35
-12.60	34	41	35
-12.90	37	41	36

-13.20	39	42	38
-13.50	36	41	36
-13.80	38	42	38
-14.10	37	41	37
-14.40	36	41	36
-14.70	35	41	36

Risultati Angolo di Attrito per la prova D.P. [gradi]



Risultati Angolo di Attrito per la prova D.P. [gradi]

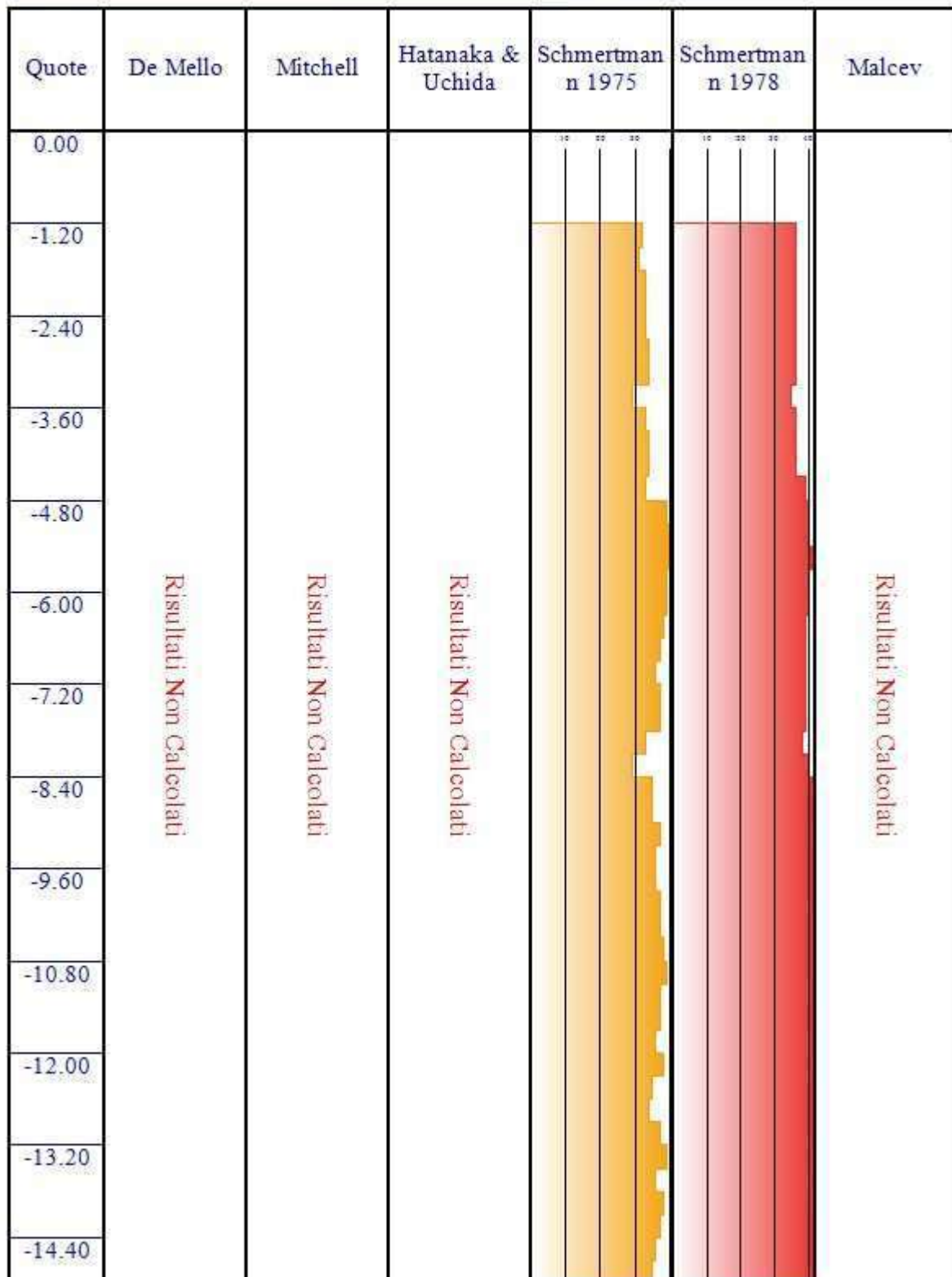


Tabella 1.5: risultati del calcolo per l'Angolo di Resistenza al taglio.

MODULO ELASTICO E

Il modulo elastico è stato calcolato con:

- Burland e Burbidge (1985)

- Schmertmann (1978)
- Schultze & Mezembach ()

MODULO ELASTICO [daN/cmq] - Tabella 1 -		
Quota [m]	Burland & Burbridge	Schmertmann
0.00	0 - 0	0
-0.30	0 - 0	0
-0.60	0 - 0	0
-0.90	0 - 0	0
-1.20	68 - 101	33
-1.50	68 - 101	33
-1.80	98 - 148	44
-2.10	98 - 148	44
-2.40	98 - 148	44
-2.70	132 - 201	55
-3.00	132 - 201	55
-3.30	68 - 101	33
-3.60	132 - 201	55
-3.90	170 - 261	66
-4.20	170 - 261	66
-4.50	170 - 261	164
-4.80	398 - 610	300
-5.10	567 - 866	382
-5.40	695 - 1 058	437
-5.70	508 - 776	355
-6.00	508 - 776	355
-6.30	451 - 691	328
-6.60	398 - 610	300
-6.90	347 - 533	273
-7.20	451 - 691	328
-7.50	451 - 691	328
-7.80	254 - 393	218
-8.10	136 - 207	139
-8.40	395 - 605	299
-8.70	395 - 605	299
-9.00	559 - 853	378
-9.30	515 - 787	358
-9.60	473 - 724	338
-9.90	559 - 853	378
-10.20	650 - 990	418
-10.50	698 - 1 062	438
-10.80	798 - 1 213	478
-11.10	603 - 920	398
-11.40	603 - 920	398
-11.70	515 - 787	358
-12.00	747 - 1 136	458
-12.30	515 - 787	358
-12.60	395 - 605	299
-12.90	698 - 1 062	438
-13.20	961 - 1 456	538
-13.50	603 - 920	398
-13.80	905 - 1 373	518

-14.10	747 - 1 136	458
-14.40	698 - 1 062	438
-14.70	603 - 920	398

MODULO ELASTICO [daN/cm^q] - Tabella 2 -		
Quota [m]	Schultze & Mezembach	Media
0.00	0	0
-0.30	0	0
-0.60	0	0
-0.90	0	0
-1.20	0	58
-1.50	0	58
-1.80	0	84
-2.10	0	84
-2.40	0	84
-2.70	0	110
-3.00	0	110
-3.30	0	58
-3.60	0	110
-3.90	0	141
-4.20	0	141
-4.50	0	190
-4.80	0	402
-5.10	0	549
-5.40	0	656
-5.70	0	498
-6.00	0	498
-6.30	0	450
-6.60	0	402
-6.90	0	356
-7.20	0	450
-7.50	0	450
-7.80	0	271
-8.10	0	156
-8.40	0	400
-8.70	153	317
-9.00	174	419
-9.30	169	393
-9.60	164	367
-9.90	174	419
-10.20	185	474
-10.50	190	503
-10.80	200	561
-11.10	179	446
-11.40	179	446
-11.70	169	393
-12.00	195	532
-12.30	169	393
-12.60	153	317
-12.90	190	503
-13.20	216	654
-13.50	179	446

-13.80	211	623
-14.10	195	532
-14.40	190	503
-14.70	179	446

Risultati Modulo Elastico per la prova D.P. [daN/cm²]

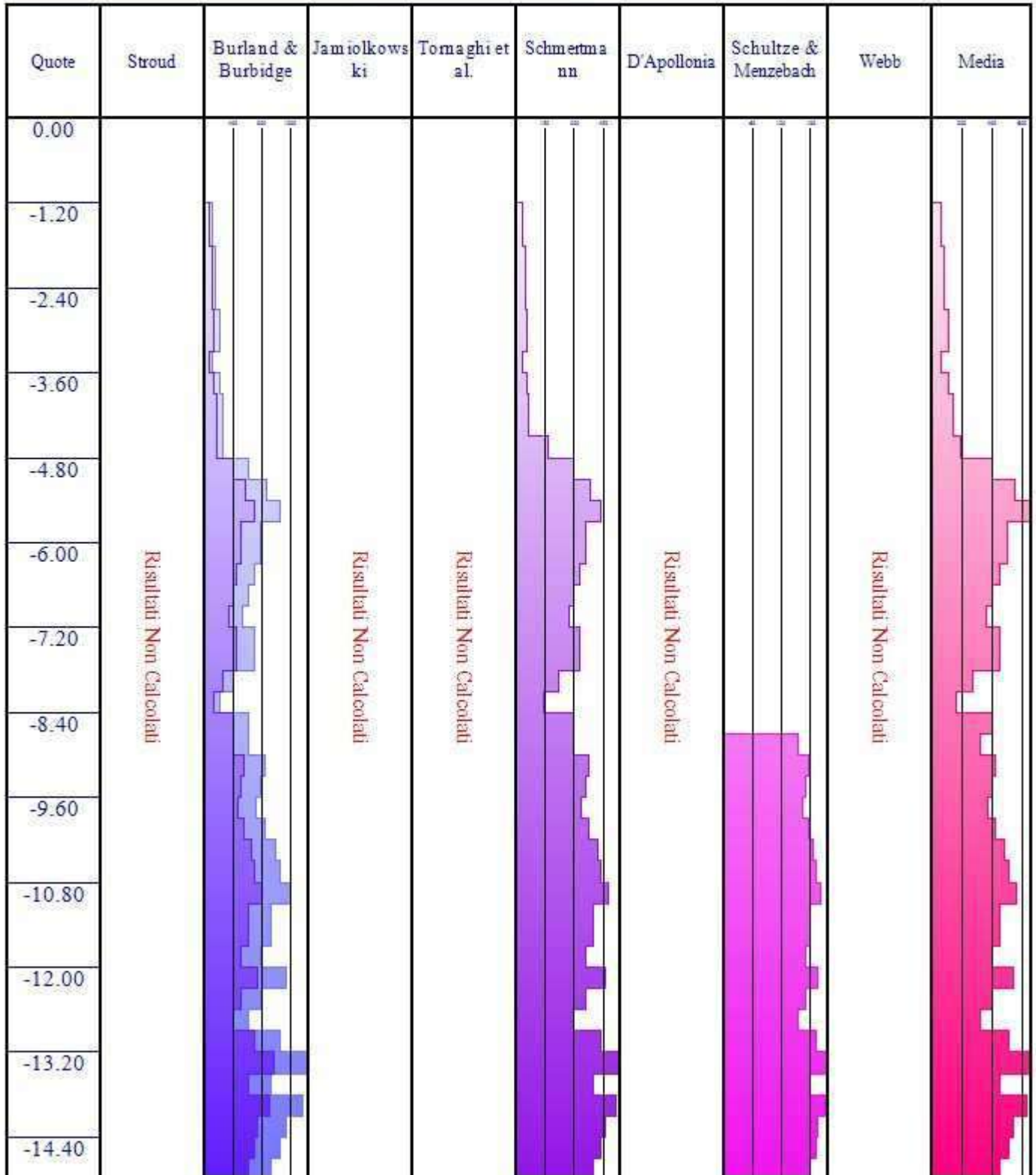


Tabella 1.6: risultati del calcolo per il Modulo Elastico.



Impresa: Fusina Srl	
Committente: Te.A. Consulting Srl	
Località: via Vanzago - Pregnana Milanese	Data: lunedì 7 luglio 2025
Prova: N°5	Posizione: x,y
Strumento: DPSH	Operatore: Davide
Quota inizio foro: 0.70	Quota p.c.: 0.00



Software: IS GeoStrati
di CDM Dolmen e omnia IS srl, Via Drovetti 9/F, 10138 Tonno - 011.4470755 - www.omniais.it

Relazione di calcolo per la prova penetrometrica dinamica continua (D.P.)

In data lunedì 7 luglio 2025, in località via Vanzago - Pregnana Milanese MI, l'impresa Fusina Srl per conto del committente Te.A. Consulting Srl, ha eseguito una prova penetrometrica dinamica continua D.P.

Il dispositivo utilizzato per eseguire il sondaggio ha caratteristiche rappresentate dal modello in Figura 1.1

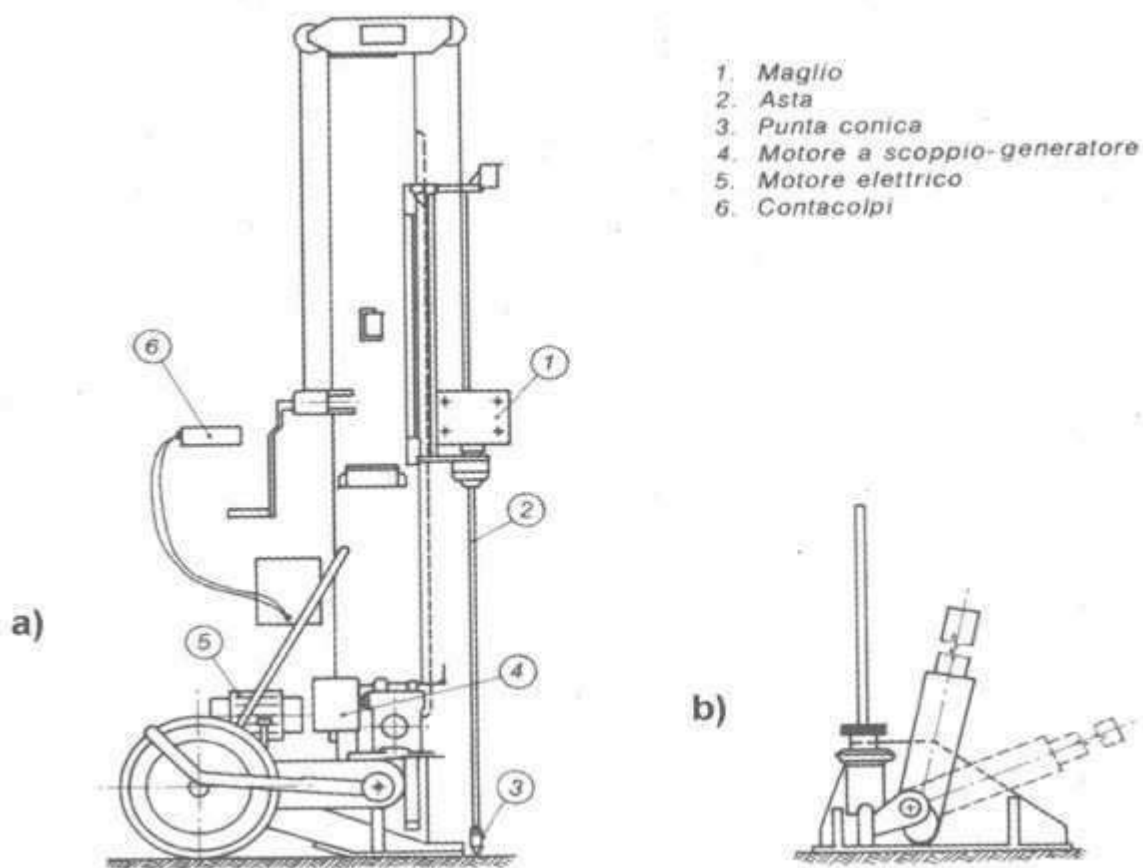


Figura 1.1: Schema dell'attrezzatura tipo per la prova Penetrometrica Dinamica Continua (D.P.).

Stratigrafia

La stratigrafia del sito è caratterizzata da 4 strati aventi le litologie raffigurate nelle immagini sottostanti (Figura 1.2 e Tabella 1.1).

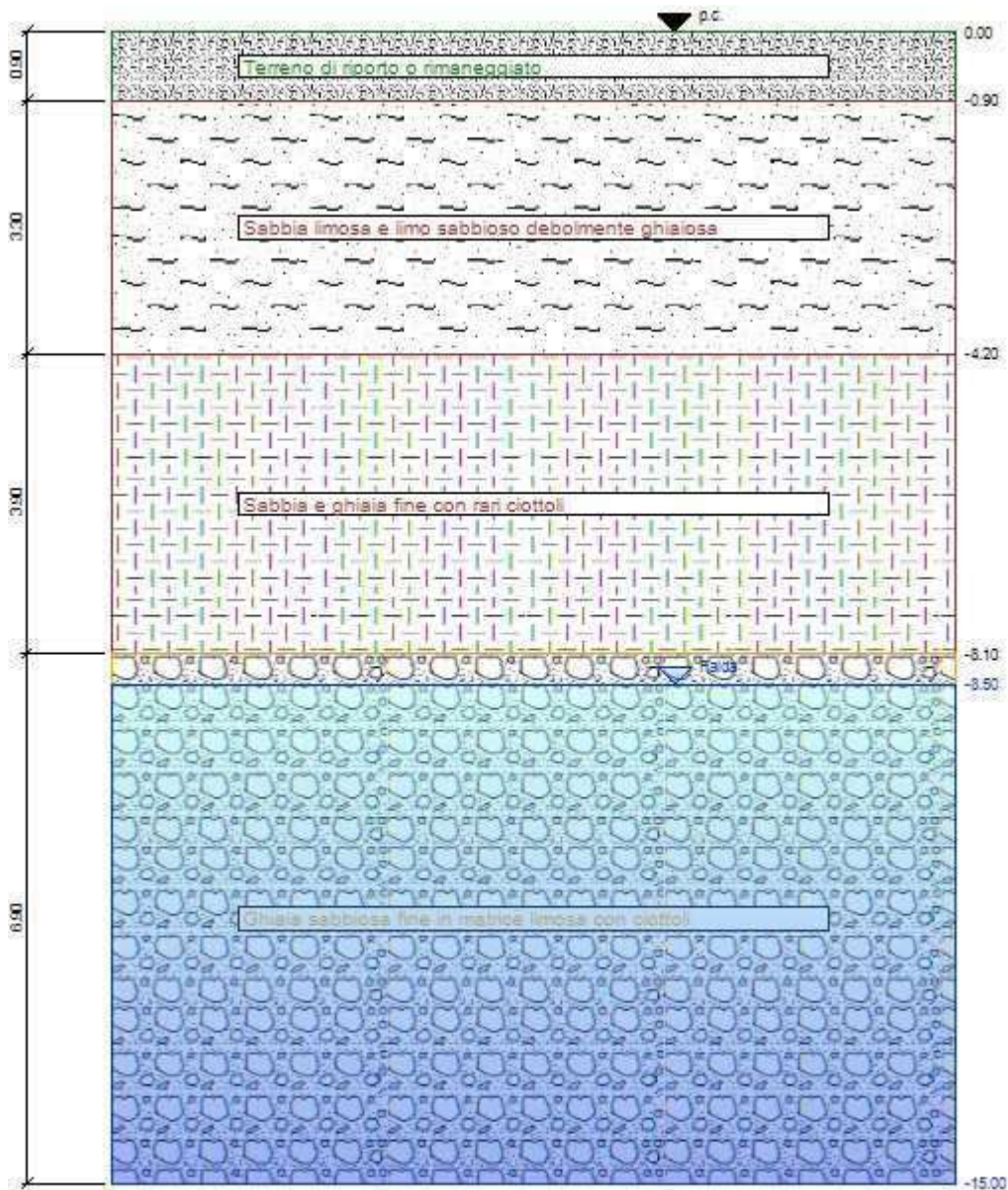


Figura 1.2: Stratigrafia del sito.

Quote [m]	Descrizione litologica	γ [daN/cm ³]	OCR
0.00	Terreno di riporto o rimaneggiato	0.0018	1.00
-0.90	Sabbia limosa e limo sabbioso debolmente ghiaiosa	0.0018	1.00
-4.20	Sabbia e ghiaia fine con rari ciottoli	0.0018	1.00
-8.10	Ghiaia sabbiosa fine in matrice limosa con ciottoli	0.0019	1.00

Tabella 1.1: Stratigrafia del sito.

La tabella seguente riporta l'andamento della tensione totale, della tensione efficace e della pressione idrostatica.

Quote [m]	Tensione totale [daN/cm ²]	Tensione efficace [daN/cm ²]	Pressione neutra [daN/cm ²]
0.00	0.00	0.00	0.00
-0.30	0.05	0.05	0.00
-0.60	0.11	0.11	0.00
-0.90	0.16	0.16	0.00
-1.20	0.22	0.22	0.00
-1.50	0.27	0.27	0.00

-1.80	0.32	0.32	0.00
-2.10	0.38	0.38	0.00
-2.40	0.43	0.43	0.00
-2.70	0.49	0.49	0.00
-3.00	0.54	0.54	0.00
-3.30	0.59	0.59	0.00
-3.60	0.65	0.65	0.00
-3.90	0.70	0.70	0.00
-4.20	0.76	0.76	0.00
-4.50	0.81	0.81	0.00
-4.80	0.86	0.86	0.00
-5.10	0.92	0.92	0.00
-5.40	0.97	0.97	0.00
-5.70	1.03	1.03	0.00
-6.00	1.08	1.08	0.00
-6.30	1.13	1.13	0.00
-6.60	1.19	1.19	0.00
-6.90	1.24	1.24	0.00
-7.20	1.30	1.30	0.00
-7.50	1.35	1.35	0.00
-7.80	1.40	1.40	0.00
-8.10	1.46	1.46	0.00
-8.40	1.52	1.52	0.00
-8.70	1.57	1.55	0.02
-9.00	1.63	1.58	0.05
-9.30	1.69	1.61	0.08
-9.60	1.74	1.64	0.11
-9.90	1.80	1.66	0.14
-10.20	1.86	1.69	0.17
-10.50	1.91	1.72	0.20
-10.80	1.97	1.75	0.23
-11.10	2.03	1.77	0.26
-11.40	2.09	1.80	0.28
-11.70	2.14	1.83	0.31
-12.00	2.20	1.86	0.34
-12.30	2.26	1.88	0.37
-12.60	2.31	1.91	0.40
-12.90	2.37	1.94	0.43
-13.20	2.43	1.97	0.46
-13.50	2.48	1.99	0.49
-13.80	2.54	2.02	0.52
-14.10	2.60	2.05	0.55
-14.40	2.66	2.08	0.58
-14.70	2.71	2.10	0.61

Tabella 1.2: Andamento pressioni.

E' presente una falda tra la quota -8.50 m e la quota -15.00 m.

Dati prova

L'operatore Davide ha infisso per battitura un penetrometro di tipo AGI-Meardi le cui caratteristiche sono:

- Massa cono: 73 kg
- Altezza di caduta: 75 cm
- Area base punta conica: 20,27 cm²
- Diametro base punta conica: 5,08 cm
- Lunghezza cilindro: 2,91 cm
- Altezza cono: 4,4 cm
- Massa aste: 4,6±0,5 kg/m
- Diametro aste: 3,7 cm

Sono stati eseguiti 100 sondaggi nel terreno, i cui risultati, relativi al numero di colpi Ndp per la penetrazione di ciascun tratto, sono riportati nella tabella sottostante.

Quota [m]	Ndp	Uc
0.00	2	2
-0.30	2	0
-0.30	2	0
-0.60	2	0
-0.60	3	0
-0.90	3	0
-0.90	2	0
-1.20	2	0
-1.20	2	0
-1.50	2	0
-1.50	2	0
-1.80	2	0
-1.80	3	0
-2.10	3	0
-2.10	4	0
-2.40	4	0
-2.40	8	0
-2.70	8	0
-2.70	3	0
-3.00	3	0
-3.00	4	0
-3.30	4	0
-3.30	7	0
-3.60	7	0
-3.60	5	0
-3.90	5	0
-3.90	6	0
-4.20	6	0
-4.20	12	0
-4.50	12	0
-4.50	9	0
-4.80	9	0
-4.80	12	0
-5.10	12	0
-5.10	17	0
-5.40	17	0
-5.40	16	0
-5.70	16	0
-5.70	9	0
-6.00	9	0

-6.00	5	0
-6.30	5	0
-6.30	7	0
-6.60	7	0
-6.60	4	0
-6.90	4	0
-6.90	4	0
-7.20	4	0
-7.20	5	0
-7.50	5	0
-7.50	13	0
-7.80	13	0
-7.80	17	0
-8.10	17	0
-8.10	6	0
-8.40	6	0
-8.40	7	0
-8.70	7	0
-8.70	7	0
-9.00	7	0
-9.00	19	0
-9.30	19	0
-9.30	18	0
-9.60	18	0
-9.60	18	0
-9.90	18	0
-9.90	21	0
-10.20	21	0
-10.20	20	0
-10.50	20	0
-10.50	19	0
-10.80	19	0
-10.80	18	0
-11.10	18	0
-11.10	25	0
-11.40	25	0
-11.40	24	0
-11.70	24	0
-11.70	22	0
-12.00	22	0
-12.00	21	0
-12.30	21	0
-12.30	20	0
-12.60	20	0
-12.60	22	0
-12.90	22	0
-12.90	35	0
-13.20	35	0
-13.20	28	0
-13.50	28	0
-13.50	22	0
-13.80	22	0

-13.80	15	0
-14.10	15	0
-14.10	18	0
-14.40	18	0
-14.40	25	0
-14.70	25	0
-14.70	20	0
-15.00	20	0

Tabella 1.3: dati del sondaggio.

Risultati

Di seguito sono riportati i parametri del terreno ricavati dai calcoli eseguiti.

DENSITA' RELATIVA D_r

La densità relativa è stata calcolata con:

- Skempton (1986)
- Gibbs e Holts (1957)
- Schultze & Mezembach (1961))

DENSITA' RELATIVA [%]				
Quota [m]	Skempton	Gibs & Holts	Schultze & Mezembach	Media
0.00	0	0	0	0
-0.30	0	0	0	0
-0.60	0	0	0	0
-0.90	0	0	0	0
-1.20	39	39	42	40
-1.50	37	38	39	38
-1.80	34	37	37	36
-2.10	40	45	44	43
-2.40	43	51	48	47
-2.70	59	68	65	64
-3.00	34	42	40	39
-3.30	38	48	44	43
-3.60	49	61	57	56
-3.90	40	52	47	46
-4.20	42	55	51	49
-4.50	58	73	69	67
-4.80	48	64	59	57
-5.10	54	71	67	64
-5.40	63	81	78	74
-5.70	59	78	75	71
-6.00	43	61	56	53
-6.30	32	45	42	40
-6.60	37	53	48	46
-6.90	27	39	37	34
-7.20	26	38	36	33
-7.50	29	43	40	37
-7.80	46	66	62	58
-8.10	44	64	60	56

-8.40	25	38	36	33
-8.70	27	41	39	36
-9.00	27	40	39	35
-9.30	44	64	62	57
-9.60	42	62	60	55
-9.90	42	62	60	55
-10.20	45	65	64	58
-10.50	43	63	62	56
-10.80	42	61	61	55
-11.10	40	59	59	53
-11.40	47	68	68	61
-11.70	46	66	67	60
-12.00	44	63	64	57
-12.30	42	61	62	55
-12.60	41	59	61	54
-12.90	43	61	63	56
-13.20	53	74	79	69
-13.50	47	67	70	61
-13.80	42	60	63	55
-14.10	34	49	52	45
-14.40	37	53	56	49
-14.70	43	62	66	57

Risultati Densità Relativa per la prova D.P. [%]

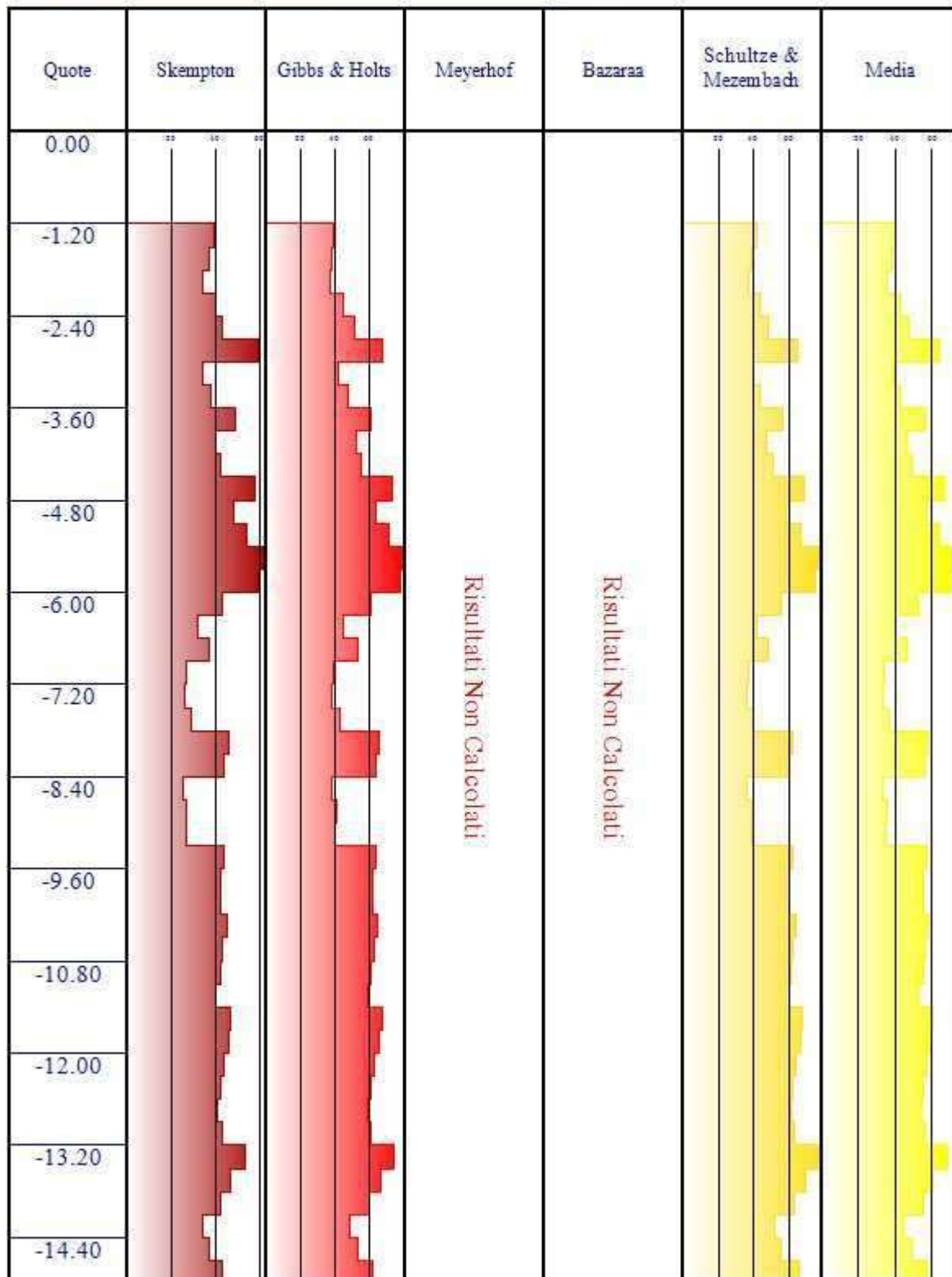


Tabella 1.4: risultati del calcolo per la Densità relativa.

ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO ϕ_i

L'angolo di resistenza al taglio è stato calcolato con:

- Peck, Hansen e Thorburn (1974) - [PHT]

- Meyerhof (1965) (<5% limo) - [M<5]
- Meyerhof (1965) (>5% limo) - [M>5]
- Schmertmann (1975) - [S75]
- Schmertmann (1978) - [S78]

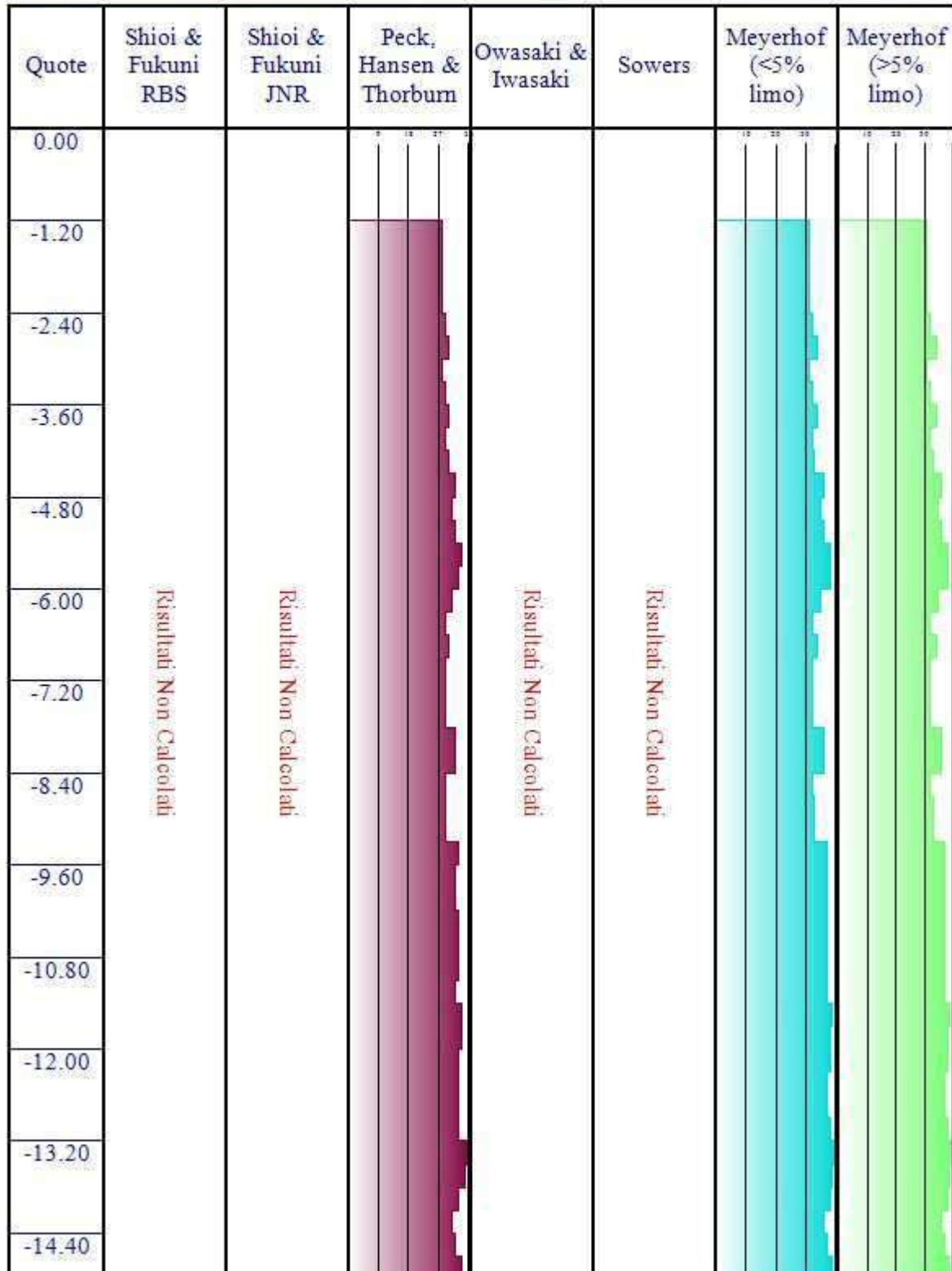
ANGOLO DI RESITENZA AL TAGLIO [°] - Tabella 1 -			
Quota [m]	PHT	M<5	M>5
0.00	0	0	0
-0.30	0	0	0
-0.60	0	0	0
-0.90	0	0	0
-1.20	28	31	25
-1.50	28	31	25
-1.80	28	31	25
-2.10	28	31	26
-2.40	29	32	27
-2.70	30	34	29
-3.00	28	31	26
-3.30	29	32	27
-3.60	30	34	29
-3.90	29	32	27
-4.20	30	33	28
-4.50	32	36	32
-4.80	31	35	30
-5.10	32	36	32
-5.40	34	38	34
-5.70	33	38	33
-6.00	31	35	30
-6.30	29	32	27
-6.60	30	34	29
-6.90	29	32	27
-7.20	29	32	27
-7.50	29	32	27
-7.80	32	36	32
-8.10	32	36	32
-8.40	29	32	27
-8.70	29	33	27
-9.00	29	33	27
-9.30	33	37	32
-9.60	32	37	32
-9.90	32	37	32
-10.20	33	37	33
-10.50	33	37	33
-10.80	33	37	32
-11.10	32	37	32
-11.40	34	39	34
-11.70	34	38	34
-12.00	33	38	33
-12.30	33	37	33
-12.60	33	37	33
-12.90	33	38	33
-13.20	37	41	36

-13.50	35	39	35
-13.80	33	38	33
-14.10	31	36	31
-14.40	32	37	32
-14.70	34	39	34

ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO [°] - Tabella 2 -			
Quota [m]	S75	S78	Media
0.00	0	0	0
-0.30	0	0	0
-0.60	0	0	0
-0.90	0	0	0
-1.20	29	35	30
-1.50	28	35	29
-1.80	28	35	29
-2.10	30	36	30
-2.40	33	36	31
-2.70	38	37	34
-3.00	29	35	30
-3.30	31	35	31
-3.60	36	36	33
-3.90	32	36	31
-4.20	34	39	33
-4.50	40	40	36
-4.80	37	39	34
-5.10	39	40	36
-5.40	42	41	38
-5.70	41	40	37
-6.00	35	39	34
-6.30	30	38	31
-6.60	33	38	33
-6.90	28	37	31
-7.20	27	37	30
-7.50	29	37	31
-7.80	37	39	35
-8.10	37	42	36
-8.40	27	40	31
-8.70	28	40	31
-9.00	28	40	31
-9.30	37	42	36
-9.60	36	41	36
-9.90	36	41	36
-10.20	37	42	36
-10.50	37	41	36
-10.80	36	41	36
-11.10	36	41	36
-11.40	39	42	38
-11.70	38	42	37
-12.00	37	42	37
-12.30	37	41	36
-12.60	36	41	36
-12.90	37	41	36

-13.20	41	42	39
-13.50	39	42	38
-13.80	37	41	36
-14.10	33	41	34
-14.40	35	41	35
-14.70	38	41	37

Risultati Angolo di Attrito per la prova D.P. [gradi]



Risultati Angolo di Attrito per la prova D.P. [gradi]

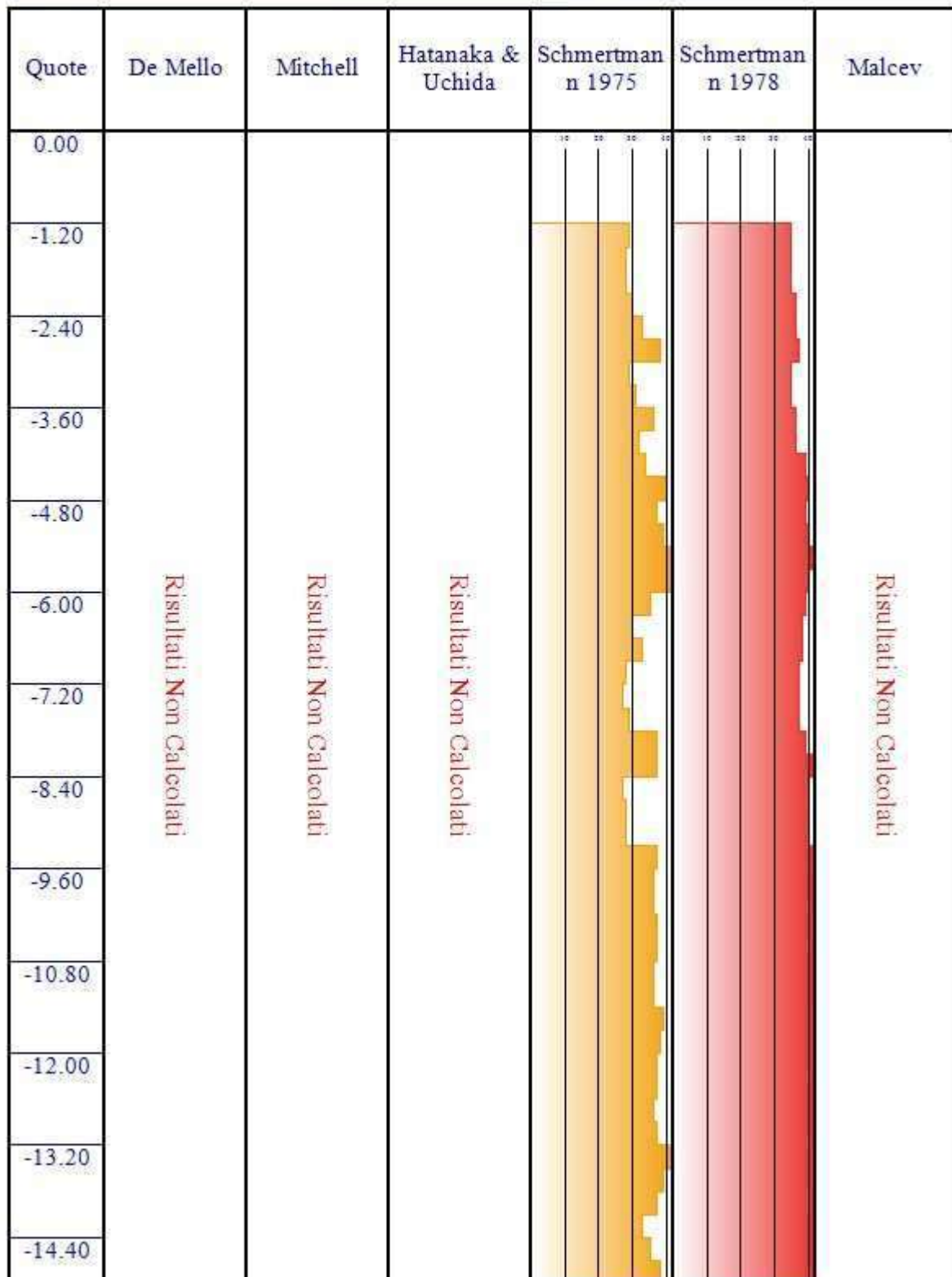


Tabella 1.5: risultati del calcolo per l'Angolo di Resistenza al taglio.

MODULO ELASTICO E

Il modulo elastico è stato calcolato con:

- Burland e Burbidge (1985)

- Schmertmann (1978)
- Schultze & Mezembach ()

MODULO ELASTICO [daN/cmq] - Tabella 1 -		
Quota [m]	Burland & Burbridge	Schmertmann
0.00	0 - 0	0
-0.30	0 - 0	0
-0.60	0 - 0	0
-0.90	0 - 0	0
-1.20	0 - 0	22
-1.50	0 - 0	22
-1.80	0 - 0	22
-2.10	68 - 101	33
-2.40	98 - 148	44
-2.70	254 - 393	87
-3.00	68 - 101	33
-3.30	98 - 148	44
-3.60	212 - 327	76
-3.90	132 - 201	55
-4.20	170 - 261	164
-4.50	451 - 691	328
-4.80	299 - 461	246
-5.10	451 - 691	328
-5.40	763 - 1 160	464
-5.70	695 - 1 058	437
-6.00	299 - 461	246
-6.30	132 - 201	137
-6.60	212 - 327	191
-6.90	98 - 148	109
-7.20	98 - 148	109
-7.50	132 - 201	137
-7.80	508 - 776	355
-8.10	473 - 724	338
-8.40	110 - 167	119
-8.70	136 - 207	139
-9.00	136 - 207	139
-9.30	559 - 853	378
-9.60	515 - 787	358
-9.90	515 - 787	358
-10.20	650 - 990	418
-10.50	603 - 920	398
-10.80	559 - 853	378
-11.10	515 - 787	358
-11.40	851 - 1 292	498
-11.70	798 - 1 213	478
-12.00	698 - 1 062	438
-12.30	650 - 990	418
-12.60	603 - 920	398
-12.90	698 - 1 062	438
-13.20	1 373 - 2 081	697
-13.50	1 018 - 1 542	557
-13.80	698 - 1 062	438

-14.10	395 - 605	299
-14.40	515 - 787	358
-14.70	851 - 1 292	498

MODULO ELASTICO [daN/cmq] - Tabella 2 -		
Quota [m]	Schultze & Mezembach	Media
0.00	0	0
-0.30	0	0
-0.60	0	0
-0.90	0	0
-1.20	0	22
-1.50	0	22
-1.80	0	22
-2.10	0	58
-2.40	0	84
-2.70	0	206
-3.00	0	58
-3.30	0	84
-3.60	0	173
-3.90	0	110
-4.20	0	190
-4.50	0	450
-4.80	0	313
-5.10	0	450
-5.40	0	713
-5.70	0	656
-6.00	0	313
-6.30	0	152
-6.60	0	230
-6.90	0	116
-7.20	0	116
-7.50	0	152
-7.80	0	498
-8.10	0	468
-8.40	0	128
-8.70	111	141
-9.00	111	141
-9.30	174	419
-9.60	169	393
-9.90	169	393
-10.20	185	474
-10.50	179	446
-10.80	174	419
-11.10	169	393
-11.40	206	592
-11.70	200	561
-12.00	190	503
-12.30	185	474
-12.60	179	446
-12.90	190	503
-13.20	258	894
-13.50	221	686

-13.80	190	503
-14.10	153	317
-14.40	169	393
-14.70	206	592

Risultati Modulo Elastico per la prova D.P. [daN/cm²]

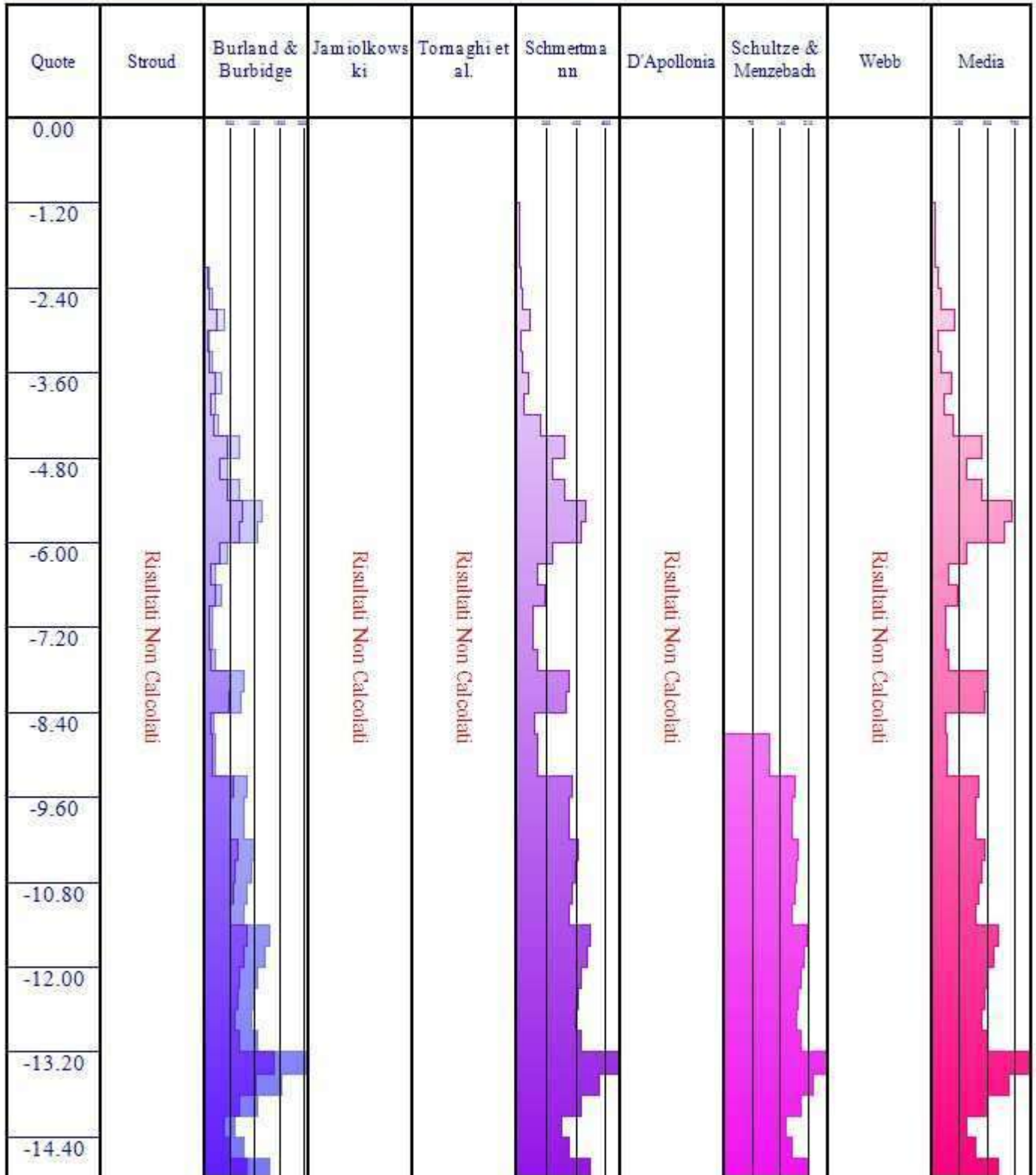
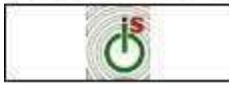


Tabella 1.6: risultati del calcolo per il Modulo Elastico.



Impresa: Fusina Srl	
Committente: Te.A. Consulting Srl	
Località: via Vanzago - Pregnana Milanese	Data: lunedì 7 luglio 2025
Prova: N°6	Posizione: x,y
Strumento: DPSH	Operatore: Davide
Quota inizio foro: 0.70	Quota p.c.: 0.00



Software: IS GeoStrati
di CDM Dolmen e omnia IS srl, Via Drovetti 9/F, 10138 Torino - 011.4470755 - www.omniais.it

Relazione di calcolo per la prova penetrometrica dinamica continua (D.P.)

In data lunedì 7 luglio 2025, in località via Vanzago - Pregnana Milanese MI, l'impresa Fusina Srl per conto del committente Te.A. Consulting Srl, ha eseguito una prova penetrometrica dinamica continua D.P.

Il dispositivo utilizzato per eseguire il sondaggio ha caratteristiche rappresentate dal modello in Figura 1.1

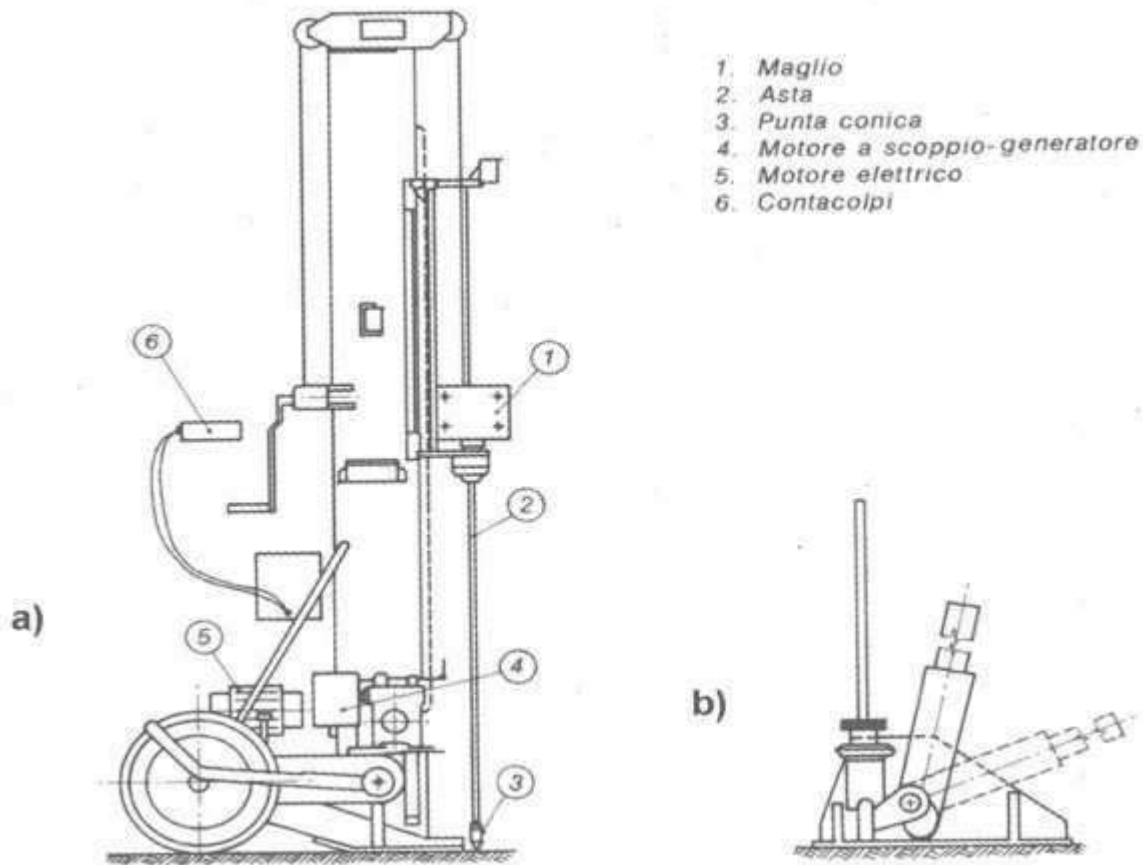


Figura 1.1: Schema dell'attrezzatura tipo per la prova Penetrometrica Dinamica Continua (D.P.).

Stratigrafia

La stratigrafia del sito è caratterizzata da 4 strati aventi le litologie raffigurate nelle immagini sottostanti (Figura 1.2 e Tabella 1.1).

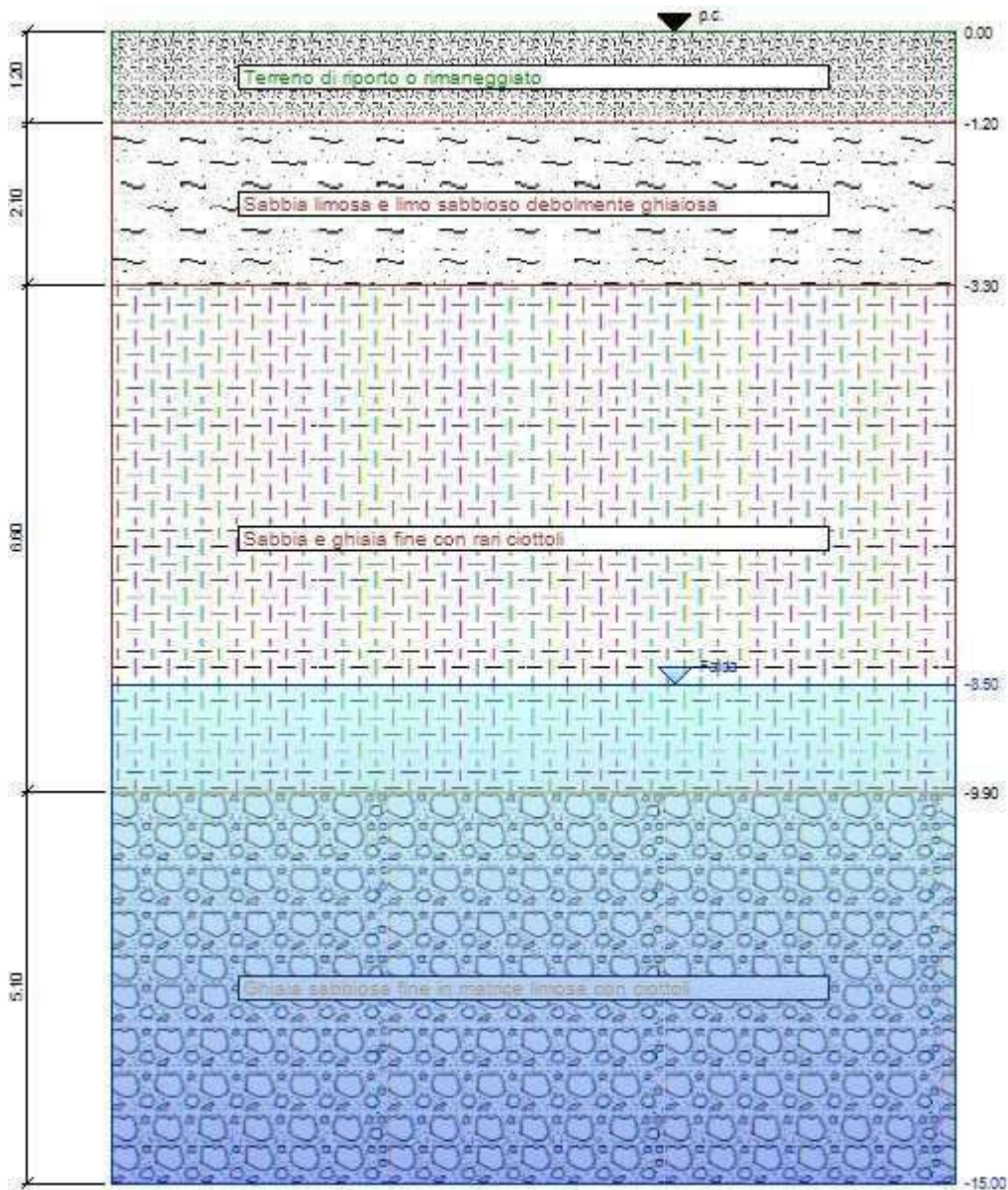


Figura 1.2: Stratigrafia del sito.

Quote [m]	Descrizione litologica	γ [daN/cm ³]	OCR
0.00	Terreno di riporto o rimaneggiato	0.0018	1.00
-1.20	Sabbia limosa e limo sabbioso debolmente ghiaiosa	0.0018	1.00
-3.30	Sabbia e ghiaia fine con rari ciottoli	0.0018	1.00
-9.90	Ghiaia sabbiosa fine in matrice limosa con ciottoli	0.0019	1.00

Tabella 1.1: Stratigrafia del sito.

La tabella seguente riporta l'andamento della tensione totale, della tensione efficace e della pressione idrostatica.

Quote [m]	Tensione totale [daN/cm ²]	Tensione efficace [daN/cm ²]	Pressione neutra [daN/cm ²]
0.00	0.00	0.00	0.00
-0.30	0.05	0.05	0.00
-0.60	0.11	0.11	0.00
-0.90	0.16	0.16	0.00
-1.20	0.22	0.22	0.00
-1.50	0.27	0.27	0.00

-1.80	0.32	0.32	0.00
-2.10	0.38	0.38	0.00
-2.40	0.43	0.43	0.00
-2.70	0.49	0.49	0.00
-3.00	0.54	0.54	0.00
-3.30	0.59	0.59	0.00
-3.60	0.65	0.65	0.00
-3.90	0.70	0.70	0.00
-4.20	0.76	0.76	0.00
-4.50	0.81	0.81	0.00
-4.80	0.86	0.86	0.00
-5.10	0.92	0.92	0.00
-5.40	0.97	0.97	0.00
-5.70	1.03	1.03	0.00
-6.00	1.08	1.08	0.00
-6.30	1.13	1.13	0.00
-6.60	1.19	1.19	0.00
-6.90	1.24	1.24	0.00
-7.20	1.30	1.30	0.00
-7.50	1.35	1.35	0.00
-7.80	1.40	1.40	0.00
-8.10	1.46	1.46	0.00
-8.40	1.51	1.51	0.00
-8.70	1.57	1.55	0.02
-9.00	1.62	1.57	0.05
-9.30	1.67	1.60	0.08
-9.60	1.73	1.62	0.11
-9.90	1.78	1.64	0.14
-10.20	1.84	1.67	0.17
-10.50	1.90	1.70	0.20
-10.80	1.95	1.73	0.23
-11.10	2.01	1.75	0.26
-11.40	2.07	1.78	0.28
-11.70	2.12	1.81	0.31
-12.00	2.18	1.84	0.34
-12.30	2.24	1.87	0.37
-12.60	2.30	1.89	0.40
-12.90	2.35	1.92	0.43
-13.20	2.41	1.95	0.46
-13.50	2.47	1.98	0.49
-13.80	2.52	2.00	0.52
-14.10	2.58	2.03	0.55
-14.40	2.64	2.06	0.58
-14.70	2.69	2.09	0.61

Tabella 1.2: Andamento pressioni.

E' presente una falda tra la quota -8.50 m e la quota -15.00 m.

Dati prova

L'operatore Davide ha infisso per battitura un penetrometro di tipo AGI-Meardi le cui caratteristiche sono:

- Massa cono: 73 kg
- Altezza di caduta: 75 cm
- Area base punta conica: 20,27 cm²
- Diametro base punta conica: 5,08 cm
- Lunghezza cilindro: 2,91 cm
- Altezza cono: 4,4 cm
- Massa aste: 4,6±0,5 kg/m
- Diametro aste: 3,7 cm

Sono stati eseguiti 100 sondaggi nel terreno, i cui risultati, relativi al numero di colpi Ndp per la penetrazione di ciascun tratto, sono riportati nella tabella sottostante.

Quota [m]	Ndp	Uc
0.00	119	2
-0.30	119	0
-0.30	21	0
-0.60	21	0
-0.60	11	0
-0.90	11	0
-0.90	9	0
-1.20	9	0
-1.20	2	0
-1.50	2	0
-1.50	2	0
-1.80	2	0
-1.80	3	0
-2.10	3	0
-2.10	3	0
-2.40	3	0
-2.40	3	0
-2.70	3	0
-2.70	28	0
-3.00	28	0
-3.00	18	0
-3.30	18	0
-3.30	8	0
-3.60	8	0
-3.60	8	0
-3.90	8	0
-3.90	7	0
-4.20	7	0
-4.20	4	0
-4.50	4	0
-4.50	6	0
-4.80	6	0
-4.80	10	0
-5.10	10	0
-5.10	12	0
-5.40	12	0
-5.40	11	0
-5.70	11	0
-5.70	7	0
-6.00	7	0

-6.00	8	0
-6.30	8	0
-6.30	9	0
-6.60	9	0
-6.60	9	0
-6.90	9	0
-6.90	10	0
-7.20	10	0
-7.20	9	0
-7.50	9	0
-7.50	9	0
-7.80	9	0
-7.80	9	0
-8.10	9	0
-8.10	9	0
-8.40	9	0
-8.40	11	0
-8.70	11	0
-8.70	9	0
-9.00	9	0
-9.00	13	0
-9.30	13	0
-9.30	10	0
-9.60	10	0
-9.60	8	0
-9.90	8	0
-9.90	15	0
-10.20	15	0
-10.20	12	0
-10.50	12	0
-10.50	15	0
-10.80	15	0
-10.80	13	0
-11.10	13	0
-11.10	12	0
-11.40	12	0
-11.40	18	0
-11.70	18	0
-11.70	19	0
-12.00	19	0
-12.00	11	0
-12.30	11	0
-12.30	15	0
-12.60	15	0
-12.60	11	0
-12.90	11	0
-12.90	10	0
-13.20	10	0
-13.20	11	0
-13.50	11	0
-13.50	13	0
-13.80	13	0

-13.80	15	0
-14.10	15	0
-14.10	20	0
-14.40	20	0
-14.40	15	0
-14.70	15	0
-14.70	19	0
-15.00	19	0

Tabella 1.3: dati del sondaggio.

Risultati

Di seguito sono riportati i parametri del terreno ricavati dai calcoli eseguiti.

DENSITA' RELATIVA D_r

La densità relativa è stata calcolata con:

- Skempton (1986)
- Gibbs e Holts (1957)
- Schultze & Mezembach (1961))

DENSITA' RELATIVA [%]				
Quota [m]	Skempton	Gibs & Holts	Schultze & Mezembach	Media
0.00	0	0	0	0
-0.30	0	0	0	0
-0.60	0	0	0	0
-0.90	0	0	0	0
-1.20	84	79	85	83
-1.50	37	38	39	38
-1.80	34	37	37	36
-2.10	40	45	44	43
-2.40	38	44	42	41
-2.70	36	43	41	40
-3.00	100	100	100	100
-3.30	81	91	91	88
-3.60	52	65	60	59
-3.90	50	64	59	58
-4.20	45	59	54	53
-4.50	33	45	41	40
-4.80	40	54	49	48
-5.10	50	66	61	59
-5.40	53	70	66	63
-5.70	49	67	62	59
-6.00	38	54	50	47
-6.30	40	57	52	50
-6.60	41	59	54	51
-6.90	41	58	54	51
-7.20	42	60	56	53
-7.50	39	57	53	50
-7.80	38	56	52	49
-8.10	37	56	52	48

-8.40	37	55	51	48
-8.70	40	60	56	52
-9.00	36	54	51	47
-9.30	43	63	60	55
-9.60	37	55	53	48
-9.90	28	42	41	37
-10.20	38	56	55	50
-10.50	34	50	49	44
-10.80	37	55	54	49
-11.10	35	51	50	45
-11.40	33	49	48	43
-11.70	40	58	58	52
-12.00	41	59	60	53
-12.30	31	45	46	41
-12.60	36	52	53	47
-12.90	30	44	45	40
-13.20	29	41	43	38
-13.50	30	43	45	39
-13.80	32	47	49	43
-14.10	34	50	52	45
-14.40	39	56	59	51
-14.70	34	49	52	45

Risultati Densità Relativa per la prova D.P. [%]

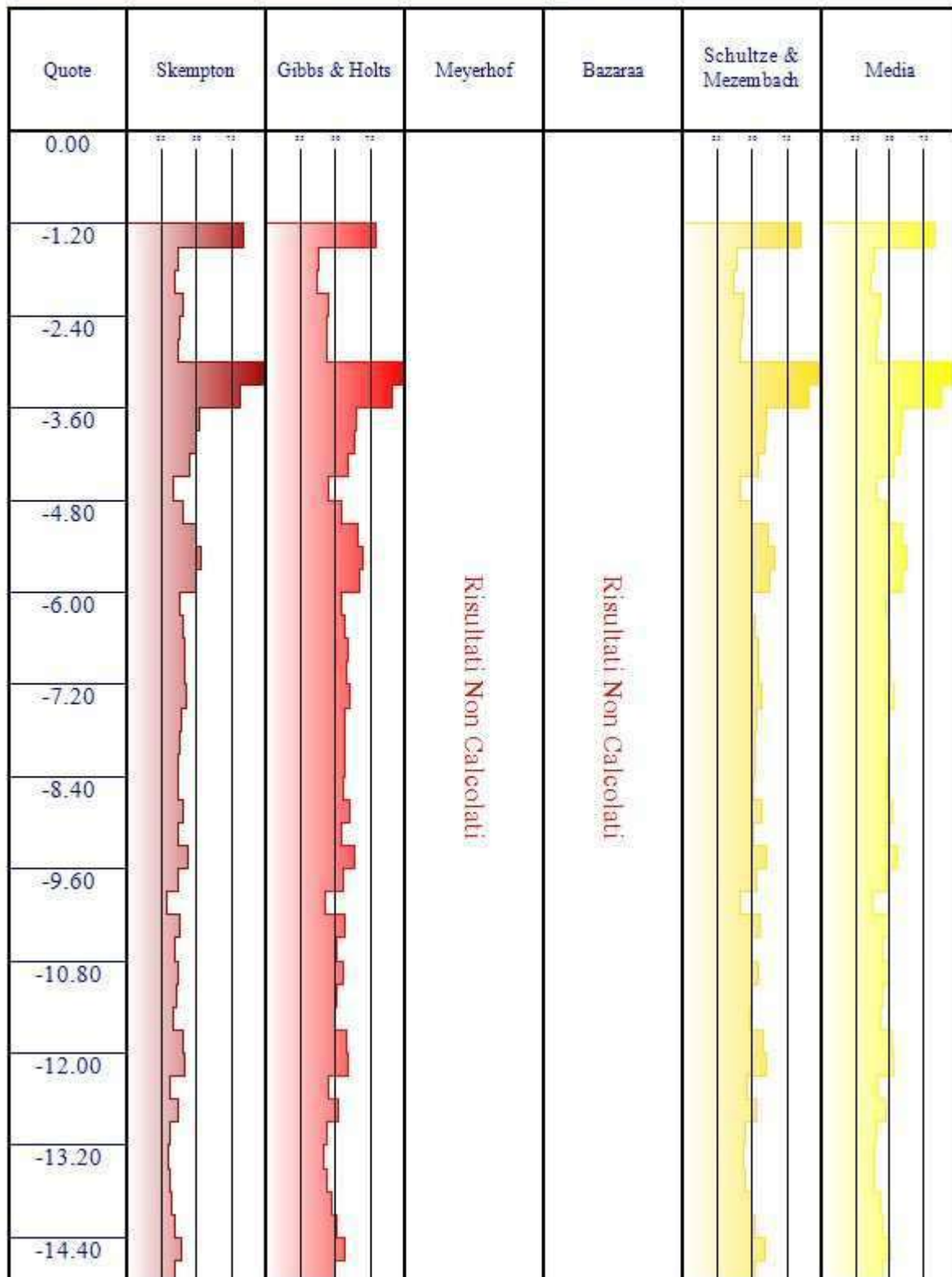


Tabella 1.4: risultati del calcolo per la Densità relativa.

ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO ϕ_i

L'angolo di resistenza al taglio è stato calcolato con:

- Peck, Hansen e Thorburn (1974) - [PHT]

- Meyerhof (1965) (<5% limo) - [M<5]
- Meyerhof (1965) (>5% limo) - [M>5]
- Schmertmann (1975) - [S75]
- Schmertmann (1978) - [S78]

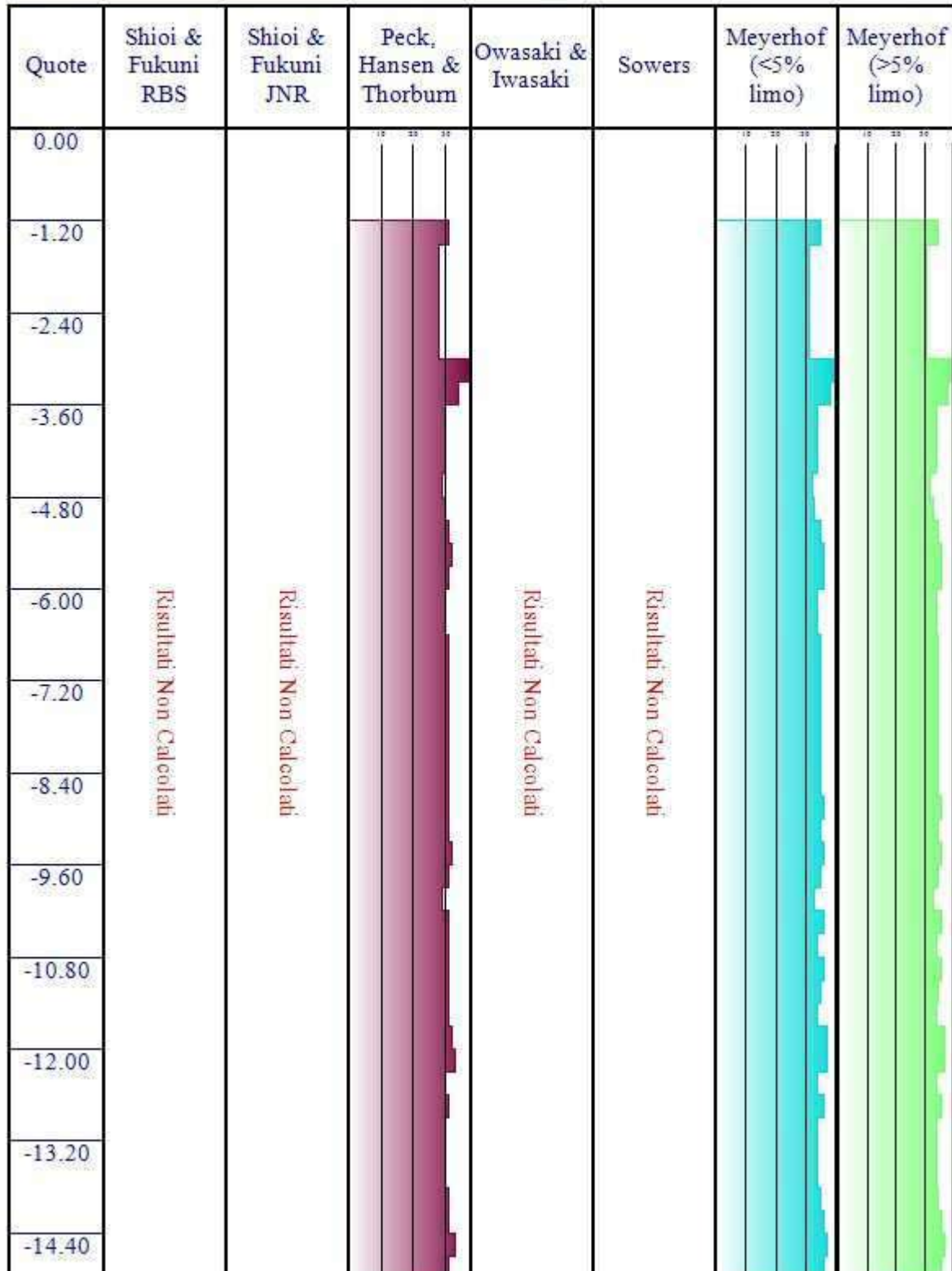
ANGOLO DI RESITENZA AL TAGLIO [°] - Tabella 1 -			
Quota [m]	PHT	M<5	M>5
0.00	0	0	0
-0.30	0	0	0
-0.60	0	0	0
-0.90	0	0	0
-1.20	31	35	30
-1.50	28	31	25
-1.80	28	31	25
-2.10	28	31	26
-2.40	28	31	26
-2.70	28	31	26
-3.00	38	41	37
-3.30	34	38	34
-3.60	30	34	29
-3.90	30	34	29
-4.20	30	34	29
-4.50	29	32	27
-4.80	30	33	28
-5.10	31	35	30
-5.40	32	36	32
-5.70	31	36	31
-6.00	30	34	29
-6.30	30	34	29
-6.60	31	35	30
-6.90	31	35	30
-7.20	31	35	30
-7.50	31	35	30
-7.80	31	35	30
-8.10	31	35	30
-8.40	31	35	30
-8.70	31	36	31
-9.00	31	35	30
-9.30	32	36	32
-9.60	31	35	30
-9.90	29	33	28
-10.20	31	36	31
-10.50	31	34	30
-10.80	31	36	31
-11.10	31	35	30
-11.40	31	34	30
-11.70	32	37	32
-12.00	33	37	32
-12.30	30	34	29
-12.60	31	36	31
-12.90	30	34	29
-13.20	30	34	29

-13.50	30	34	29
-13.80	31	35	30
-14.10	31	36	31
-14.40	33	37	33
-14.70	31	36	31

ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO [°] - Tabella 2 -			
Quota [m]	S75	S78	Media
0.00	0	0	0
-0.30	0	0	0
-0.60	0	0	0
-0.90	0	0	0
-1.20	42	40	36
-1.50	28	35	29
-1.80	28	35	29
-2.10	30	36	30
-2.40	30	35	30
-2.70	30	35	30
-3.00	50	42	42
-3.30	45	43	39
-3.60	37	40	34
-3.90	37	40	34
-4.20	35	39	33
-4.50	30	38	31
-4.80	33	38	32
-5.10	37	40	35
-5.40	39	40	36
-5.70	38	39	35
-6.00	33	38	33
-6.30	34	38	33
-6.60	35	39	34
-6.90	35	39	34
-7.20	35	39	34
-7.50	34	38	34
-7.80	34	38	34
-8.10	34	38	34
-8.40	33	38	33
-8.70	35	38	34
-9.00	33	38	33
-9.30	36	39	35
-9.60	34	38	34
-9.90	29	40	32
-10.20	34	41	35
-10.50	32	41	34
-10.80	34	41	35
-11.10	33	41	34
-11.40	32	41	34
-11.70	36	41	36
-12.00	36	41	36
-12.30	31	40	33
-12.60	34	41	35
-12.90	31	40	33

-13.20	30	40	33
-13.50	31	40	33
-13.80	32	41	34
-14.10	33	41	34
-14.40	36	41	36
-14.70	33	41	34

Risultati Angolo di Attrito per la prova D.P. [gradi]



Risultati Angolo di Attrito per la prova D.P. [gradi]

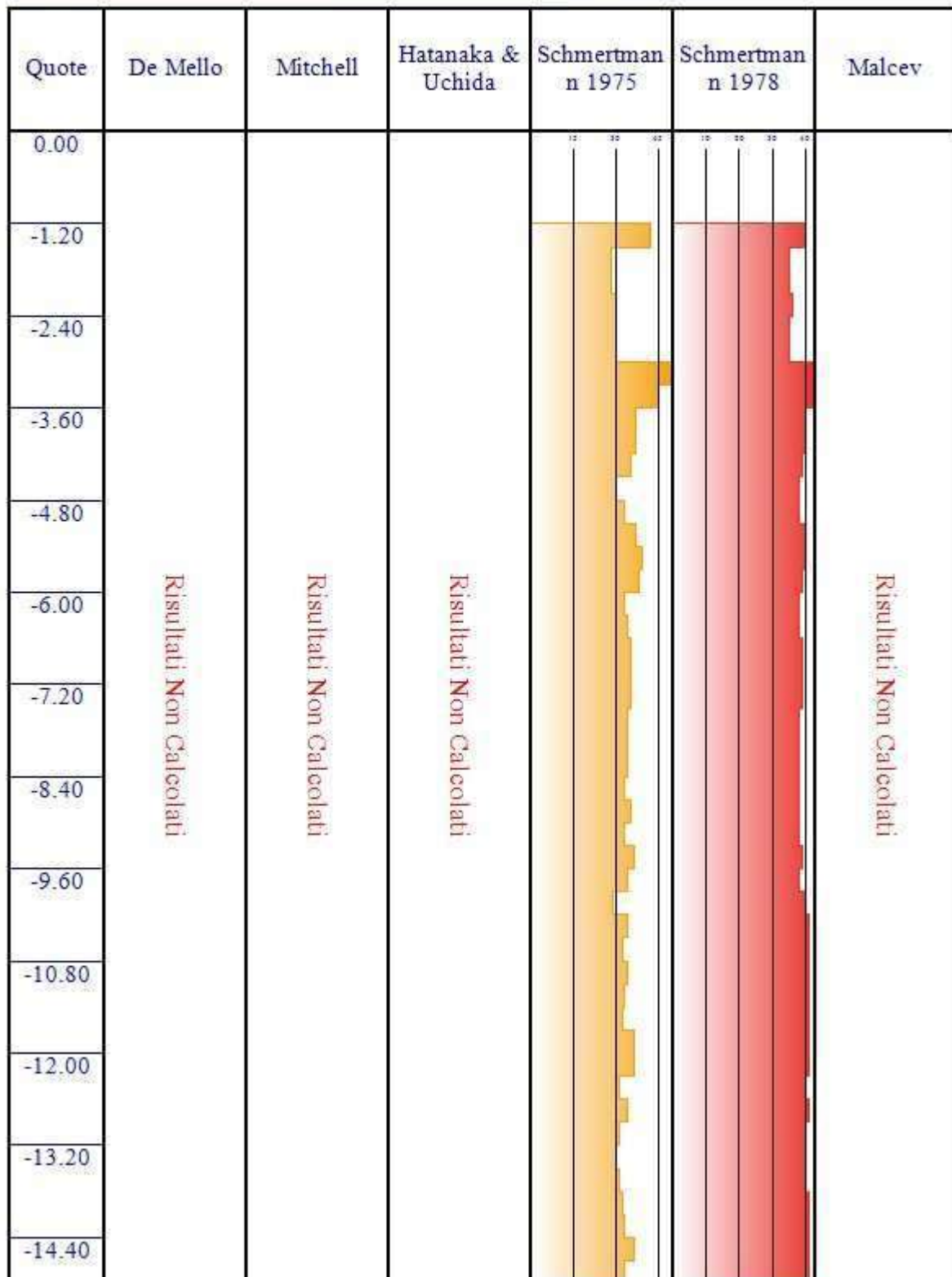


Tabella 1.5: risultati del calcolo per l'Angolo di Resistenza al taglio.

MODULO ELASTICO E

Il modulo elastico è stato calcolato con:

- Burland e Burbidge (1985)

- Schmertmann (1978)
- Schultze & Mezembach ()

MODULO ELASTICO [daN/cm²] - Tabella 1 -		
Quota [m]	Burland & Burbridge	Schmertmann
0.00	0 - 0	0
-0.30	0 - 0	0
-0.60	0 - 0	0
-0.90	0 - 0	0
-1.20	299 - 461	98
-1.50	0 - 0	22
-1.80	0 - 0	22
-2.10	68 - 101	33
-2.40	68 - 101	33
-2.70	68 - 101	33
-3.00	1 547 - 2 346	306
-3.30	834 - 1 267	491
-3.60	254 - 393	218
-3.90	254 - 393	218
-4.20	212 - 327	191
-4.50	98 - 148	109
-4.80	170 - 261	164
-5.10	347 - 533	273
-5.40	451 - 691	328
-5.70	398 - 610	300
-6.00	212 - 327	191
-6.30	254 - 393	218
-6.60	299 - 461	246
-6.90	299 - 461	246
-7.20	347 - 533	273
-7.50	299 - 461	246
-7.80	299 - 461	246
-8.10	299 - 461	246
-8.40	299 - 461	246
-8.70	398 - 610	300
-9.00	299 - 461	246
-9.30	508 - 776	355
-9.60	347 - 533	273
-9.90	163 - 251	159
-10.20	395 - 605	299
-10.50	288 - 443	239
-10.80	395 - 605	299
-11.10	322 - 495	259
-11.40	288 - 443	239
-11.70	515 - 787	358
-12.00	559 - 853	378
-12.30	255 - 394	219
-12.60	395 - 605	299
-12.90	255 - 394	219
-13.20	224 - 347	199
-13.50	255 - 394	219
-13.80	322 - 495	259

-14.10	395 - 605	299
-14.40	603 - 920	398
-14.70	395 - 605	299

MODULO ELASTICO [daN/cmq] - Tabella 2 -		
Quota [m]	Schultze & Mezembach	Media
0.00	0	0
-0.30	0	0
-0.60	0	0
-0.90	0	0
-1.20	0	239
-1.50	0	22
-1.80	0	22
-2.10	0	58
-2.40	0	58
-2.70	0	58
-3.00	0	1 126
-3.30	0	770
-3.60	0	271
-3.90	0	271
-4.20	0	230
-4.50	0	116
-4.80	0	190
-5.10	0	356
-5.40	0	450
-5.70	0	402
-6.00	0	230
-6.30	0	271
-6.60	0	313
-6.90	0	313
-7.20	0	356
-7.50	0	313
-7.80	0	313
-8.10	0	313
-8.40	0	313
-8.70	154	319
-9.00	139	255
-9.30	168	388
-9.60	146	286
-9.90	116	161
-10.20	153	317
-10.50	137	247
-10.80	153	317
-11.10	143	270
-11.40	137	247
-11.70	169	393
-12.00	174	419
-12.30	132	225
-12.60	153	317
-12.90	132	225
-13.20	127	204
-13.50	132	225

-13.80	143	270
-14.10	153	317
-14.40	179	446
-14.70	153	317

Risultati Modulo Elastico per la prova D.P. [daN/cm²]

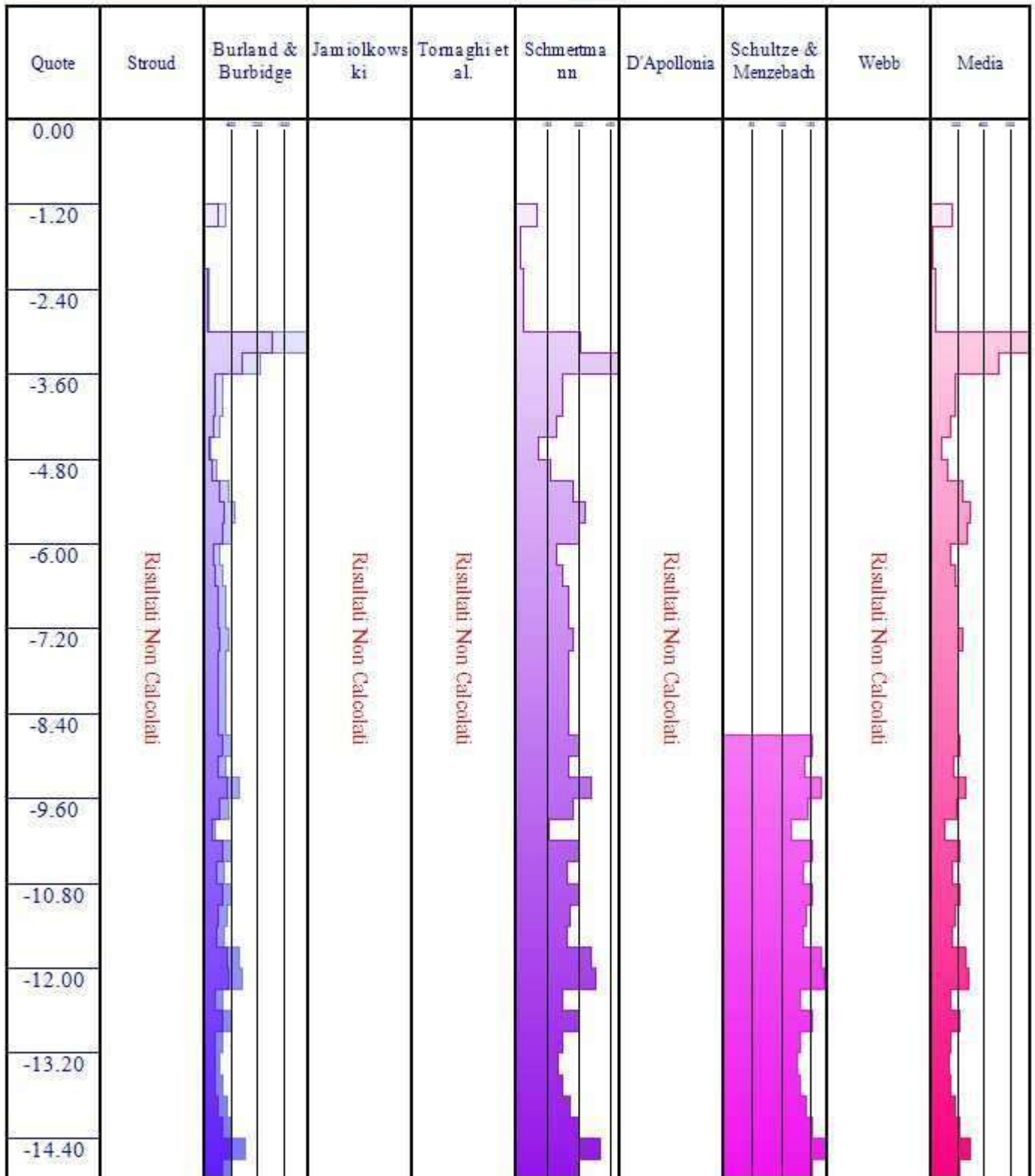


Tabella 1.6: risultati del calcolo per il Modulo Elastico.



Impresa: Fusina Srl	
Committente: Te.A. Consulting Srl	
Località: via Vanzago - Pregnana Milanese	Data: lunedì 7 luglio 2025
Prova: N°7	Posizione: x,y
Strumento: DPSH	Operatore: Davide
Quota inizio foro: 0.70	Quota p.c.: 0.00



Software: IS GeoStrati
di CDM Dolmen e omnia IS srl, Via Drovetti 9/F, 10138 Tonno - 011.4470755 - www.omniais.it

Relazione di calcolo per la prova penetrometrica dinamica continua (D.P.)

In data lunedì 7 luglio 2025, in località via Vanzago - Pregnana Milanese MI, l'impresa Fusina Srl per conto del committente Te.A. Consulting Srl, ha eseguito una prova penetrometrica dinamica continua D.P.

Il dispositivo utilizzato per eseguire il sondaggio ha caratteristiche rappresentate dal modello in Figura 1.1

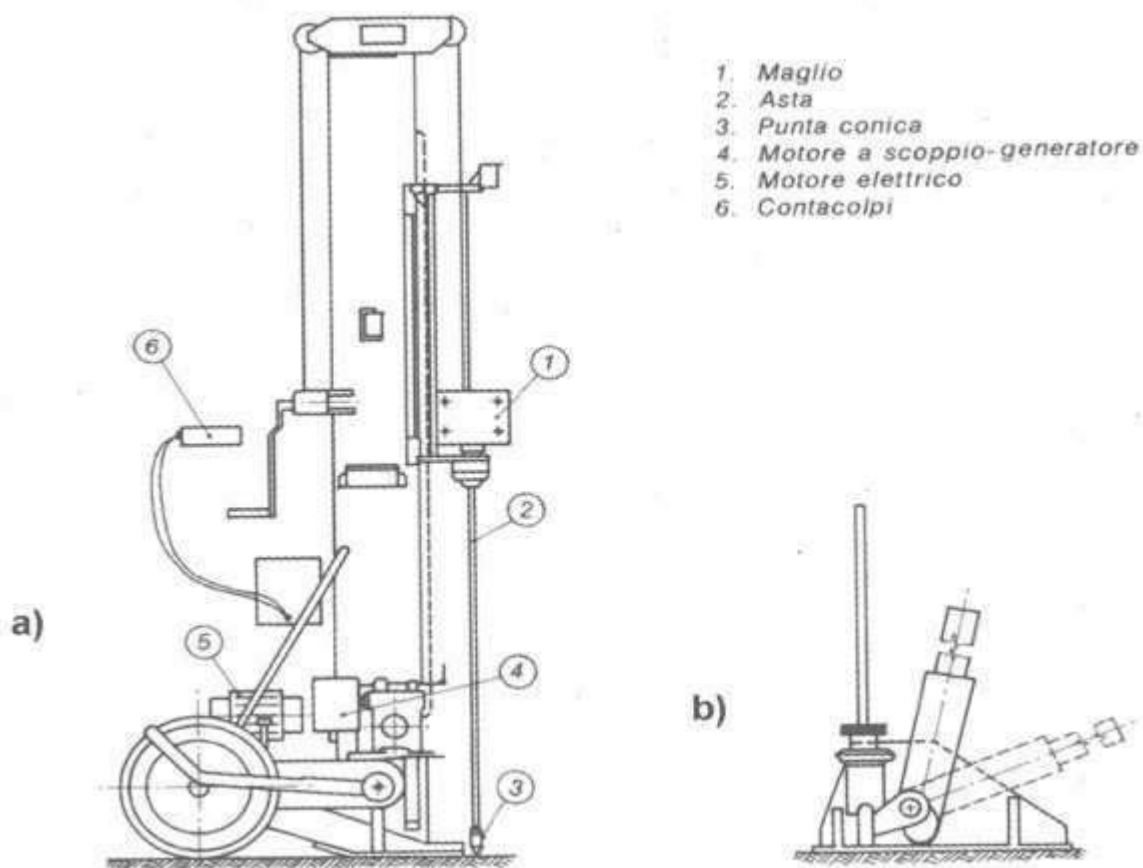


Figura 1.1: Schema dell'attrezzatura tipo per la prova Penetrometrica Dinamica Continua (D.P.).

Stratigrafia

La stratigrafia del sito è caratterizzata da 4 strati aventi le litologie raffigurate nelle immagini sottostanti (Figura 1.2 e Tabella 1.1).

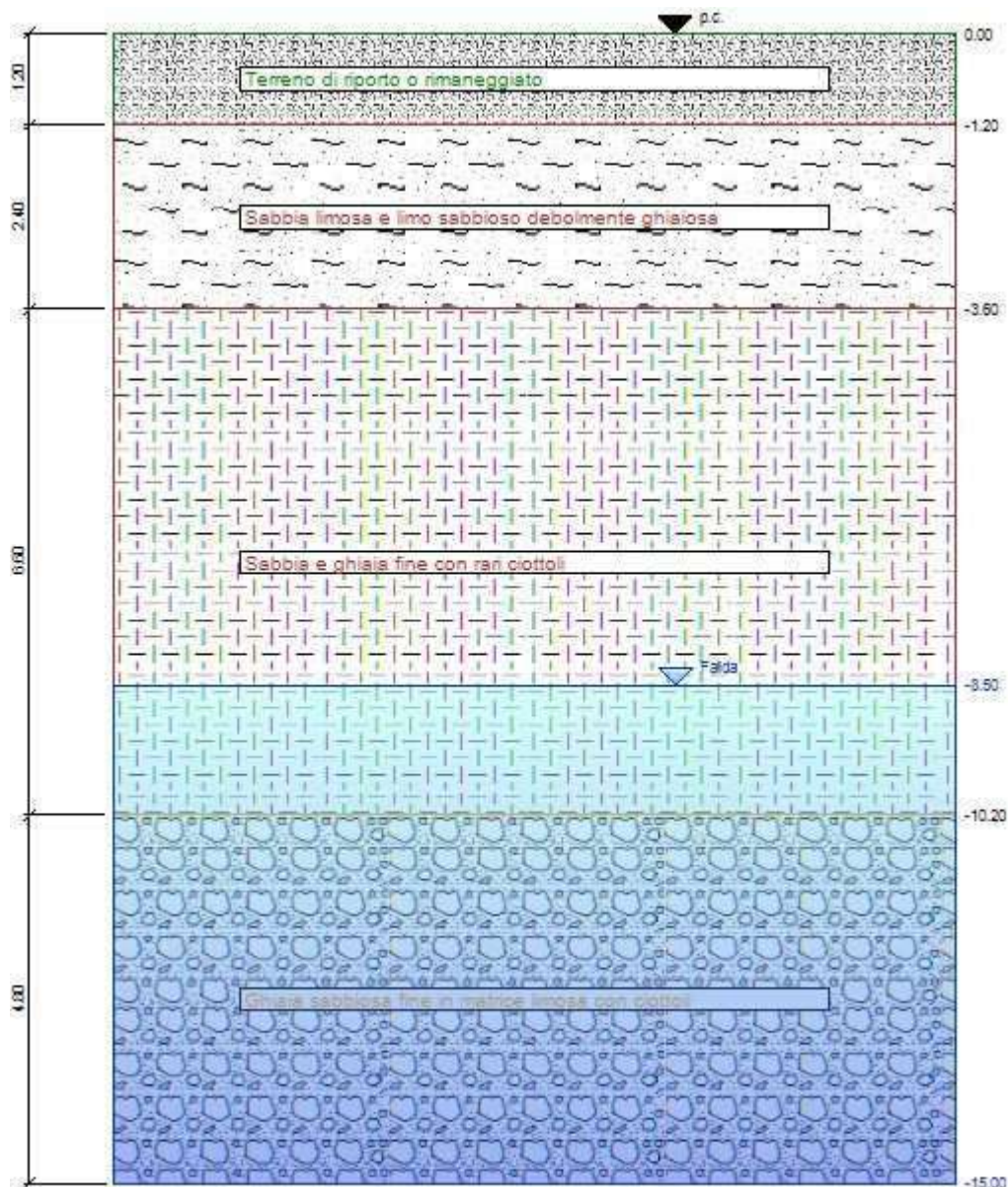


Figura 1.2: Stratigrafia del sito.

Quote [m]	Descrizione litologica	γ [daN/cm ³]	OCR
0.00	Terreno di riporto o rimaneggiato	0.0018	1.00
-1.20	Sabbia limosa e limo sabbioso debolmente ghiaiosa	0.0018	1.00
-3.60	Sabbia e ghiaia fine con rari ciottoli	0.0018	1.00
-10.20	Ghiaia sabbiosa fine in matrice limosa con ciottoli	0.0019	1.00

Tabella 1.1: Stratigrafia del sito.

La tabella seguente riporta l'andamento della tensione totale, della tensione efficace e della pressione idrostatica.

Quote [m]	Tensione totale [daN/cm ²]	Tensione efficace [daN/cm ²]	Pressione neutra [daN/cm ²]
0.00	0.00	0.00	0.00
-0.30	0.05	0.05	0.00
-0.60	0.11	0.11	0.00
-0.90	0.16	0.16	0.00
-1.20	0.22	0.22	0.00
-1.50	0.27	0.27	0.00

-1.80	0.32	0.32	0.00
-2.10	0.38	0.38	0.00
-2.40	0.43	0.43	0.00
-2.70	0.49	0.49	0.00
-3.00	0.54	0.54	0.00
-3.30	0.59	0.59	0.00
-3.60	0.65	0.65	0.00
-3.90	0.70	0.70	0.00
-4.20	0.76	0.76	0.00
-4.50	0.81	0.81	0.00
-4.80	0.86	0.86	0.00
-5.10	0.92	0.92	0.00
-5.40	0.97	0.97	0.00
-5.70	1.03	1.03	0.00
-6.00	1.08	1.08	0.00
-6.30	1.13	1.13	0.00
-6.60	1.19	1.19	0.00
-6.90	1.24	1.24	0.00
-7.20	1.30	1.30	0.00
-7.50	1.35	1.35	0.00
-7.80	1.40	1.40	0.00
-8.10	1.46	1.46	0.00
-8.40	1.51	1.51	0.00
-8.70	1.57	1.55	0.02
-9.00	1.62	1.57	0.05
-9.30	1.67	1.60	0.08
-9.60	1.73	1.62	0.11
-9.90	1.78	1.64	0.14
-10.20	1.84	1.67	0.17
-10.50	1.89	1.70	0.20
-10.80	1.95	1.72	0.23
-11.10	2.01	1.75	0.26
-11.40	2.06	1.78	0.28
-11.70	2.12	1.81	0.31
-12.00	2.18	1.83	0.34
-12.30	2.24	1.86	0.37
-12.60	2.29	1.89	0.40
-12.90	2.35	1.92	0.43
-13.20	2.41	1.94	0.46
-13.50	2.46	1.97	0.49
-13.80	2.52	2.00	0.52
-14.10	2.58	2.03	0.55
-14.40	2.63	2.06	0.58
-14.70	2.69	2.08	0.61

Tabella 1.2: Andamento pressioni.

E' presente una falda tra la quota -8.50 m e la quota -15.00 m.

Dati prova

L'operatore Davide ha infisso per battitura un penetrometro di tipo AGI-Meardi le cui caratteristiche sono:

- Massa cono: 73 kg
- Altezza di caduta: 75 cm
- Area base punta conica: 20,27 cm²
- Diametro base punta conica: 5,08 cm
- Lunghezza cilindro: 2,91 cm
- Altezza cono: 4,4 cm
- Massa aste: 4,6±0,5 kg/m
- Diametro aste: 3,7 cm

Sono stati eseguiti 100 sondaggi nel terreno, i cui risultati, relativi al numero di colpi Ndp per la penetrazione di ciascun tratto, sono riportati nella tabella sottostante.

Quota [m]	Ndp	Uc
0.00	9	2
-0.30	9	0
-0.30	12	0
-0.60	12	0
-0.60	3	0
-0.90	3	0
-0.90	2	0
-1.20	2	0
-1.20	4	0
-1.50	4	0
-1.50	2	0
-1.80	2	0
-1.80	3	0
-2.10	3	0
-2.10	3	0
-2.40	3	0
-2.40	5	0
-2.70	5	0
-2.70	2	0
-3.00	2	0
-3.00	9	0
-3.30	9	0
-3.30	17	0
-3.60	17	0
-3.60	22	0
-3.90	22	0
-3.90	11	0
-4.20	11	0
-4.20	10	0
-4.50	10	0
-4.50	14	0
-4.80	14	0
-4.80	16	0
-5.10	16	0
-5.10	21	0
-5.40	21	0
-5.40	18	0
-5.70	18	0
-5.70	16	0
-6.00	16	0

-6.00	22	0
-6.30	22	0
-6.30	22	0
-6.60	22	0
-6.60	23	0
-6.90	23	0
-6.90	27	0
-7.20	27	0
-7.20	9	0
-7.50	9	0
-7.50	6	0
-7.80	6	0
-7.80	13	0
-8.10	13	0
-8.10	12	0
-8.40	12	0
-8.40	10	0
-8.70	10	0
-8.70	11	0
-9.00	11	0
-9.00	14	0
-9.30	14	0
-9.30	12	0
-9.60	12	0
-9.60	18	0
-9.90	18	0
-9.90	15	0
-10.20	15	0
-10.20	22	0
-10.50	22	0
-10.50	25	0
-10.80	25	0
-10.80	27	0
-11.10	27	0
-11.10	25	0
-11.40	25	0
-11.40	24	0
-11.70	24	0
-11.70	20	0
-12.00	20	0
-12.00	21	0
-12.30	21	0
-12.30	23	0
-12.60	23	0
-12.60	20	0
-12.90	20	0
-12.90	21	0
-13.20	21	0
-13.20	27	0
-13.50	27	0
-13.50	33	0
-13.80	33	0

-13.80	29	0
-14.10	29	0
-14.10	25	0
-14.40	25	0
-14.40	27	0
-14.70	27	0
-14.70	20	0
-15.00	20	0

Tabella 1.3: dati del sondaggio.

Risultati

Di seguito sono riportati i parametri del terreno ricavati dai calcoli eseguiti.

DENSITA' RELATIVA D_r

La densità relativa è stata calcolata con:

- Skempton (1986)
- Gibbs e Holts (1957)
- Schultze & Mezembach (1961))

DENSITA' RELATIVA [%]				
Quota [m]	Skempton	Gibs & Holts	Schultze & Mezembach	Media
0.00	0	0	0	0
-0.30	0	0	0	0
-0.60	0	0	0	0
-0.90	0	0	0	0
-1.20	39	39	42	40
-1.50	52	55	55	54
-1.80	34	37	37	36
-2.10	40	45	44	43
-2.40	38	44	42	41
-2.70	46	56	52	51
-3.00	28	33	33	31
-3.30	57	69	65	64
-3.60	76	88	87	84
-3.90	83	95	96	91
-4.20	57	72	68	66
-4.50	53	68	63	61
-4.80	60	77	73	70
-5.10	63	80	77	73
-5.40	70	88	86	81
-5.70	63	82	79	75
-6.00	58	77	74	70
-6.30	66	86	85	79
-6.60	65	85	84	78
-6.90	65	86	84	78
-7.20	69	90	90	83
-7.50	39	57	53	50
-7.80	31	46	43	40
-8.10	45	65	62	57

-8.40	42	63	59	55
-8.70	38	57	53	49
-9.00	40	59	56	52
-9.30	44	65	62	57
-9.60	41	60	58	53
-9.90	49	71	70	63
-10.20	38	56	55	50
-10.50	46	66	65	59
-10.80	48	69	69	62
-11.10	50	71	72	64
-11.40	48	68	69	62
-11.70	46	66	67	60
-12.00	42	60	61	54
-12.30	42	61	62	55
-12.60	44	63	65	57
-12.90	41	59	61	54
-13.20	41	60	62	54
-13.50	47	66	69	61
-13.80	51	71	76	66
-14.10	48	67	71	62
-14.40	44	62	66	57
-14.70	45	64	68	59

Risultati Densità Relativa per la prova D.P. [%]

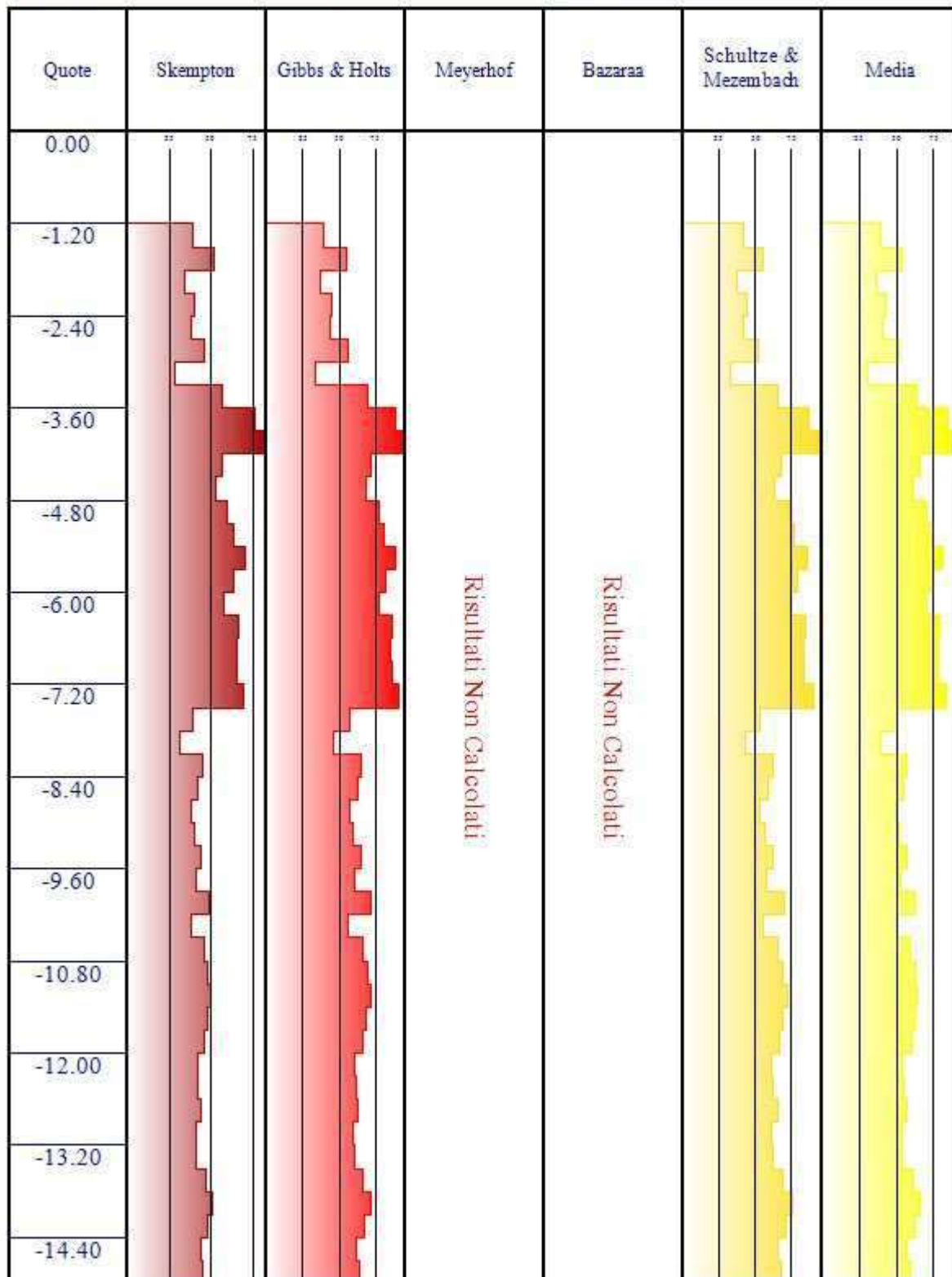


Tabella 1.4: risultati del calcolo per la Densità relativa.

ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO ϕ_i

L'angolo di resistenza al taglio è stato calcolato con:

- Peck, Hansen e Thorburn (1974) - [PHT]

- Meyerhof (1965) (<5% limo) - [M<5]
- Meyerhof (1965) (>5% limo) - [M>5]
- Schmertmann (1975) - [S75]
- Schmertmann (1978) - [S78]

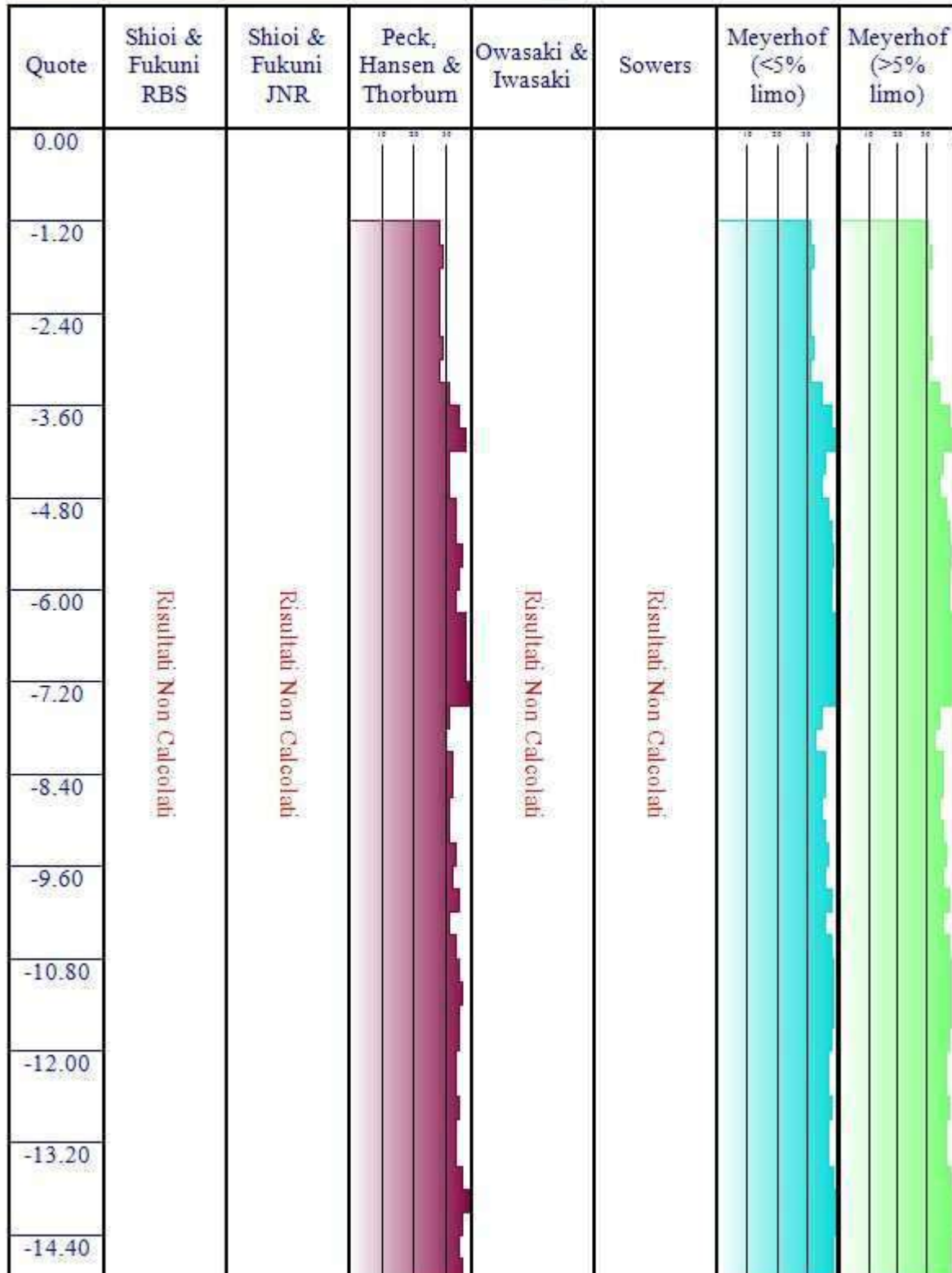
ANGOLO DI RESITENZA AL TAGLIO [°] - Tabella 1 -			
Quota [m]	PHT	M<5	M>5
0.00	0	0	0
-0.30	0	0	0
-0.60	0	0	0
-0.90	0	0	0
-1.20	28	31	25
-1.50	29	32	27
-1.80	28	31	25
-2.10	28	31	26
-2.40	28	31	26
-2.70	29	32	27
-3.00	28	31	25
-3.30	31	35	30
-3.60	34	38	34
-3.90	36	40	36
-4.20	31	36	31
-4.50	31	35	30
-4.80	33	37	33
-5.10	33	38	33
-5.40	35	39	35
-5.70	34	38	34
-6.00	33	38	33
-6.30	36	40	36
-6.60	36	40	36
-6.90	36	40	36
-7.20	38	41	37
-7.50	31	35	30
-7.80	30	33	28
-8.10	32	36	32
-8.40	32	36	32
-8.70	31	35	30
-9.00	31	36	31
-9.30	33	37	33
-9.60	32	36	32
-9.90	34	38	34
-10.20	31	36	31
-10.50	33	38	33
-10.80	34	39	34
-11.10	35	39	35
-11.40	34	39	34
-11.70	34	38	34
-12.00	33	37	33
-12.30	33	37	33
-12.60	34	38	34
-12.90	33	37	33
-13.20	33	37	33

-13.50	35	39	35
-13.80	37	40	36
-14.10	35	40	35
-14.40	34	39	34
-14.70	35	39	35

ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO [°] - Tabella 2 -			
Quota [m]	S75	S78	Media
0.00	0	0	0
-0.30	0	0	0
-0.60	0	0	0
-0.90	0	0	0
-1.20	29	35	30
-1.50	34	37	32
-1.80	28	35	29
-2.10	30	36	30
-2.40	30	35	30
-2.70	34	36	32
-3.00	26	34	29
-3.30	39	37	34
-3.60	44	39	38
-3.90	46	43	40
-4.20	39	40	35
-4.50	38	40	35
-4.80	41	40	37
-5.10	42	41	37
-5.40	44	42	39
-5.70	42	41	38
-6.00	41	40	37
-6.30	44	41	39
-6.60	43	41	39
-6.90	43	41	39
-7.20	45	41	40
-7.50	34	38	34
-7.80	30	38	32
-8.10	37	39	35
-8.40	36	39	35
-8.70	34	38	34
-9.00	35	38	34
-9.30	37	39	36
-9.60	36	39	35
-9.90	39	39	37
-10.20	34	41	35
-10.50	38	42	37
-10.80	39	42	38
-11.10	40	42	38
-11.40	39	42	38
-11.70	38	42	37
-12.00	36	41	36
-12.30	37	41	36
-12.60	38	42	37
-12.90	36	41	36

-13.20	37	41	36
-13.50	39	42	38
-13.80	41	42	39
-14.10	39	42	38
-14.40	38	42	37
-14.70	38	42	38

Risultati Angolo di Attrito per la prova D.P. [gradi]



Risultati Angolo di Attrito per la prova D.P. [gradi]

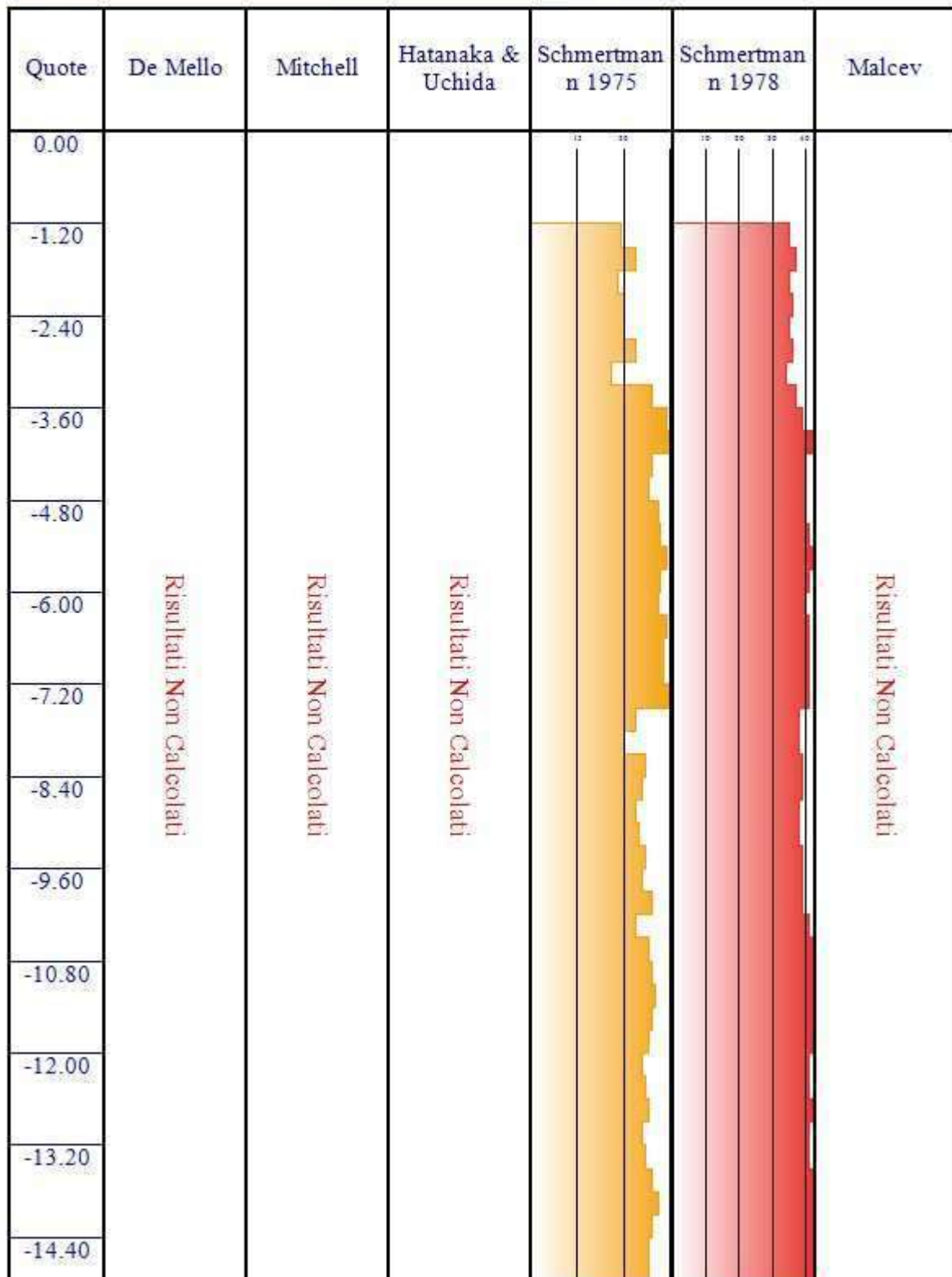


Tabella 1.5: risultati del calcolo per l'Angolo di Resistenza al taglio.

MODULO ELASTICO E

Il modulo elastico è stato calcolato con:

- Burland e Burbidge (1985)

- Schmertmann (1978)
- Schultze & Mezembach ()

MODULO ELASTICO [daN/cmq] - Tabella 1 -		
Quota [m]	Burland & Burbridge	Schmertmann
0.00	0 - 0	0
-0.30	0 - 0	0
-0.60	0 - 0	0
-0.90	0 - 0	0
-1.20	0 - 0	22
-1.50	98 - 148	44
-1.80	0 - 0	22
-2.10	68 - 101	33
-2.40	68 - 101	33
-2.70	132 - 201	55
-3.00	0 - 0	22
-3.30	299 - 461	98
-3.60	763 - 1 160	186
-3.90	1 139 - 1 724	601
-4.20	398 - 610	300
-4.50	347 - 533	273
-4.80	567 - 866	382
-5.10	695 - 1 058	437
-5.40	1 065 - 1 612	573
-5.70	834 - 1 267	491
-6.00	695 - 1 058	437
-6.30	1 139 - 1 724	601
-6.60	1 139 - 1 724	601
-6.90	1 204 - 1 823	628
-7.20	1 476 - 2 238	737
-7.50	299 - 461	246
-7.80	170 - 261	164
-8.10	508 - 776	355
-8.40	451 - 691	328
-8.70	347 - 533	273
-9.00	398 - 610	300
-9.30	567 - 866	382
-9.60	451 - 691	328
-9.90	834 - 1 267	491
-10.20	395 - 605	299
-10.50	698 - 1 062	438
-10.80	851 - 1 292	498
-11.10	961 - 1 456	538
-11.40	851 - 1 292	498
-11.70	798 - 1 213	478
-12.00	603 - 920	398
-12.30	650 - 990	418
-12.60	747 - 1 136	458
-12.90	603 - 920	398
-13.20	650 - 990	418
-13.50	961 - 1 456	538
-13.80	1 274 - 1 930	657

-14.10	1 077 - 1 630	577
-14.40	851 - 1 292	498
-14.70	961 - 1 456	538

MODULO ELASTICO [daN/cm^q] - Tabella 2 -		
Quota [m]	Schultze & Mezembach	Media
0.00	0	0
-0.30	0	0
-0.60	0	0
-0.90	0	0
-1.20	0	22
-1.50	0	84
-1.80	0	22
-2.10	0	58
-2.40	0	58
-2.70	0	110
-3.00	0	22
-3.30	0	239
-3.60	0	574
-3.90	0	1 016
-4.20	0	402
-4.50	0	356
-4.80	0	549
-5.10	0	656
-5.40	0	956
-5.70	0	770
-6.00	0	656
-6.30	0	1 016
-6.60	0	1 016
-6.90	0	1 071
-7.20	0	1 297
-7.50	0	313
-7.80	0	190
-8.10	0	498
-8.40	0	450
-8.70	146	286
-9.00	154	319
-9.30	175	424
-9.60	161	353
-9.90	204	582
-10.20	153	317
-10.50	190	503
-10.80	206	592
-11.10	216	654
-11.40	206	592
-11.70	200	561
-12.00	179	446
-12.30	185	474
-12.60	195	532
-12.90	179	446
-13.20	185	474
-13.50	216	654

-13.80	248	836
-14.10	227	719
-14.40	206	592
-14.70	216	654

Risultati Modulo Elastico per la prova D.P. [daN/cm²]

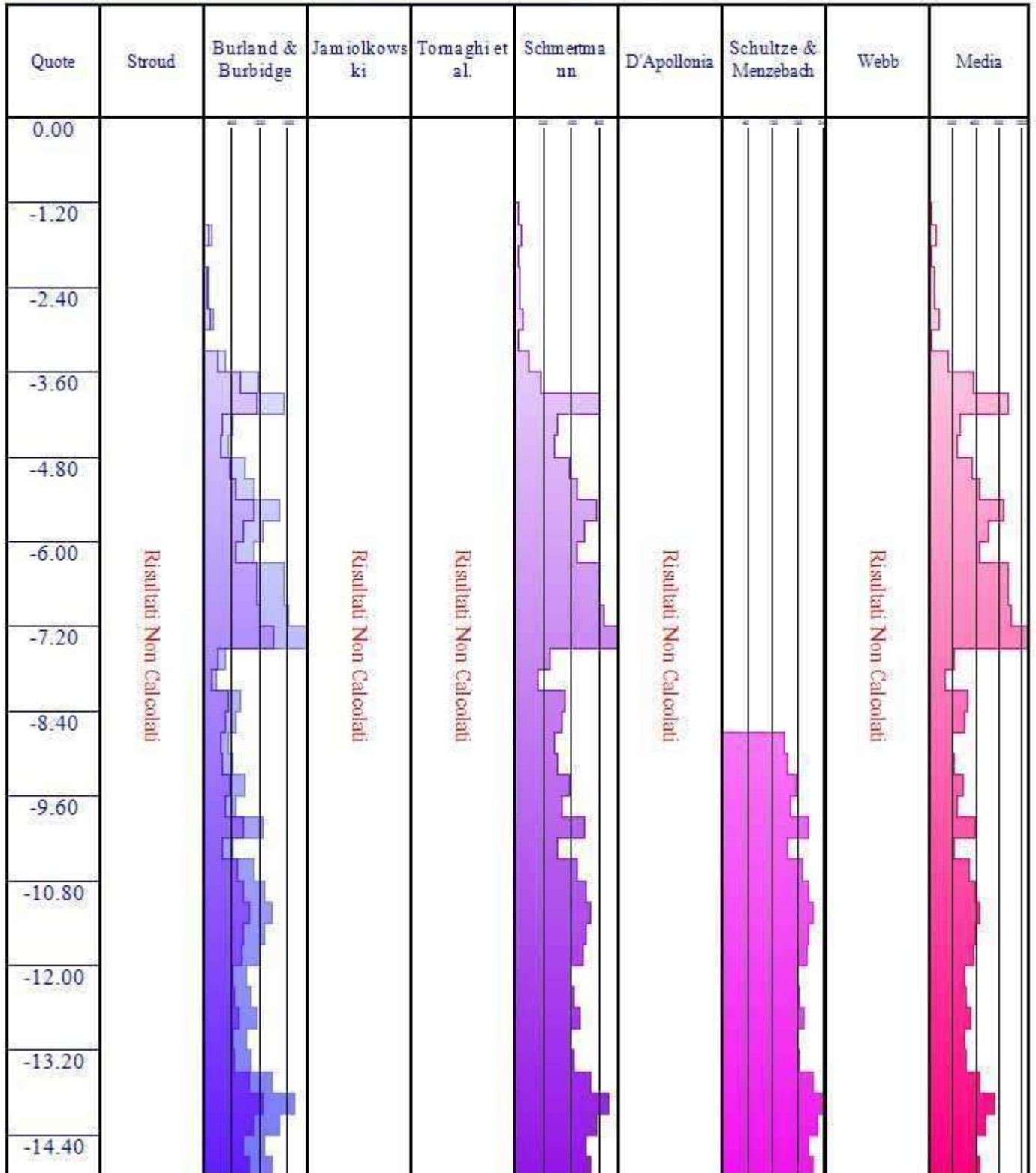


Tabella 1.6: risultati del calcolo per il Modulo Elastico.



Impresa: Fusina Srl	
Committente: Te.A. Consulting Srl	
Località: via Vanzago - Pregnana Milanese	Data: lunedì 7 luglio 2025
Prova: N°8	Posizione: x,y
Strumento: DPSH	Operatore: Davide
Quota inizio foro: 0.70	Quota p.c.: 0.00



Software: IS GeoStrati
di CDM Dolmen e omnia IS srl, Via Drovetti 9/F, 10138 Tonno - 011.4470755 - www.omniais.it

Relazione di calcolo per la prova penetrometrica dinamica continua (D.P.)

In data lunedì 7 luglio 2025, in località via Vanzago - Pregnana Milanese MI, l'impresa Fusina Srl per conto del committente Te.A. Consulting Srl, ha eseguito una prova penetrometrica dinamica continua D.P.

Il dispositivo utilizzato per eseguire il sondaggio ha caratteristiche rappresentate dal modello in Figura 1.1

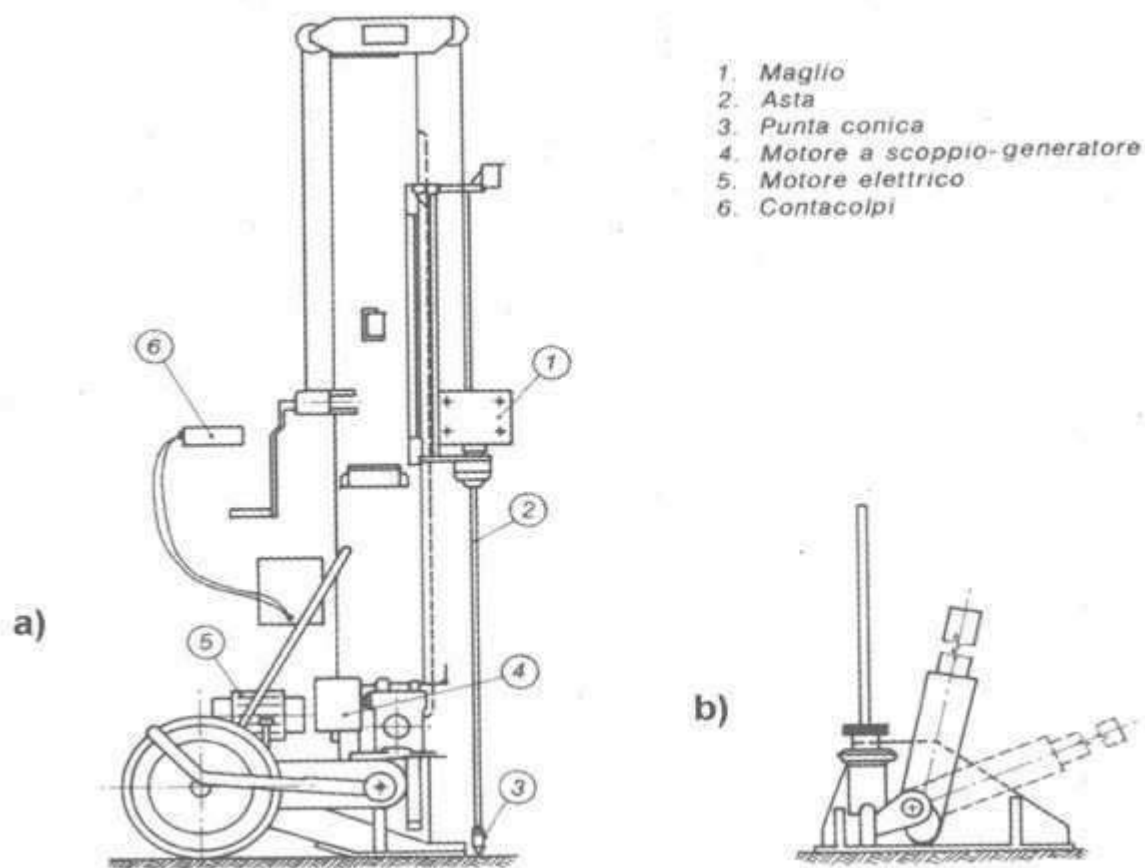


Figura 1.1: Schema dell'attrezzatura tipo per la prova Penetrometrica Dinamica Continua (D.P.).

Stratigrafia

La stratigrafia del sito è caratterizzata da 3 strati aventi le litologie raffigurate nelle immagini sottostanti (Figura 1.2 e Tabella 1.1).

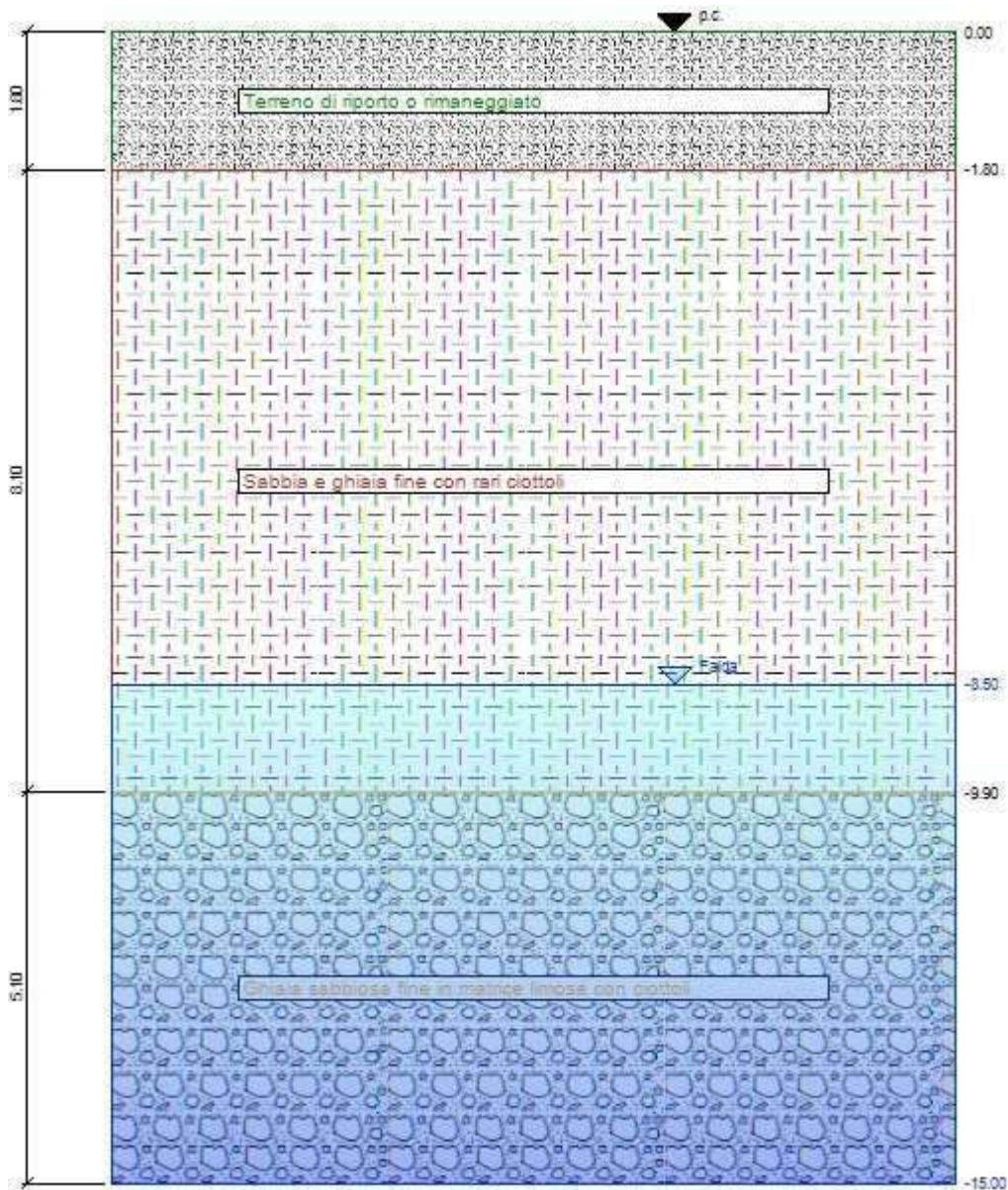


Figura 1.2: Stratigrafia del sito.

Quote [m]	Descrizione litologica	γ [daN/cm ³]	OCR
0.00	Terreno di riporto o rimaneggiato	0.0018	1.00
-1.80	Sabbia e ghiaia fine con rari ciottoli	0.0018	1.00
-9.90	Ghiaia sabbiosa fine in matrice limosa con ciottoli	0.0019	1.00

Tabella 1.1: Stratigrafia del sito.

La tabella seguente riporta l'andamento della tensione totale, della tensione efficace e della pressione idrostatica.

Quote [m]	Tensione totale [daN/cm ²]	Tensione efficace [daN/cm ²]	Pressione neutra [daN/cm ²]
0.00	0.00	0.00	0.00
-0.30	0.05	0.05	0.00
-0.60	0.11	0.11	0.00
-0.90	0.16	0.16	0.00
-1.20	0.22	0.22	0.00
-1.50	0.27	0.27	0.00
-1.80	0.32	0.32	0.00

-2.10	0.38	0.38	0.00
-2.40	0.43	0.43	0.00
-2.70	0.49	0.49	0.00
-3.00	0.54	0.54	0.00
-3.30	0.59	0.59	0.00
-3.60	0.65	0.65	0.00
-3.90	0.70	0.70	0.00
-4.20	0.76	0.76	0.00
-4.50	0.81	0.81	0.00
-4.80	0.86	0.86	0.00
-5.10	0.92	0.92	0.00
-5.40	0.97	0.97	0.00
-5.70	1.03	1.03	0.00
-6.00	1.08	1.08	0.00
-6.30	1.13	1.13	0.00
-6.60	1.19	1.19	0.00
-6.90	1.24	1.24	0.00
-7.20	1.30	1.30	0.00
-7.50	1.35	1.35	0.00
-7.80	1.40	1.40	0.00
-8.10	1.46	1.46	0.00
-8.40	1.51	1.51	0.00
-8.70	1.57	1.55	0.02
-9.00	1.62	1.57	0.05
-9.30	1.67	1.60	0.08
-9.60	1.73	1.62	0.11
-9.90	1.78	1.64	0.14
-10.20	1.84	1.67	0.17
-10.50	1.90	1.70	0.20
-10.80	1.95	1.73	0.23
-11.10	2.01	1.75	0.26
-11.40	2.07	1.78	0.28
-11.70	2.12	1.81	0.31
-12.00	2.18	1.84	0.34
-12.30	2.24	1.87	0.37
-12.60	2.30	1.89	0.40
-12.90	2.35	1.92	0.43
-13.20	2.41	1.95	0.46
-13.50	2.47	1.98	0.49
-13.80	2.52	2.00	0.52
-14.10	2.58	2.03	0.55
-14.40	2.64	2.06	0.58
-14.70	2.69	2.09	0.61

Tabella 1.2: Andamento pressioni.

E' presente una falda tra la quota -8.50 m e la quota -15.00 m.

Dati prova

L'operatore Davide ha infisso per battitura un penetrometro di tipo AGI-Meardi le cui caratteristiche sono:

- Massa cono: 73 kg

- Altezza di caduta: 75 cm
- Area base punta conica: 20,27 cm²
- Diametro base punta conica: 5,08 cm
- Lunghezza cilindro: 2,91 cm
- Altezza cono: 4,4 cm
- Massa aste: 4,6±0,5 kg/m
- Diametro aste: 3,7 cm

Sono stati eseguiti 100 sondaggi nel terreno, i cui risultati, relativi al numero di colpi Ndp per la penetrazione di ciascun tratto, sono riportati nella tabella sottostante.

Quota [m]	Ndp	Uc
0.00	3	2
-0.30	3	0
-0.30	36	0
-0.60	36	0
-0.60	19	0
-0.90	19	0
-0.90	22	0
-1.20	22	0
-1.20	19	0
-1.50	19	0
-1.50	14	0
-1.80	14	0
-1.80	12	0
-2.10	12	0
-2.10	7	0
-2.40	7	0
-2.40	23	0
-2.70	23	0
-2.70	23	0
-3.00	23	0
-3.00	13	0
-3.30	13	0
-3.30	4	0
-3.60	4	0
-3.60	10	0
-3.90	10	0
-3.90	7	0
-4.20	7	0
-4.20	6	0
-4.50	6	0
-4.50	9	0
-4.80	9	0
-4.80	19	0
-5.10	19	0
-5.10	7	0
-5.40	7	0
-5.40	8	0
-5.70	8	0
-5.70	9	0
-6.00	9	0
-6.00	8	0

-6.30	8	0
-6.30	8	0
-6.60	8	0
-6.60	6	0
-6.90	6	0
-6.90	5	0
-7.20	5	0
-7.20	6	0
-7.50	6	0
-7.50	12	0
-7.80	12	0
-7.80	7	0
-8.10	7	0
-8.10	10	0
-8.40	10	0
-8.40	17	0
-8.70	17	0
-8.70	12	0
-9.00	12	0
-9.00	15	0
-9.30	15	0
-9.30	15	0
-9.60	15	0
-9.60	12	0
-9.90	12	0
-9.90	22	0
-10.20	22	0
-10.20	10	0
-10.50	10	0
-10.50	15	0
-10.80	15	0
-10.80	18	0
-11.10	18	0
-11.10	22	0
-11.40	22	0
-11.40	19	0
-11.70	19	0
-11.70	12	0
-12.00	12	0
-12.00	14	0
-12.30	14	0
-12.30	15	0
-12.60	15	0
-12.60	18	0
-12.90	18	0
-12.90	15	0
-13.20	15	0
-13.20	13	0
-13.50	13	0
-13.50	22	0
-13.80	22	0
-13.80	20	0

-14.10	20	0
-14.10	18	0
-14.40	18	0
-14.40	15	0
-14.70	15	0
-14.70	19	0
-15.00	19	0

Tabella 1.3: dati del sondaggio.

Risultati

Di seguito sono riportati i parametri del terreno ricavati dai calcoli eseguiti.

DENSITA' RELATIVA Dr

La densità relativa è stata calcolata con:

- Skempton (1986)
- Gibbs e Holts (1957)
- Schultze & Mezembach (1961))

DENSITA' RELATIVA [%]				
Quota [m]	Skempton	Gibs & Holts	Schultze & Mezembach	Media
0.00	0	0	0	0
-0.30	0	0	0	0
-0.60	0	0	0	0
-0.90	0	0	0	0
-1.20	0	0	0	0
-1.50	0	0	0	0
-1.80	0	0	0	0
-2.10	79	83	84	82
-2.40	57	66	63	62
-2.70	99	100	100	100
-3.00	95	100	100	98
-3.30	69	80	78	76
-3.60	37	47	43	42
-3.90	56	70	66	64
-4.20	45	59	54	53
-4.50	41	54	50	48
-4.80	48	64	59	57
-5.10	68	86	83	79
-5.40	40	56	51	49
-5.70	42	58	54	51
-6.00	43	61	56	53
-6.30	40	57	52	50
-6.60	39	56	52	49
-6.90	33	48	44	42
-7.20	30	43	40	38
-7.50	32	47	43	41
-7.80	44	64	60	56
-8.10	33	49	46	43
-8.40	39	58	54	50

-8.70	50	72	69	64
-9.00	41	61	58	53
-9.30	46	67	64	59
-9.60	45	66	64	58
-9.90	34	51	49	45
-10.20	46	67	66	60
-10.50	31	46	45	41
-10.80	37	55	54	49
-11.10	41	59	59	53
-11.40	45	64	65	58
-11.70	41	60	60	54
-12.00	32	48	48	43
-12.30	35	51	51	46
-12.60	36	52	53	47
-12.90	39	56	58	51
-13.20	35	51	53	46
-13.50	32	47	49	43
-13.80	42	60	63	55
-14.10	39	57	60	52
-14.40	37	54	57	49
-14.70	34	49	52	45

Risultati Densità Relativa per la prova D.P. [%]

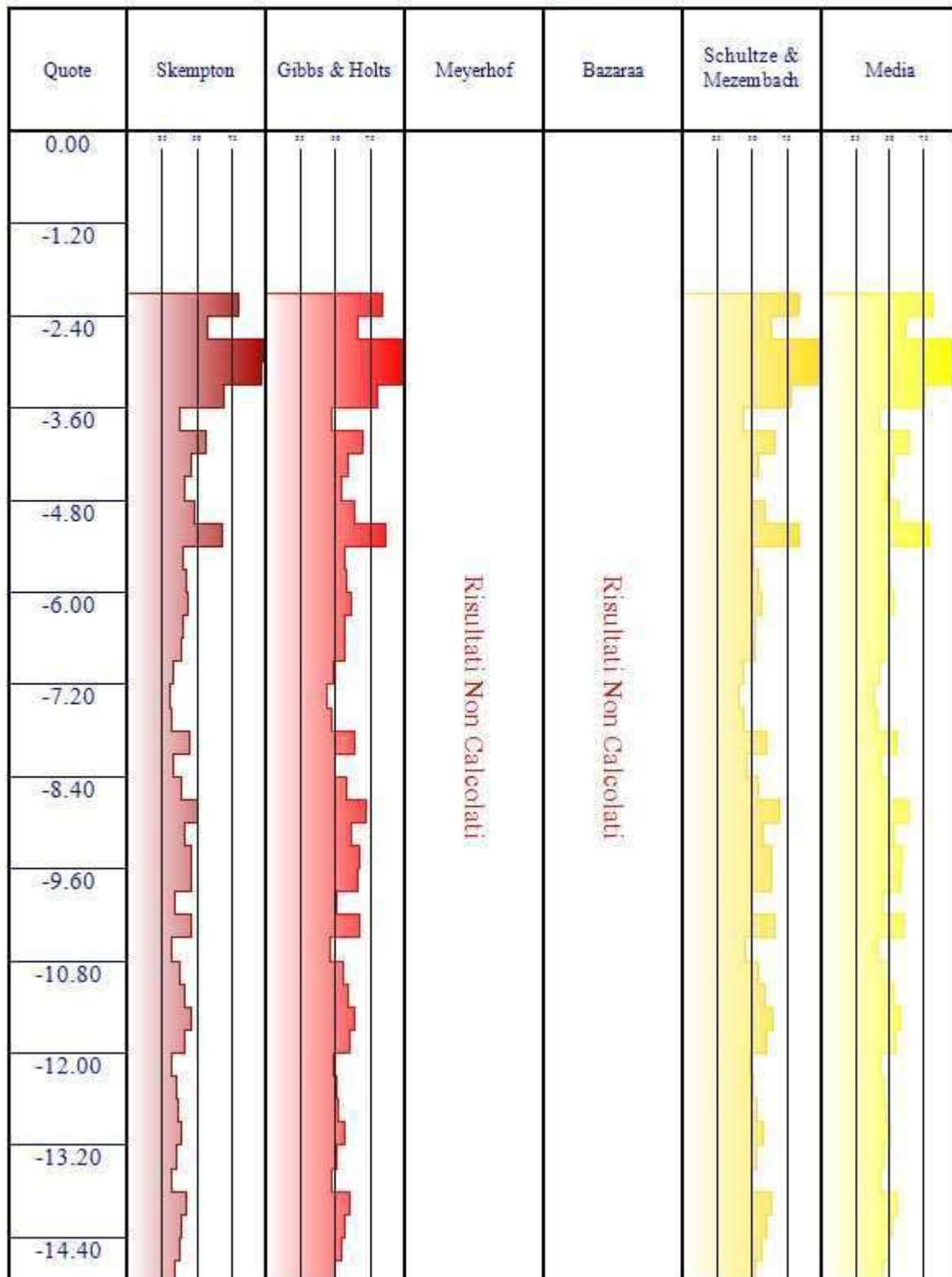


Tabella 1.4: risultati del calcolo per la Densità relativa.

ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO ϕ_i

L'angolo di resistenza al taglio è stato calcolato con:

- Peck, Hansen e Thorburn (1974) - [PHT]

- Meyerhof (1965) (<5% limo) - [M<5]
- Meyerhof (1965) (>5% limo) - [M>5]
- Schmertmann (1975) - [S75]
- Schmertmann (1978) - [S78]

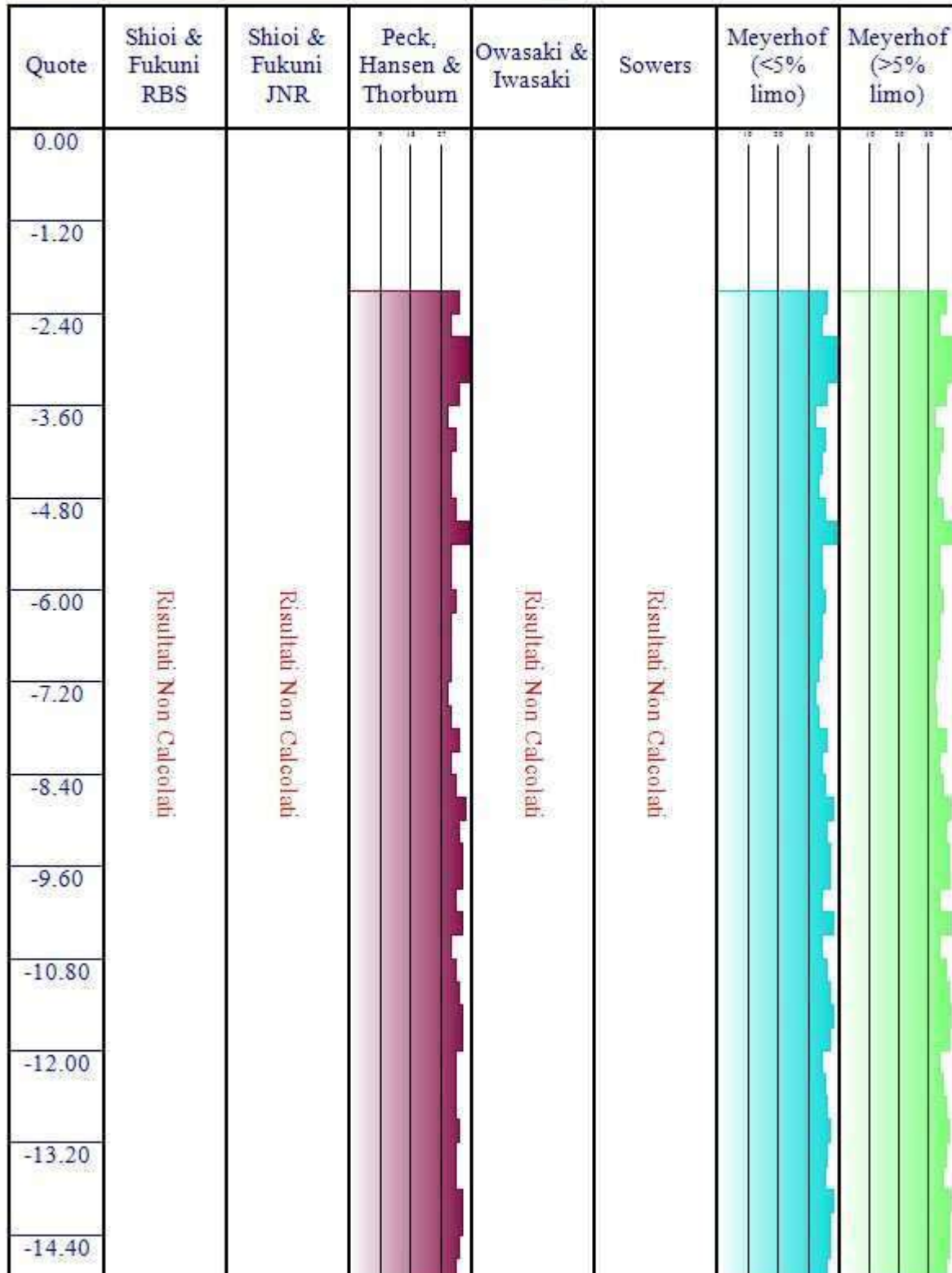
ANGOLO DI RESITENZA AL TAGLIO [°] - Tabella 1 -			
Quota [m]	PHT	M<5	M>5
0.00	0	0	0
-0.30	0	0	0
-0.60	0	0	0
-0.90	0	0	0
-1.20	0	0	0
-1.50	0	0	0
-1.80	0	0	0
-2.10	32	36	32
-2.40	30	34	29
-2.70	36	40	36
-3.00	36	40	36
-3.30	32	36	32
-3.60	29	32	27
-3.90	31	35	30
-4.20	30	34	29
-4.50	30	33	28
-4.80	31	35	30
-5.10	35	39	35
-5.40	30	34	29
-5.70	30	34	29
-6.00	31	35	30
-6.30	30	34	29
-6.60	30	34	29
-6.90	30	33	28
-7.20	29	32	27
-7.50	30	33	28
-7.80	32	36	32
-8.10	30	34	29
-8.40	31	35	30
-8.70	34	38	34
-9.00	32	36	32
-9.30	33	37	33
-9.60	33	37	33
-9.90	31	34	30
-10.20	33	38	33
-10.50	30	34	29
-10.80	31	36	31
-11.10	32	37	32
-11.40	33	38	33
-11.70	33	37	32
-12.00	31	34	30
-12.30	31	35	31
-12.60	31	36	31
-12.90	32	37	32
-13.20	31	36	31

-13.50	31	35	30
-13.80	33	38	33
-14.10	33	37	33
-14.40	32	37	32
-14.70	31	36	31

ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO [°] - Tabella 2 -			
Quota [m]	S75	S78	Media
0.00	0	0	0
-0.30	0	0	0
-0.60	0	0	0
-0.90	0	0	0
-1.20	0	0	0
-1.50	0	0	0
-1.80	0	0	0
-2.10	43	42	37
-2.40	38	40	34
-2.70	49	44	41
-3.00	48	44	41
-3.30	42	41	37
-3.60	31	38	31
-3.90	39	40	35
-4.20	35	39	33
-4.50	33	39	33
-4.80	37	39	34
-5.10	44	41	39
-5.40	34	38	33
-5.70	35	39	33
-6.00	35	39	34
-6.30	34	38	33
-6.60	34	38	33
-6.90	31	38	32
-7.20	29	38	31
-7.50	31	38	32
-7.80	36	39	35
-8.10	31	38	32
-8.40	34	38	34
-8.70	39	40	37
-9.00	36	39	35
-9.30	38	39	36
-9.60	38	39	36
-9.90	33	41	34
-10.20	38	42	37
-10.50	31	40	33
-10.80	34	41	35
-11.10	36	41	36
-11.40	38	42	37
-11.70	36	41	36
-12.00	32	41	34
-12.30	33	41	34
-12.60	34	41	35
-12.90	35	41	35

-13.20	33	41	34
-13.50	32	41	34
-13.80	37	41	36
-14.10	36	41	36
-14.40	35	41	35
-14.70	33	41	34

Risultati Angolo di Attrito per la prova D.P. [gradi]



Risultati Angolo di Attrito per la prova D.P. [gradi]

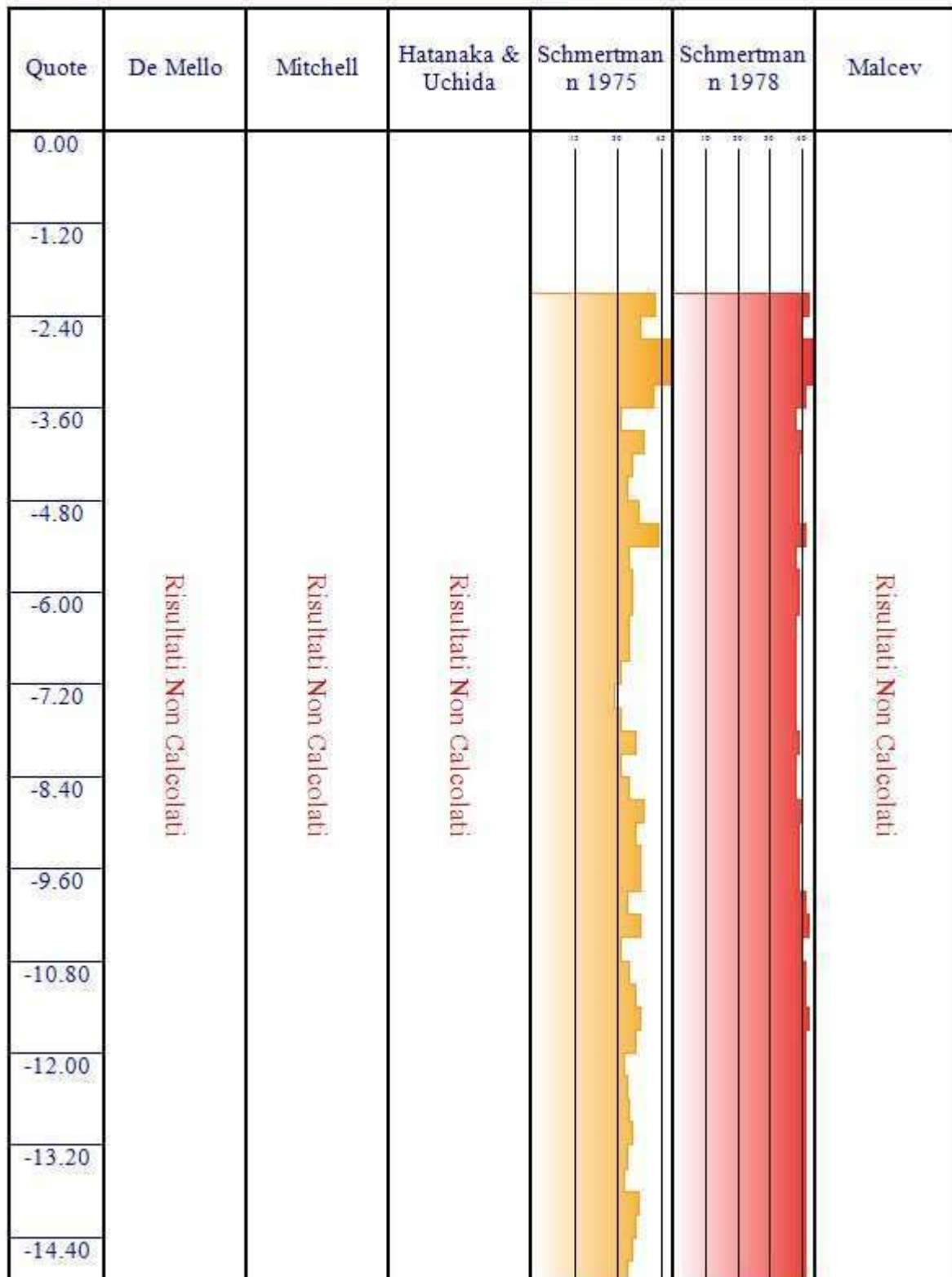


Tabella 1.5: risultati del calcolo per l'Angolo di Resistenza al taglio.

MODULO ELASTICO E

Il modulo elastico è stato calcolato con:

- Burland e Burbidge (1985)

- Schmertmann (1978)
- Schultze & Mezembach ()

MODULO ELASTICO [daN/cmq] - Tabella 1 -		
Quota [m]	Burland & Burbridge	Schmertmann
0.00	0 - 0	0
-0.30	0 - 0	0
-0.60	0 - 0	0
-0.90	0 - 0	0
-1.20	0 - 0	0
-1.50	0 - 0	0
-1.80	0 - 0	0
-2.10	451 - 691	328
-2.40	212 - 327	191
-2.70	1 204 - 1 823	628
-3.00	1 204 - 1 823	628
-3.30	508 - 776	355
-3.60	98 - 148	109
-3.90	347 - 533	273
-4.20	212 - 327	191
-4.50	170 - 261	164
-4.80	299 - 461	246
-5.10	908 - 1 378	519
-5.40	212 - 327	191
-5.70	254 - 393	218
-6.00	299 - 461	246
-6.30	254 - 393	218
-6.60	254 - 393	218
-6.90	170 - 261	164
-7.20	132 - 201	137
-7.50	170 - 261	164
-7.80	451 - 691	328
-8.10	212 - 327	191
-8.40	347 - 533	273
-8.70	763 - 1 160	464
-9.00	451 - 691	328
-9.30	630 - 960	410
-9.60	630 - 960	410
-9.90	288 - 443	239
-10.20	698 - 1 062	438
-10.50	224 - 347	199
-10.80	395 - 605	299
-11.10	515 - 787	358
-11.40	698 - 1 062	438
-11.70	559 - 853	378
-12.00	288 - 443	239
-12.30	357 - 549	279
-12.60	395 - 605	299
-12.90	515 - 787	358
-13.20	395 - 605	299
-13.50	322 - 495	259
-13.80	698 - 1 062	438

-14.10	603 - 920	398
-14.40	515 - 787	358
-14.70	395 - 605	299

MODULO ELASTICO [daN/cm²] - Tabella 2 -		
Quota [m]	Schultze & Mezembach	Media
0.00	0	0
-0.30	0	0
-0.60	0	0
-0.90	0	0
-1.20	0	0
-1.50	0	0
-1.80	0	0
-2.10	0	450
-2.40	0	230
-2.70	0	1 071
-3.00	0	1 071
-3.30	0	498
-3.60	0	116
-3.90	0	356
-4.20	0	230
-4.50	0	190
-4.80	0	313
-5.10	0	831
-5.40	0	230
-5.70	0	271
-6.00	0	313
-6.30	0	271
-6.60	0	271
-6.90	0	190
-7.20	0	152
-7.50	0	190
-7.80	0	450
-8.10	0	230
-8.40	0	356
-8.70	197	541
-9.00	161	353
-9.30	182	462
-9.60	182	462
-9.90	137	247
-10.20	190	503
-10.50	127	204
-10.80	153	317
-11.10	169	393
-11.40	190	503
-11.70	174	419
-12.00	137	247
-12.30	148	293
-12.60	153	317
-12.90	169	393
-13.20	153	317
-13.50	143	270

-13.80	190	503
-14.10	179	446
-14.40	169	393
-14.70	153	317

Risultati Modulo Elastico per la prova D.P. [daN/cm²]

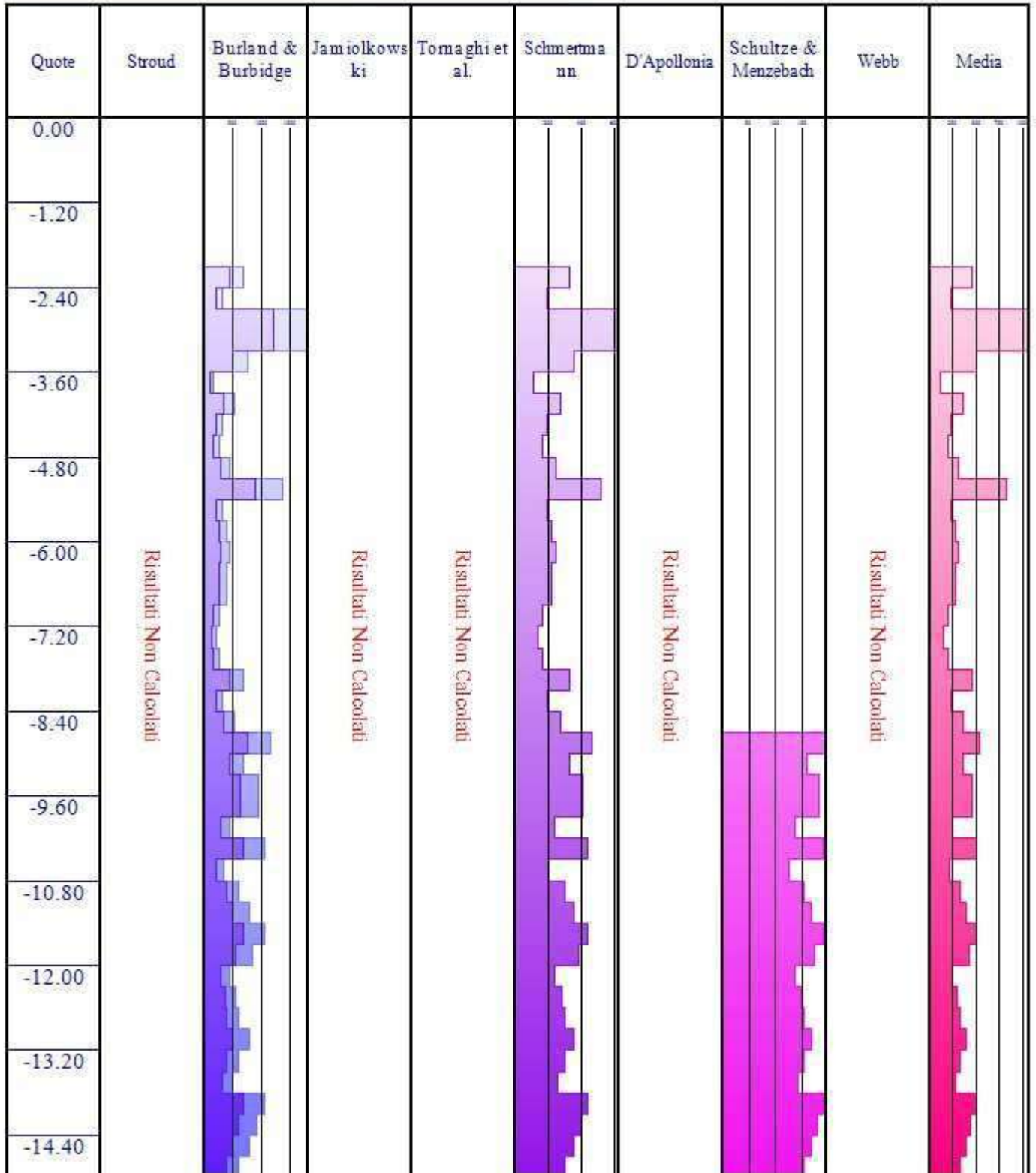


Tabella 1.6: risultati del calcolo per il Modulo Elastico.

Allegato 3

Riferimenti tecnici per la caratterizzazione geotecnica dei terreni e le verifiche di sicurezza per fondazioni dirette

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via dell'Industria, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	3 di 6

IS GeoStrati è il software per l'interpretazione numerica e la rappresentazione grafica dei risultati delle prove S.P.T., D.P. e C.P.T. eseguite in sito. A partire dal numero di colpi per fare avanzare il penetrometro dinamico ed il penetrometro dinamico continuo, dai valori della resistenza alla punta e della resistenza laterale del penetrometro statico permette di ottenere la caratterizzazione geotecnica del sito di interesse, utilizzando correlazioni ricavate dalla letteratura tecnica.

1 Teoria

La letteratura tecnica presenta tre tipi di prove penetrometriche:

- S.P.T. (Standard Penetration Test): prova penetrometriche dinamiche
- C.P.T. (Cone Penetration Test): prova penetrometrica statica
- D.P. (Dynamic Probing): prova penetrometrica dinamica continua

1.1 Prova S.P.T.

La prova penetrometrica dinamica è stata ideata negli Stati Uniti nel 1927, diffusa a livello internazionale dal professor Terzaghi nel dopoguerra ed introdotta in Italia negli anni 60.

È una delle prove in sito più diffuse per la semplicità di esecuzione, per il costo relativamente basso, per il fatto che sia ampiamente documentata in tutto il mondo e che siano presenti numerose correlazioni tra i dati ricavati ed i parametri geotecnici del terreno. Il campo di applicazione ideale è rappresentato dalle sabbie, ma è valida anche per valutare la consistenza delle argille non tenere e delle rocce tenere.

La prova S.P.T. consiste nell'infiggere a percussione nel terreno un campionario di dimensioni e forma normalizzate, facendolo cadere da un'altezza prestabilita. Si conta il numero di colpi (N1, N2 e N3) necessario per fare penetrare il maglio lungo tre tratti successivi. Il primo valore N1 è considerato di avviamento e se è pari a 50 e l'avanzamento è minore di 15 cm indica che bisogna considerare la prova conclusa. In caso contrario si prosegue con l'infissione per un tratto pari a 30 cm, contando separatamente il numero per avanzare nei primi 15 cm (N2) e nei secondi 15 cm (N3), purché insieme non siano superiori a 100. Se N2 + N3 è pari a 100 e non si raggiunge l'avanzamento richiesto, l'infissione è sospesa e la prova è considerata conclusa. La somma di N2 e N3, chiamata N_{spt} , è il parametro che serve per valutare la resistenza del terreno. N1, invece, non è considerato perché si riferisce ad un tratto in cui il terreno potrebbe essere rimaneggiato e non più rappresentativo delle reali condizioni del sito.

Il ritmo della percussione del maglio sul terreno nel corso della prova è compreso tra 10 e 25 colpi al minuto. Per le caratteristiche dell'attrezzatura standardizzata (Figura 1.1) ci si riferisce alle raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana ("Raccomandazioni per le indagini geotecniche", 1977),

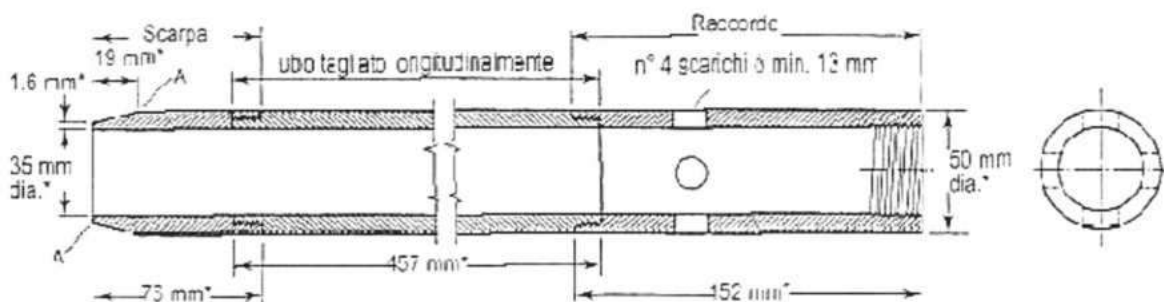


Figura 1. 1 Campionario per la prova S.P.T. [3]

le cui esatte misure sono:

- peso maglio: 63,5 kg;
- diametro cono: 5,1;
- penetrazione 30 cm;
- altezza di caduta: 760 mm;
- diametro aste di infissione: 50 mm;
- peso aste di infissione: 7,0 kg;
- rapporto di energia delle aste: 60%.

Le stesse Raccomandazioni AGI prevedono di avere un diametro del foro compreso tra 60 mm e 200 mm e di controllare la pulizia del fondo foro, eseguendo misure specifiche con uno scandaglio oppure con la batteria di aste. Nel caso in cui si rilevi la presenza di detriti di spessore maggiore di 70 mm occorre eseguire una manovra di pulizia.

Esistono diversi dispositivi di battitura che comprendono il maglio, la testa di battuta, la guida del maglio ed il dispositivo di sganciamento. Il dispositivo più diffuso in Italia è quello Nenzi e ha un rendimento prossimo al 60%. La differenza tra il diametro interno del tubo di rivestimento ed il diametro esterno delle aste non deve superare i 60mm, altrimenti si dispongono lungo le aste, ad intervalli costanti di 3 m, dei centratori di dimensioni adeguate all'interno del rivestimento.

Il risultato della prova S.P.T. è influenzato dalla tecnica di perforazione, dall'attrezzatura utilizzata e dalla metodologia di esecuzione della prova. Particolarmente importante è il ruolo dell'operatore poiché le modalità esecutive causano le maggiori differenze nella valutazione della resistenza alla penetrazione. Un altro fattore da valutare è l'influenza del diametro di perforazione. Sondaggi eseguiti in siti situati al Cairo hanno rivelato che per un diametro pari a 150 mm la resistenza alla penetrazione è maggiore del 30% rispetto a quella valutata con un diametro di 200 mm. Skempton ha perciò suggerito dei fattori di perforazione che variano in base al diametro di perforazione per cui il numero di colpi corretto è pari a:

$$N' = N_{spt} \cdot C_d$$

In cui:

$$C_d = 1,00 \text{ se } d = 65 \div 115$$

$$C_d = 1,05 \text{ se } d = 150$$

$$C_d = 1,15 \text{ se } d = 200$$

Se il campionatore utilizzato è diverso da quello standard, per il quale sono state elaborate le correlazioni, viene apportata una correzione al valore di N_{spt} in modo da ottenere il valore che si avrebbe in condizioni normalizzate:

$$N' = N_{spt} \frac{A_p \cdot M \cdot H \cdot Z}{A_p^S \cdot M^S \cdot H^S \cdot Z^S}$$

In cui:

A_p : area della punta del penetrometro

M : massa del maglio battente

H : altezza di caduta del maglio

Z : penetrazione del maglio

L'apice "s" indica i parametri standard.

Schmertmann e Palacios (1979) hanno mostrato sperimentalmente che fino ad un valore di colpi pari a 50 la resistenza alla penetrazione varia inversamente all'energia E trasmessa dal campionatore mediante le aste. Il fattore di correzione è pari a:

$$N' = N_{spt} \frac{E}{E^S}$$

Per tenere conto delle sovrappressioni interstiziali viene, inoltre, apportata la correzione suggerita da Terzaghi e Peck (1948) per le sabbie limose sotto falda quando $N_{spt} > 15$, secondo la seguente espressione:

$$N' = 15 + 0,5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

In base alla lunghezza delle aste vi è un ulteriore fattore di correzione:

Lunghezza aste	Coefficiente C
Da 3 m a 4 m	0.75
Da 4 m a 6 m	0.85
Da 6 m a 10 m	0.95
Da 10 m a 30 m	1.00
Maggiore 30 m	>1.0

$$N' = N_{spt} \cdot C$$

Infine, in base al tipo di campionatore si ha un ulteriore coefficiente moltiplicatore:

- Campionatore standard: C = 1,0
- Campionatore senza astuccio: C = 1,2

$$N' = N_{spt} \cdot C$$

1.1.1 Valutazione dei parametri geotecnici

La valutazione dei parametri geotecnici del terreno in seguito all'esecuzione di una prova penetrometrica dinamica avviene attraverso correlazioni affidabili ricavate da letteratura tecnica la cui validità è confermata a livello internazionale.

Di seguito sono riportate le correlazioni utilizzate da **IS GeoStrati**.

Densità relativa D_r

- SKEMPTON (1986): questa correlazione è valida solo per le sabbie e prevede di calcolare il numero di colpi $(N_1)_{60}$ normalizzati ad una tensione verticale efficace di 100 kPa.

$$(N_1)_{60} = C_N \cdot N_{spt}$$

In cui:

$$\text{per sabbie fini} \Rightarrow C_N = \frac{2}{1 + \frac{\sigma'_v}{100}}$$

$$\text{per sabbie grosse} \Rightarrow C_N = \frac{3}{2 + \frac{\sigma'_v}{100}}$$

$$\text{La densità relativa è pari a: } D_r = \sqrt{\frac{C_N \cdot N_{spt}}{60}}$$

- GIBBS E HOLTS (1957): questa correlazione è valida per tutti i tipi di suolo e prevede di calcolare un parametro F

$$F = 0,0065 \cdot \sigma_{v0}^2 + 1,68 \cdot \sigma_{v0} + 14$$

In cui:

σ_{v0} : tensione verticale totale, espressa in t/m²

$$\text{La densità relativa è pari a: } D_r = \left\{ \left[1,5 \left(\frac{N}{F} \right)^{0,222} \right] - 0,6 \right\}$$

- MEYERHOF (1957): ha elaborato una correlazione valida per tutti i tipi di suolo per cui la densità relativa è pari a

$$D_r = 21 \sqrt{\frac{N_{spt}}{\sigma'_v + 0,7}}$$

In cui

σ'_v : tensione verticale efficace, espressa in kg/cm²

- BAZARAA (1967): questa correlazione è valida per tutti i tipi di suolo, l'espressione per esprimere la densità relativa varia a seconda del valore della tensione verticale efficace σ'_v espressa in kg/cm²

$$\text{Per } \sigma'_v \leq 0,732 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow D_r^2 = \frac{N_{spt}}{20 \cdot (1 + 4,1 \cdot \sigma'_{v0})}$$

$$\text{Per } \sigma'_v > 0,732 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow D_r^2 = \frac{N_{spt}}{20 \cdot (3,24 + 1,024 \cdot \sigma'_{v0})}$$

- CUBRINOWSKI E ISCHIARA (1988): questa correlazione è valida per tutti i tipi di suolo e prevede di calcolare un parametro N_{78}

$$N_{78} = \frac{60}{78} \cdot N_{spt} \cdot C_{sg}$$

In cui:

C_{sg} : coefficiente diagrammato in funzione del diametro corrispondente al 50% di passante (Figura 1.2)

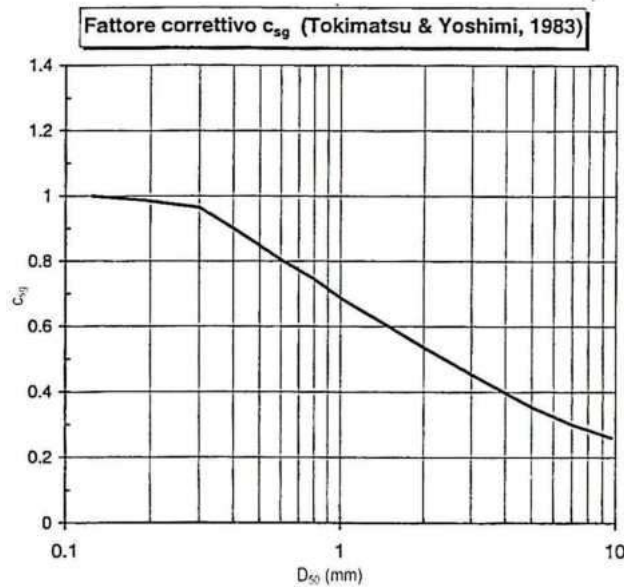


Figura 1. 2 Fattore correttivo C_{sg} [3]

La densità relativa è pari a:

$$\left[\frac{(N_{78}) \left(0,23 + \frac{0,06}{D_{50}} \right)}{9} \left(\frac{98}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,5} \right]^{0,5}$$

In cui:

D_{50} : è espresso in mm

σ'_v : tensione verticale efficace espressa in kPa

- SCHULTZE & MEZEMBACH (1961): questa correlazione è valida per le sabbie da fini a ghiaiose, per qualunque valore di tensione verticale efficace, in depositi normalmente consolidati. La densità relativa è valutata in funzione del numero di colpi e della pressione verticale efficace. Il valore ottenuto è sovrastimato nel caso di depositi ghiaiosi, sottostimato nel caso di depositi limosi.

$$\ln DR = 0,478 \cdot \ln N_{SPT} - 0,262 \cdot \ln \sigma'_v + 2,84$$

In cui:

σ'_v : tensione verticale efficace espressa in kg/cm^2

Angolo di resistenza al taglio ϕ

- SHIOI & FUKUNI Road Bridge Specification (1982): questa correlazione è valida per tutti i tipi di suolo e l'angolo è pari a

$$\phi = \sqrt{15 \cdot N_{spt}} + 15$$

- SHIOI & FUKUNI Japanese National Railway (1982): questa correlazione è valida per tutti i tipi di suolo e l'angolo è pari a

$$\phi = 0,3 \cdot N_{spt} + 27$$

- DE MELLO (1971): questa correlazione è valida per tutti i tipi di suolo e l'angolo si ricava da un grafico (Figura 1.3) in funzione di N_{spt} e σ_{vo} [kg/cm²].

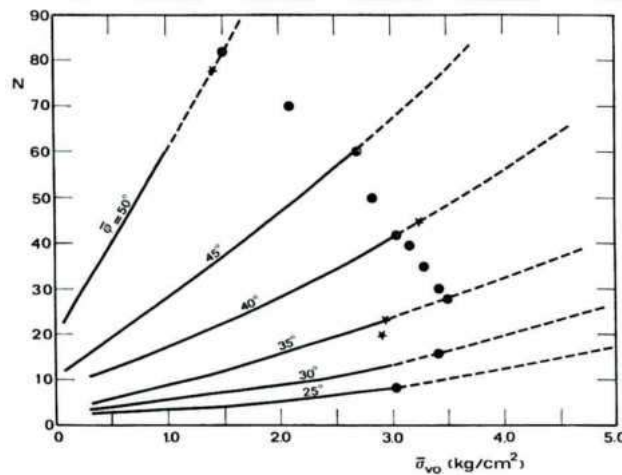


Figura 1. 3 Correlazione di De Mello [3]

- PECK, HANSON & THORBURN (1974): hanno fornito un abaco (Figura 1.4) molto utilizzato nei paesi anglosassoni per misurare l'angolo di resistenza al taglio. La correlazione è valida per tutti i tipi di suolo. Si ricava l'angolo entrando in un grafico col valore di N_{spt} .

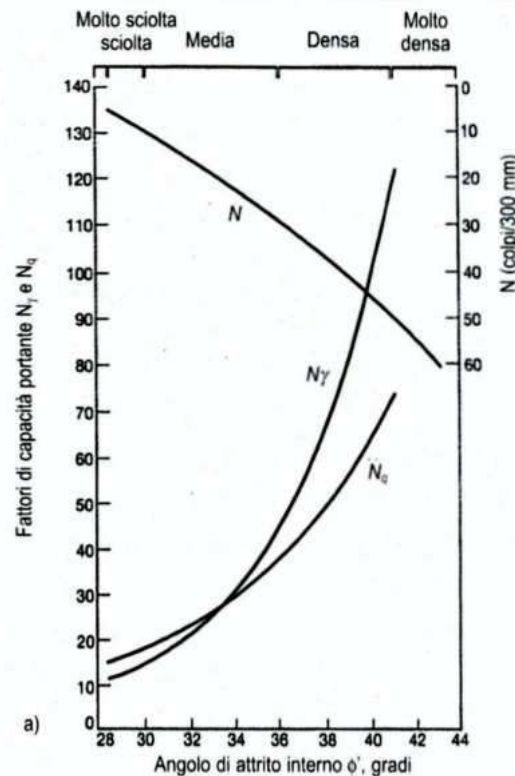


Figura 1. 4 Correlazione di Peck, Hansen e Thorburn [3]

- MITCHELL (1978): questa correlazione è valida per tutti i tipi di suolo e l'angolo si ricava entrando in un grafico (Figura 1.5) col valore di N_{spt} e σ_{vo} [kPa].

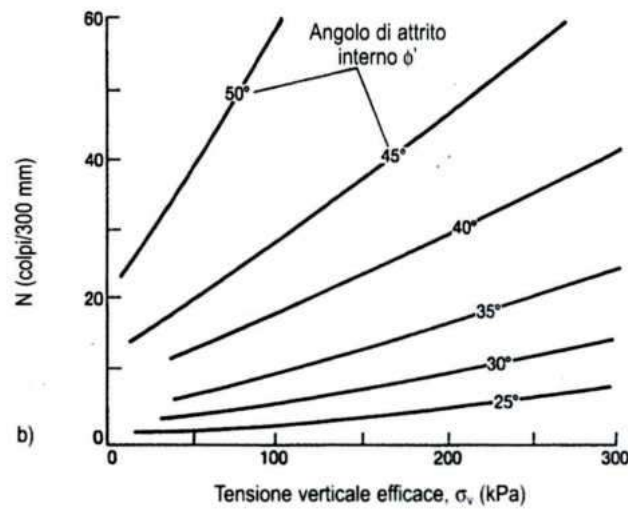


Figura 1. 5 Correlazione di Mitchell [3]

- HATANAKA & UCHIDA (1996): questa correlazione è valida per tutti i tipi di suolo e si deve calcolare il valore di N_{sp} riferito ad un rapporto di energia delle aste pari al 78%

$$N_1 = \frac{N_{spt}}{\left(\frac{\sigma'_{vo}}{98,1}\right)^{0,5}}$$

In cui:

σ'_v : tensione verticale efficace espressa in kPa

L'angolo di attrito è pari a: $\phi = (\alpha \cdot N_1)^{0,5} + \beta$

In cui:

$\alpha = 20$

$\beta = 20^\circ \pm 3^\circ$

- SCHMERTMANN (1975): questa correlazione è valida per tutti i tipi di suolo e l'angolo è calcolato in funzione della tensione verticale efficace σ'_{vo} e della pressione atmosferica p_a

$$\phi = \text{tg}^{-1} \left[\frac{N_{spt}}{\left(12,2 + 20,3 \cdot \frac{\sigma'_{vo}}{p_a}\right)} \right]^{0,34}$$

- SCHMERTMANN (1978): questa correlazione è valida solo per le sabbie e le ghiaie e l'angolo è calcolato in funzione della densità relativa (Figura 1.6)

Sabbia fine uniforme $\Rightarrow \phi = 28 + 0,14D_r$

Sabbia media uniforme o fine ben gradata $\Rightarrow \phi = 31,5 + 0,10D_r$

Sabbia grossa uniforme o media ben gradata $\Rightarrow \phi = 34,5 + 0,10D_r$

Ghiaietto uniforme o sabbie e ghiaie poco limose $\Rightarrow \phi = 38 + 0,08D_r$

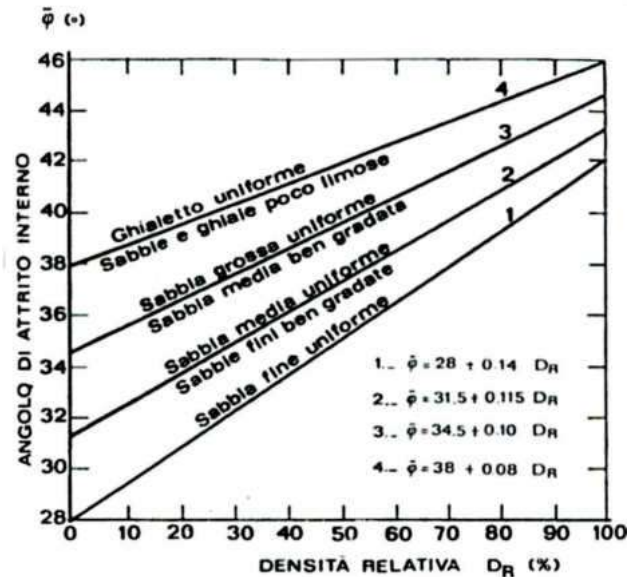


Figura 1. 6 Correlazione di Schmertmann [3]

- OWASAKI & IWASAKI: questa correlazione è valida per sabbie da medie a ghiaiose e trova le condizioni ottimali a profondità superiori a circa 8 m, nel caso di strati sopra falda, e superiori a 15 m, nel caso di terreni in falda. L'angolo è calcolato in funzione del numero di colpi secondo la seguente espressione:

$$\phi = \sqrt{20 \cdot N_{spt}} + 15$$

- SOWERS (1961): questa correlazione è valida solo per i terreni sabbiosi e trova le condizioni ottimali a profondità inferiori a circa 4 m, nel caso di strati sopra falda, ed inferiori a 7 m, nel caso di terreni in falda. L'angolo è calcolato in funzione del numero di colpi secondo la seguente relazione:

$$\phi = 28 + 0,28 \cdot N_{spt}$$

- MALCEV (1964): questa correlazione è valida per i terreni sabbiosi e per qualsiasi profondità, tranne che per i primi 2 m sotto il piano campagna. L'angolo è funzione del numero di colpi e della pressione litostatica efficace, valutata in kg/cm².

$$\phi = 20 - 5 \cdot \log(\sigma_v') + 3,73 \cdot \log(N_{spt})$$

- MEYERHOF (1965) - <5% limo: questa correlazione è valida solo per i terreni sabbiosi e trova le condizioni ottimali a profondità inferiori a circa 5 m, nel caso di strati sopra falda, ed inferiori a 8 m, nel caso di terreni in falda. L'angolo è calcolato in funzione del numero di colpi.

$$\phi = 29,47 + 0,46 \cdot N_{spt} - 0,004 \cdot N_{spt}^2$$

- MEYERHOF (1965) - <5% limo: questa correlazione è valida solo per i terreni sabbiosi e trova le condizioni ottimali a profondità inferiori a circa 3 m, nel caso di strati sopra falda, ed inferiori a 5 m, nel caso di terreni in falda. L'angolo è funzione del numero di colpi.

$$\phi = 23,7 + 0,57 \cdot N_{spt} - 0,006 \cdot N_{spt}^2$$

Modulo elastico E

- STROUD (1989): questa correlazione è valida solo per le sabbie, le ghiaie e le argille. Il modulo elastico è calcolato in funzione di N_{spt}

Per le sabbie NC $\Rightarrow E = 2 \cdot N_{spt}$

Per le sabbie OC e le ghiaie $\Rightarrow E = (2 \div 16) \cdot N_{spt}$

Per le sabbie NC $\Rightarrow E = 0,9 \cdot N_{spt}$

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

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

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

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

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

- JAMIOLKOSKI (1988): questa correlazione calcola il modulo di Young corrispondente a tensioni dell'ordine del 25% di quelle a rottura in funzione della densità relativa D_r e di N_{spt}

Per terreni NC $\Rightarrow E_{25} = (10,5 - 3,5 \cdot D_r) \cdot N_{spt}$

Per terreni OC $\Rightarrow E_{25} = (52,5 - 35 \cdot D_r) \cdot N_{spt}$

- TORNAGHI ET AL.: questa correlazione è valida per le sabbie pulite e per le sabbie con ghiaia. La correlazione calcola il modulo di Young senza considerare l'influenza della pressione efficace, portando così ad una diminuzione del valore di E con la profondità.

$$E = B \cdot \sqrt{N_{spt}}$$

In cui:

B = costante pari a 7 MPa

- SCHMERTMANN (1978): questa correlazione è valida per le sabbie in generale. La correlazione calcola il modulo di Young senza considerare l'influenza della pressione efficace, portando così ad una diminuzione del valore di E con la profondità.

$$E = 2B \cdot N_{spt}$$

In cui:

B = costante variabile in funzione della litologia (B = 4 nel caso di sabbia fine, B = 6 nel caso di sabbia media e B = 10 nel caso di sabbia grossolana).

- D'APOLLONIA ET AL.: questa correlazione è valida per le sabbie con ghiaia e per le sabbie sovraconsolidate. La correlazione calcola il modulo di Young senza considerare l'influenza della pressione efficace, portando così ad una diminuzione del valore di E con la profondità.

Per ghiaia + sabbia $\Rightarrow E = 7,71 \cdot N_{spt} + 191$

Per sabbia SC $\Rightarrow E = 10,63 \cdot N_{spt} + 375$

- SCHULTZE & MENZEBACH: questa correlazione è valida solo per le sabbie sotto falda. La correlazione calcola il modulo di Young senza considerare l'influenza della pressione efficace, portando così ad una diminuzione del valore di E con la profondità.

$$E = 5,27 \cdot N_{spt} + 76$$

- WEBB: questa correlazione è valida solo per le sabbie sotto falda e per le sabbie con fine plastico. La correlazione calcola il modulo di Young senza considerare l'influenza della pressione efficace, portando così ad una diminuzione del valore di E con la profondità.

Per sabbia satura $\Rightarrow E = 4,87 \cdot N_{spt} + 73$

Per sabbia con fine plastico $\Rightarrow E = 3,22 \cdot N_{spt} + 16$

Modulo elastico non drenato E_u

- STROUD (1989): questa correlazione è valida per tutti i tipi di suolo ed il modulo non drenato si ricava in funzione di N_{spt}

$$E_u = (6,3 \div 10,4) \cdot N_{spt}$$

Modulo di taglio G

- OTHA & GOTO (1978): questa correlazione è valida solo per le ghiaie e le sabbie. Si deve calcolare un parametro v_s

$$v_s = 67,3 \cdot (N_{spt})^{0,171} \cdot z^{0,199} \cdot f_a \cdot f_G$$

In cui:

z : profondità dal piano campagna espressa in m

f_a : parametro funzione dell'età geologica

f_s : parametro che cambia in funzione della litologia

Per le ghiaie $\Rightarrow f_s = 1,45$

Per le sabbie ghiaiose $\Rightarrow f_s = 1,15$

Per le sabbie grosse $\Rightarrow f_s = 1,14$

Per le sabbie medie $\Rightarrow f_s = 1,09$

Per le sabbie fini $\Rightarrow f_s = 1,07$

- OHSAKI & IWASAKI: questa correlazione è valida solo per sabbie pulite e per le sabbie con fine plastico (limo o argilla). Il modulo di deformazione di taglio è calcolato in funzione del numero di colpi N_{SPT} e di due costanti variabili con la litologia. Il risultato è espresso in t/m^2 .

$$G = a \cdot N_{SPT}^b$$

In cui:

$a = 650$ e $b = 0.94$ nel caso di sabbie pulite

$a = 1182$ e $b = 0.76$ nel caso di sabbie con fine plastico

- CREPELLANI & VANNUCCHI: questa correlazione è valida per sabbie in generale. Il modulo di deformazione di taglio è calcolato in funzione del numero di colpi N_{SPT} ed è espresso in t/m^2 .

$$G = 794 \cdot N_{SPT}^{0,611}$$

Coesione non drenata C_u

- TERZAGHI & PECK: questa correlazione è valida solo per le argille di media plasticità. La coesione non drenata è calcolata in funzione del numero di colpi N_{SPT} ed è espressa in kg/cm^2 .

$$c_u = 0.067 \cdot N_{SPT}$$

- DESIGN MANUAL FOR SOIL MECHANICS: questa correlazione è valida per le argille a bassa, media ed alta plasticità. La coesione non drenata è calcolata in funzione del numero di colpi N_{SPT} ed è espressa in kg/cm^2 .

Per le argille a bassa plasticità $\Rightarrow c_u = 0.038 \cdot N_{SPT}$

Per le argille a media plasticità $\Rightarrow c_u = 0.074 \cdot N_{SPT}$

Per le argille ad alta plasticità $\Rightarrow c_u = 0.125 \cdot N_{SPT}$

- SANGLERAT: questa correlazione è valida solo per le argille di bassa e media plasticità. La coesione non drenata è calcolata in funzione del numero di colpi N_{SPT} ed è espressa in kg/cm^2 .

Per le argille a media plasticità $\Rightarrow c_u = 0.125 \cdot N_{SPT}$

Per le argille limose $\Rightarrow c_u = 0.100 \cdot N_{SPT}$

Per le argille limo-sabbiose $\Rightarrow c_u = 0.067 \cdot N_{SPT}$

- SHIOI & FUKUI: questa correlazione è valida solo per le argille di media ed alta plasticità. La coesione non drenata è calcolata in funzione del numero di colpi N_{SPT} ed è espressa in kg/cm^2 .

Per le argille a media plasticità $\Rightarrow c_u = 0.025 \cdot N_{SPT}$

Per le argille ad alta plasticità $\Rightarrow c_u = 0.050 \cdot N_{SPT}$

Modulo di deformazione edometrico

- FARRENT: questa correlazione è valida per le sabbie in genere. La correlazione calcola la coesione non drenata senza considerare l'influenza della pressione efficace, portando così ad una diminuzione del valore di M con la profondità. La coesione non drenata è valutata in funzione del numero di colpi N_{SPT} ed è espressa in kg/cm^2 .

$$M = 7,1 \cdot N_{SPT}$$

- MEZEMBACH & MALCEV: questa correlazione è valida per le sabbie in genere. La correlazione calcola la coesione non drenata senza considerare l'influenza della pressione efficace, portando così ad una diminuzione del valore di M con la profondità. La coesione non drenata è valutata in funzione del numero di colpi N_{SPT} ed è espressa in kg/cm^2 .

Per le sabbie fini $\Rightarrow M = 3,54 \cdot N_{SPT} + 38$

Per le sabbie medie $\Rightarrow M = 4,46 \cdot N_{SPT} + 38$

Per le sabbie + ghiaie $\Rightarrow M = 10,46 \cdot N_{SPT} + 38$

Per le sabbie ghiaiose $\Rightarrow M = 11,84 \cdot N_{SPT} + 38$

Potenziale di liquefazione

Il calcolo del potenziale di liquefazione viene svolto con metodi semplificati a partire dal numero di colpi della prova S.P.T. Occorre indicare i dati di un sisma di progetto, ossia un'accelerazione massima in superficie ed il valore della magnitudo, in modo da calcolare lo sforzo tagliante indotto dal sisma.

Di seguito riportiamo i valori dell'accelerazione massima $a(g)$ previsti dal D.M. 16 Gennaio 1996 e dall'Ordinanza 3274.

Grado di sismicità S	$a(g)$ D.M. 16/01/1996
6	0,15
9	0,25
12	0,35

Zona sismica	$a(g)$ Ordinanza 3274
--------------	-----------------------

Zona 1	0,35
Zona 2	0,25
Zona 3	0,15
Zona 4	0,05

Vengono poi suggeriti i valori di riferimento per la magnitudo:

MAGNITUDO	EFFETTI DEL SISMA
M<3,5	Non risentito, ma registrato
3,5<M<5,4	Sentito, ma raramente causa danni
5,4<M<6,0	Leggeri danni
6,0<M<7,0	Possono essere distruttivi
7,0<M<8,0	Danni enormi su vaste aree
M>8,0	Seri danni in ampie aree

La forza di taglio indotta dal sisma è data dalla seguente espressione:

$$T = 0,65 \cdot a(g) \cdot \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} r_d \frac{1}{MSF}$$

In cui:

σ_{v0} : Tensione verticale totale.

σ'_{v0} : Tensione verticale efficace.

r_d : coefficiente funzione della profondità.

MSF : coefficiente funzione della magnitudo.

Facendo il rapporto tra la resistenza al taglio mobilitabile nello strato, espressione differente a seconda dell'autore, e la forza di taglio indotta dal sisma si ottiene il potenziale di liquefazione nelle sabbie sature. Se il valore ottenuto è minore di 1 il terreno sarà suscettibile di liquefazione.

- SEED & IDRIS (1982): la resistenza al taglio mobilitabile viene valutata con la seguente espressione.

$$R = \left(N_{spt} \left(\frac{1,7}{0,7 + \sigma'_{v0}} \right) + N1 \right) \frac{1}{90}$$

In cui:

$N1 = 0$ se $d_{50} > 0,25$ mm, $N1 = 7,5$ se $d_{50} < 0,25$ mm

σ'_{v0} : Tensione verticale efficace espressa in kg/cm^2

- IWASAKI & AL. (1984): la resistenza al taglio mobilitabile è valutata a seconda del valore del diametro corrispondente al 50% di passante al setaccio (d_{50}) secondo le seguenti espressioni.

$$R = 0,0882 \cdot N_{SPT} \sqrt{\sigma'_{v0} + 0,7} + 0,225 \text{Log}_{10} \left(\frac{0,35}{d_{50}} \right)$$

Nel caso in cui d_{50} sia minore di 0,6 mm.

$$R = 0,0882 \cdot N_{SPT} \sqrt{\sigma'_{v0} + 0,7} - 0,05$$

Nel caso in cui d_{50} sia maggiore di 0,6 mm.

- SEED & AL. (1985): la resistenza al taglio mobilabile è valutata seconda la seguente espressione.

$$R = \frac{0,048 - 0,004721 \cdot N_{CS} + 0,0006136 \cdot N_{CS}^2 - 0,00001673 \cdot N_{CS}^3}{1 - 0,1248 \cdot N_{CS} + 0,009578 \cdot N_{CS}^2 - 0,0003285 \cdot N_{CS}^3 + 0,000003714 \cdot N_{CS}^4}$$

In cui:

$$N_{CS} = a + b \cdot N_{SPT}$$

a e b sono due coefficienti che variano in funzione della percentuale di fine FC.

- TOKIMATSU & YOSHIMI (1983): valutano la resistenza al taglio mobilitata con la seguente espressione.

$$R = 0,26 \left[0,16 \sqrt{N_{SPT} \left(\frac{1,7}{\sigma'_{v0} + 0,7} \right) + N1} + \left(0,21 \sqrt{N_{SPT} \left(\frac{1,7}{\sigma'_{v0} + 0,7} \right) + N1} \right)^{14} \right]$$

In cui:

$N1 = 0$ se $FC < 5\%$, $N1 = 10FC + 4$ se $FC > 5\%$

σ'_{v0} : Tensione verticale efficace espressa in kg/cm^2

Velocità onde di taglio

La normativa tecnica per la classificazione dei terreni di fondazione richiede la valutazione del valore delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità. A partire dal valore di N_{SPT} ci sono correlazioni empiriche, derivate da letteratura, che consentono di stimare V_s .

- OHTA & GOTO (1978): il valore di V_s è valutato in funzione del numero di colpi, della profondità dal piano campagna, di un coefficiente f_a funzione dell'età geologica del deposito e di un coefficiente f_g funzione della granulometria.

f_a	Olocene (attuale)	Pleistocene (circa 1,8 Ma)
	1,0	1,303

f_g	Ghiaie	Sabbie ghiaiose	Sabbie grosse	Sabbie medie	Sabbie fini	Argille
	1,45	1,15	1,14	1,09	1,07	1,00

$$V_s = 54,33 \cdot (N_{SPT})^{0,173} \cdot \left(\frac{z}{0,303} \right)^{0,199} \cdot f_a \cdot f_g$$

- YOSHIDA & MOTONORI (1988): il valore di V_s è valutato in funzione del numero di colpi, della tensione verticale efficace e di un fattore geologico β funzione della litologia del terreno.

β	Qualunque terreno	Sabbia fine
	55	49

$$V_s = \beta \cdot (N_{SPT})^{0,25} \cdot \sigma'_{vo}{}^{0,14}$$

Categorie del suolo di fondazione

- Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi:** caratterizzati da valori V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
 - Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti** con spessore di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT} > 50$, o $c_u > 250$ kPa).
 - Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza,** con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT} < 50$, oppure $70 < c_u < 250$ kPa).
 - Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti,** caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{SPT} < 15$ oppure $c_u < 70$ kPa).
 - Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali,** con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C e D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.
- Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza,** con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto d'acqua, caratterizzati da $V_{s30} < 100$ m/s ($10 < c_u < 20$ kPa).
 - Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.**

In cui:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

h_i = spessori i-esimi

V_{si} = velocità i-esime

Determinazione del carico ammissibile

L'espressione per il calcolo della capacità portante dei terreni di fondazione fa riferimento all'equazione di Brinch – Hansen (1970):

$$q_{lim} = 1/2 \gamma' B N_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} + c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q$$

- dove:
- q_{lim} [kPa] = capacità portante limite
 - γ' [kN/m³] = peso di volume del terreno di fondazione
 - B' [m] = dimensione minore efficace della fondazione
 - c' [kPa] = coesione efficace
 - q' [kPa] = γ' rinterro D = sovraccarico agente ai bordi della fondazione
 - D [m] = profondità di incasso della fondazione

 - N_{γ}, N_c, N_q [-] = fattori di capacità portante
 - s_{γ}, s_c, s_q [-] = fattori di forma della fondazione
 - d_c, d_q [-] = fattori di profondità del piano di posa
 - i_{γ}, i_c, i_q [-] = fattori di inclinazione del carico
 - b_{γ}, b_c, b_q [-] = fattori di inclinazione della base della fondazione

 - g_{γ}, g_c, g_q [-] = fattori di inclinazione del piano campagna

Determinazione dei cedimenti

L'espressione per il calcolo del cedimento delle fondazioni fa riferimento al metodo di *J.B. Burland e M.C. Burbidge (1984)*, che tiene conto della storia tensionale del terreno ricavando il valore del cedimento secondo la seguente equazione:

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

- dove:
- S [mm] = cedimento
 - q' [kPa] = pressione efficace lorda
 - σ'_{vo} [kPa] = tensione verticale efficace agente alla quota di imposta della fondazione
 - B [m] = larghezza della fondazione
 - I_c [-] = indice di compressibilità
 - f_s, f_h, f_t [-] = fattori correttivi che tengono conto rispettivamente della forma, dello spessore dello strato compressibile e della componente viscosa dei cedimenti.

Allegato 4

Coefficienti sismici del terreno

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via dell'Industria, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	4 di 6

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii
Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine: 45,522192
longitudine: 9,009645
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 12036	Lat: 45,5015	Lon: 9,0003	Distanza:
2412,947				
Sito 2	ID: 12037	Lat: 45,5041	Lon: 9,0714	Distanza:
5214,654				
Sito 3	ID: 11815	Lat: 45,5541	Lon: 9,0678	Distanza:
5747,703				
Sito 4	ID: 11814	Lat: 45,5514	Lon: 8,9965	Distanza:
3408,655				

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,017 g
Fo: 2,549
Tc*: 0,160 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,021 g
Fo: 2,527
Tc*: 0,189 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,042 g
Fo: 2,667
Tc*: 0,285 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,051 g
Fo: 2,728
Tc*: 0,304 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,200
Cc: 1,590
St: 1,000
Kh: 0,004
Kv: 0,002
Amax: 0,196
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200
Cc: 1,540
St: 1,000
Kh: 0,005
Kv: 0,002
Amax: 0,244
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,200
Cc: 1,410
St: 1,000
Kh: 0,010
Kv: 0,005
Amax: 0,495
Beta: 0,200

SLC:

Ss: 1,200
Cc: 1,400
St: 1,000
Kh: 0,012
Kv: 0,006
Amax: 0,596
Beta: 0,200

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50
Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 45.521257

longitudine: 9.008581

Allegato 5

Calcolo delle resistenze limite dei terreni di fondazione agli SLU

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via dell'Industria, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	5 di 6

VERIFICHE EDIFICIO PRODUTTIVO

Dott. Geol. Federico Bacci

Via F. Broggi 13, 21049 - Tradate (VA)

E_mail: bacci.geo@gmail.com

FONDAZIONI SUPERFICIALI - Equazione di Brinch-Hansen**CARICO LIMITE DI PROGETTO DEI TERRENI DI FONDAZIONE (SLU) SECONDO LE NTC D.M. 17/01/18**

Approccio 2, combinazione A1+M1+R3

Condizioni statiche

Committente	Vittorio Veneto 15 Srl
Cantiere:	via Vanzago
Località:	Pregnana Milanese MI
Data:	Luglio 2025

z_q, z_γ	z_c
[-]	[-]
1.00	1.00

Angolo di resistenza a taglio, coesione, coefficienti di sicurezza parziali, fattori di capacità portante

ϕ'_k	D_r	ϕ'_{kr}	$\gamma_{\phi'}$	ϕ'_d	c'_k	$\gamma_{c'}$	c'_d	δ_d	N_q	N_γ	N_c
[°]	[-]	[°]	[-]	[°]	[kPa]	[-]	[°]	[°]	[-]	[-]	[-]
34.0	0.53	33.72	1.00	33.7	0	1.00	0.0	24.0	28.44	36.62	41.12

Pesi di volume del terreno, profondità del piano di posa e del livello piezometrico, tensione verticale efficace, coefficienti di accelerazione sismica

γ_n	γ_{sat}	γ'_r	D_f	z_w	D_w	σ'_{vo}	k_H	k_V
[kN/m ³]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[m]	[m]	[m]	[kPa]	[-]	[-]
18.0	19.0	18.0	4.00	8.50	4.50	72	0.0000	0.0000

Forma e profondità della fondazione, eccentricità del carico - PLINTO

B	L	e_B	B'	e_L	L'	γ_c	D	s_q	s_γ	s_c
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[m]	[-]	[-]	[-]
0.40	2.00	0.00	0.40	0.00	2.00	18.0	0.5	1.11	0.94	1.12
0.60	3.00	0.00	0.60	0.00	3.00	18.0	0.5	1.11	0.94	1.12

Inclinazione del carico, inclinazione del piano di posa e del piano campagna

V_d	carichi orizzontali paralleli a B'				carichi orizz. paralleli a L'			α	ω	b_q = b_γ	g_q = g_γ
	H_d	i_γ	i_q	i_c	H_d	i_q = i_γ	i_c				
[kN]	[kN]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[-]	[-]
142	0	1.00	1.00	1.00	0	1.00	1.00	0	0	1.00	1.00
368	0	1.00	1.00	1.00	0	1.00	1.00	0	0	1.00	1.00

Resistenza limite di progetto

γ_r	R_d/A'	$A' = B' L'$	R_d
[-]	[kPa]	[m ²]	[kN]
2.30	178	0.80	142
	204	1.80	368

Verifica alla rottura per carico limite

$R_d \geq V_d$
SI
SI

Verifica alla rottura per scorrimento

γ_r	S_d	$S_d \geq H_d$
[-]	[kN]	
1.10	57	SI
	149	SI

VERIFICHE EDIFICIO PRODUTTIVO

Dott. Geol. Federico Bacci

Via F. Broggi 13, 21049 - Tradate (VA)

E_mail: bacci.geo@gmail.com

FONDAZIONI SUPERFICIALI - Equazione di Brinch-Hansen**CARICO LIMITE DI PROGETTO DEI TERRENI DI FONDAZIONE (SLU) SECONDO LE NTC D.M. 17/01/18**

Approccio 2, combinazione A1+M1+R3

Condizioni dinamiche (sismiche)

Committente	Vittorio Veneto 15 Srl
Cantiere:	via Vanzago
Località:	Pregnana Milanese MI
Data:	Luglio 2025

z_q, z_γ	z_c
[-]	[-]
0.99	1.00

Angolo di resistenza a taglio, coesione, coefficienti di sicurezza parziali, fattori di capacità portante

ϕ'_k	D_r	ϕ'_{kr}	$\gamma_{\phi'}$	ϕ'_d	c'_k	$\gamma_{c'}$	c'_d	δ_d	N_q	N_γ	N_c
[°]	[-]	[°]	[-]	[°]	[kPa]	[-]	[°]	[°]	[-]	[-]	[-]
34.0	0.53	33.72	1.00	33.7	0	1.00	0.0	24.0	28.29	36.23	40.76

Pesi di volume del terreno, profondità del piano di posa e del livello piezometrico, tensione verticale efficace, coefficienti di accelerazione sismica

γ_n	γ_{sat}	γ'_r	D_f	z_w	D_w	σ'_{vo}	k_H	k_V
[kN/m ³]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[m]	[m]	[m]	[kPa]	[-]	[-]
18.0	19.0	18.0	4.00	8.50	4.50	72	0.0100	0.0050

Forma e profondità della fondazione, eccentricità del carico - PLINTO

B	L	e_B	B'	e_L	L'	γ_c	D	s_q	s_γ	s_c
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[m]	[-]	[-]	[-]
0.40	2.00	0.00	0.40	0.00	11.00	17.0	0.5	1.02	0.99	1.02
0.60	3.00	0.00	0.60	0.00	3.00	18.0	0.5	1.11	0.94	1.12

Inclinazione del carico, inclinazione del piano di posa e del piano campagna

V_d	carichi orizzontali paralleli a B'				carichi orizz. paralleli a L'			α	ω	b_q = b_γ	g_q = g_γ
	H_d	i_γ	i_q	i_c	H_d	i_q = i_γ	i_c				
[kN]	[kN]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[-]	[-]
713	7	0.97	0.98	0.98	0	1.00	1.00	0	0	1.00	1.00
356	4	0.97	0.98	0.98	0	1.00	1.00	0	0	1.00	1.00

Resistenza limite di progetto

γ_r	R_d/A'	$A' = B' L'$	R_d
[-]	[kPa]	[m ²]	[kN]
2.30	162	4.40	713
	198	1.80	356

Verifica alla rottura per carico limite

$R_d \geq V_d$
SI
SI

Verifica alla rottura per scorrimento

γ_r	S_d	$S_d \geq H_d$
[-]	[kN]	
1.10	288	SI
	144	SI

VERIFICHE EDIFICIO UFFICI

Dott. Geol. Federico Bacci

Via F. Broggi 13, 21049 - Tradate (VA)

E_mail: bacci.geo@gmail.com

FONDAZIONI SUPERFICIALI - Equazione di Brinch-Hansen**CARICO LIMITE DI PROGETTO DEI TERRENI DI FONDAZIONE (SLU) SECONDO LE NTC D.M. 17/01/18**

Approccio 2, combinazione A1+M1+R3

Condizioni statiche

Committente	Vittorio Veneto 15 Srl
Cantiere:	via Vanzago
Località:	Pregnana Milanese MI
Data:	Luglio 2025

z_q, z_γ [-]	z_c [-]
1.00	1.00

Angolo di resistenza a taglio, coesione, coefficienti di sicurezza parziali, fattori di capacità portante

φ_k [°]	D_r [-]	φ_{kr} [°]	γ_φ [-]	φ_d [°]	c_k [kPa]	γ_c [-]	c_d [°]	δ_d [°]	N_q [-]	N_γ [-]	N_c [-]
32.0	0.52	31.67	1.00	31.7	0	1.00	0.0	22.4	22.30	26.27	34.52

Pesi di volume del terreno, profondità del piano di posa e del livello piezometrico, tensione verticale efficace, coefficienti di accelerazione sismica

γ_n [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_r [kN/m ³]	D_f [m]	z_w [m]	D_w [m]	σ'_{vo} [kPa]	k_H [-]	k_V [-]
18.0	19.0	18.0	2.50	8.50	6.00	45	0.0000	0.0000

Forma e profondità della fondazione, eccentricità del carico - PLATEA 33 x 20.9 m

B [m]	L [m]	e_B [m]	B' [m]	e_L [m]	L' [m]	γ_c [kN/m ³]	D [m]	s_q [-]	s_γ [-]	s_c [-]
4.18	20.90	0.00	4.18	0.00	20.90	18.0	0.5	1.11	0.94	1.11

Inclinazione del carico, inclinazione del piano di posa e del piano campagna

V_d [kN]	carichi orizzontali paralleli a B'				carichi orizz. paralleli a L'			α [°]	ω [°]	b_q = b_γ [-]	g_q = g_γ [-]
	H_d [kN]	i_γ [-]	i_q [-]	i_c [-]	H_d [kN]	i_q = i_γ [-]	i_c [-]				
43715	0	1.00	1.00	1.00	0	1.00	1.00	0	0	1.00	1.00

Resistenza limite di progetto

γ_r [-]	R_d/A' [kPa]	A' = B' L' [m ²]	R_d [kN]
2.30	500	87.36	43715

Verifica alla rottura per carico limite

R_d ≥ V_d
SI

Verifica alla rottura per scorrimento

γ_r [-]	S_d [kN]	S_d ≥ H_d
1.10	16343	SI

VERIFICHE EDIFICIO UFFICI

Dott. Geol. Federico Bacci

Via F. Broggi 13, 21049 - Tradate (VA)

E_mail: bacci.geo@gmail.com

FONDAZIONI SUPERFICIALI - Equazione di Brinch-Hansen**CARICO LIMITE DI PROGETTO DEI TERRENI DI FONDAZIONE (SLU) SECONDO LE NTC D.M. 17/01/18**

Approccio 2, combinazione A1+M1+R3

Condizioni statiche

Committente	Vittorio Veneto 15 Srl
Cantiere:	via Vanzago
Località:	Pregnana Milanese MI
Data:	Luglio 2025

z_q, z_γ	z_c
[-]	[-]
0.99	1.00

Angolo di resistenza a taglio, coesione, coefficienti di sicurezza parziali, fattori di capacità portante

ϕ'_k	D_r	ϕ'_{kr}	$\gamma_{\phi'}$	ϕ'_d	c'_k	$\gamma_{c'}$	c'_d	δ_d	N_q	N_γ	N_c
[°]	[-]	[°]	[-]	[°]	[kPa]	[-]	[°]	[°]	[-]	[-]	[-]
32.0	0.52	31.67	1.00	31.7	0	1.00	0.0	22.4	22.17	25.97	34.21

Pesi di volume del terreno, profondità del piano di posa e del livello piezometrico, tensione verticale efficace, coefficienti di accelerazione sismica

γ_n	γ_{sat}	γ'_r	D_f	z_w	D_w	σ'_{vo}	k_H	k_V
[kN/m ³]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[m]	[m]	[m]	[kPa]	[-]	[-]
18.0	19.0	18.0	2.50	8.50	6.00	45	0.0100	0.0050

Forma e profondità della fondazione, eccentricità del carico - PLATEA 33 x 20.9 m

B	L	e_B	B'	e_L	L'	γ_c	D	s_q	s_γ	s_c
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[m]	[-]	[-]	[-]
4.18	20.90	0.00	4.18	0.00	20.90	18.0	0.5	1.11	0.94	1.11

Inclinazione del carico, inclinazione del piano di posa e del piano campagna

	carichi orizzontali paralleli a B'				carichi orizz. paralleli a L'						
V_d	H_d	i_γ	i_q	i_c	H_d	$i_q = i_\gamma$	i_c	α	ω	$b_q = b_\gamma$	$g_q = g_\gamma$
[kN]	[kN]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[-]	[-]
42051	418	0.97	0.98	0.98	0	1.00	1.00	0	0	1.00	1.00

Resistenza limite di progetto

γ_r	R_d/A'	$A' = B' L'$	R_d
[-]	[kPa]	[m ²]	[kN]
2.30	481	87.36	42051

Verifica alla rottura per carico limite

$R_d \geq V_d$
SI

Verifica alla rottura per scorrimento

γ_r	S_d	$S_d \geq H_d$
[-]	[kN]	
1.10	15721	SI

LEGENDA

φ'_k	=	angolo di resistenza al taglio del terreno in termini di sforzi efficaci (valore caratteristico)
D_{rk}	=	densità relativa del terreno di fondazione (valore caratteristico)
φ'_{kr}	=	angolo di resistenza al taglio del terreno ridotto in funzione di D_r (valore caratteristico)
γ_φ	=	coefficiente di sicurezza parziale per l'angolo di resistenza al taglio del terreno
φ'_d	=	angolo di resistenza al taglio del terreno in termini di sforzi efficaci (valore di progetto)
c'_k	=	coesione intercetta in termini di sforzi efficaci (valore caratteristico)
γ_c	=	coefficiente di sicurezza parziale per la coesione intercetta del terreno
c'_d	=	coesione intercetta in termini di sforzi efficaci (valore di progetto)
δ_d	=	angolo resistenza al taglio tra terreno e fondazione (valore di progetto)
z_q, z_γ, z_c	=	fattori correttivi di Paolucci & Pecker (1997)
N_q, N_γ, N_c	=	fattori di capacità portante
γ_n	=	peso di volume naturale del terreno sopra falda
γ_{sat}	=	peso di volume naturale del terreno sotto falda (saturo)
γ'_r	=	peso di volume efficace del terreno sopra il piano di posa della fondazione
D_f	=	profondità da p.c. del piano di posa della fondazione
z_w	=	profondità da p.c. della superficie piezometrica
D_w	=	profondità della superficie piezometrica dal piano di posa della fondazione
σ'_{vo}	=	tensione verticale efficace alla quota di imposta della fondazione
B	=	larghezza della fondazione
L	=	lunghezza della fondazione
e_B	=	eccentricità del carico lungo la dimensione B
B'	=	larghezza efficace equivalente della fondazione
e_L	=	eccentricità del carico lungo la dimensione L
L'	=	lunghezza efficace equivalente della fondazione
γ'_c	=	peso di volume efficace del terreno di calcolo
D	=	profondità di incasso della fondazione
s_q, s_γ, s_c	=	fattori di forma
H_d	=	carico di progetto (componente orizzontale)
V_d	=	carico di progetto (componente verticale)
i_q, i_γ, i_c	=	fattori di inclinazione del carico
α	=	inclinazione del piano di posa della fondazione
ω	=	inclinazione del piano campagna
$b_q = b_\gamma$	=	fattori di inclinazione del piano di posa della fondazione
$g_q = g_\gamma$	=	fattori di inclinazione del piano campagna
γ_r	=	coefficienti parziali per le verifiche agli SLU di fondazioni superficiali
R_d	=	resistenza limite di progetto (nei confronti dei carichi verticali)
S_d	=	resistenza limite di progetto (nei confronti dei carichi orizzontali)

Allegato 6

Valutazione dei cedimenti in terreni
incoerenti dai valori di N_{SPT} (SLE)

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
Vittorio Veneto 15 Srl S.L.: Corso Europa 10, Milano (MI)	Comune di Pregnana Milanese (MI) Realizzazione di un data center in via dell'Industria, Pregnana Milanese (MI) Geologica-Geotecnica e Sismica NTC 2018	Luglio 2025	6 di 6

VERIFICHE CEDIMENTI EDIFICIO PRODUTTIVO

Dott. Geol. Federico Bacci

Via F. Broggi 13, 21049 - Tradate (VA)

E_mail: bacci.geo@gmail.com

**VERIFICA DEI CEDIMENTI IN TERRENI INCOERENTI
DAI VALORI DI N_{SPT}** **Metodo di Burland e Burbidge (1984)**

Committente	Vittorio Veneto 15 Srl
Cantiere:	via Vanzago 18
Localita':	Pregnana Milanese MI
Data:	Luglio 2025

Parametri geotecnici dei terreni di fondazione

medio	min.	max.	medio	max.	min..						
N_{SPT}	N_{SPT}	N_{SPT}	I_c	I_c	I_c	γ_n	γ_{sat}	D_f	z_w	h_w	σ'_{vo}
[colpi/30cm]	[colpi/30cm]	[colpi/30cm]	[-]	[-]	[-]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[m]	[m]	[m]	[kPa]
22	16	26	0.023	0.035	0.018	18.0	19.0	4.00	8.50	0.00	72.00

Fattore tempo

t	R	R_3	f_t
[anni]	[-]	[-]	[-]
30	0.2	0.3	1.50

Fondazioni a PLINTO

								medio	max.	min.	differenz.
B	L	q	q'	f_s	H	z_i	f_h	S	S	S	ΔS
[m]	[m]	[kPa]	[kPa]	[-]	[m]	[m]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
0.40	2.00	162	162	1.42	0.46	0.46	1.00	3	4	2	2
0.60	3.00	198	198	1.42	0.62	0.62	1.00	5	8	4	4

VERIFICHE CEDIMENTI EDIFICIO UFFICI

Dott. Geol. Federico Bacci

Via F. Broggi 13, 21049 - Tradate (VA)

E_mail: bacci.geo@gmail.com

**VERIFICA DEI CEDIMENTI IN TERRENI INCOERENTI
DAI VALORI DI N_{SPT}** **Metodo di Burland e Burbidge (1984)**

Committente	Vittorio Veneto 15 Srl
Cantiere:	via Vanzago 18
Localita':	Pregnana Milanese MI
Data:	Luglio 2025

Parametri geotecnici dei terreni di fondazione

medio	min.	max.	medio	max.	min..						
N_{SPT}	N_{SPT}	N_{SPT}	I_c	I_c	I_c	γ_n	γ_{sat}	D_f	z_w	h_w	σ'_{vo}
[colpi/30cm]	[colpi/30cm]	[colpi/30cm]	[-]	[-]	[-]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[m]	[m]	[m]	[kPa]
17	14	21	0.032	0.042	0.024	18.0	19.0	2.50	8.50	0.00	45.00

Fattore tempo

t	R	R ₃	f _t
[anni]	[-]	[-]	[-]
30	0.2	0.3	1.50

Fondazioni a PLATEA

								medio	max.	min.	differenz.
B	L	q	q'	f _s	H	z _i	f _h	S	S	S	ΔS
[m]	[m]	[kPa]	[kPa]	[-]	[m]	[m]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
4.18	20.90	180	180	1.42	2.84	2.84	1.00	28	37	21	16

LEGENDA

- N_{SPT} = resistenza alla penetrazione da prova S.P.T.
- I_c = indice di compressibilità
- γ_n = peso di volume naturale del terreno sopra falda
- γ_{sat} = peso di volume saturo del terreno sotto falda
- D_f = profondità da p.c. del piano di posa della fondazione
- z_w = profondità da p.c. della superficie piezometrica
- h_w = altezza della superficie piezometrica sopra il piano di posa della fondazione
- σ'_{vo} = tensione verticale efficace agente alla quota di imposta della fondazione
- t = tempo (t ≥ 3 anni)

R	=	coefficiente pari a 0,2 per carichi statici e a 0,4 per carichi pulsanti
R₃	=	coefficiente pari a 0,3 per carichi statici e a 0,7 per carichi pulsanti
f_t	=	fattore tempo
B	=	larghezza della fondazione
L	=	lunghezza della fondazione
q	=	pressione totale lorda
q'	=	pressione efficace lorda
f_s	=	fattore di forma
H	=	spessore dello strato compressibile
z_i	=	profondità significativa per il calcolo del cedimento
f_h	=	fattore che tiene conto dello spessore dello strato compressibile
S	=	cedimento
ΔS	=	cedimento differenziale tra fondazioni contigue