

COMUNE DI MODENA

PR

Programma di Riqualificazione Urbana “COMPARTO NONANTOLANA”

TAV. 02 RELAZIONE GEOLOGICA E ANALISI GEOTECNICA DEL TERRENO-INTEGRAZIONI

Adottato con Del. di C.C. n. del - -

Approvato con Del. di C.C. n. del - -

PROGRAMMA DI RIQUALIFICAZIONE URBANA
PIANO DI RECUPERO “COMPARTO NONANTOLANA”

RELAZIONE GEOLOGICA ED ANALISI GEOTECNICA DEL TERRENO-INTEGRAZIONI

- 02 -

COMUNE DI MODENA

SETTORE PIANIFICAZIONE E SOSTENIBILITA' URBANA

Dirigente di Settore: ing. Maria Sergio

Servizio Progetti Urbani Complessi e Politiche Abitative

Dirigente di Servizio: ing. Michele Tropea

Gruppo di lavoro:

progettazione arch. Giovanna Palazzi

aspetti ambientali ing. Filippo Bonazzi

elaborazioni grafiche add. prog. Anna Tavoni

con il contributo di arch. Andrea Reggianini

geom Luigi Maietta

dott.ssa Silvia Sitton

add. prog. Elena Alietti

Contributi interni

per l'elaborato **A)** Schema di Convenzione
Servizio Amministrativo: *dott. Marco Bisconti*

per l'elaborato **B)** Stralcio dello strumento urbanistico vigente
Servizio Urbanistica: *arch. Morena Croci*

per l'elaborato **I)** Relazione tecnica del progetto del verde
Unità Specialistica Servizi Pubblici Ambientali: *dott.ssa Marta Guidi*

per l'elaborato **J-K)** Schema degli impianti tecnici – aspetti idraulici
Unità Specialistica Servizi Pubblici Ambientali: *ing. Sara Toniolo*
Servizio Energia, Ambiente e Protezione Civile: *ing. Emanuela Boschi*

per l'elaborato **M)** Valutazione previsionale di clima acustico
Ufficio Impatto Ambientale: *dott.ssa Daniela Campolieti*

per l'elaborato **O)** Relazione geologica e analisi geotecnica del terreno
per l'elaborato **Q)** Rapporto preliminare per la verifica di assoggettabilità alla VAS
Unità Specialistica Servizi Pubblici Ambientali: *dott. geol. Giorgio Barelli*

per l'elaborato **R)** Verifica preventiva dell'interesse archeologico
Museo Civico Archeologico Etnologico: *dott.ssa Silvia Pellegrini*

per l'elaborato **S)** Relazione delle risorse energetiche dell'insediamento
Servizio Energia, Ambiente e Protezione Civile: *ing. Michele Bocelli,*

Contributi esterni

per l'elaborato **I)** Relazione tecnica del progetto del verde:
Agenzia Casa Emilia Romagna (ACER) Modena dott.ssa agronomo Rita Bega

per l'elaborato **J-K)** Schema degli impianti tecnici:
HERA Modena s.p.a: ing. Sandro Mattioli

per l'elaborato **M)** Valutazione previsionale di clima acustico:
StudioA p.i. Maurizio Santunione

per l'elaborato **O)** Relazione geologica e analisi geotecnica del terreno:
Geo-Group srl

per gli aspetti relativi alla sicurezza:
Linee guida per criteri di sicurezza urbana nella progettazione
Lab[qus] arch. Umberto Nicolini

Comune di Modena

Provincia di Modena

RELAZIONE GEOLOGICA inerente la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1. NTC 2018)

RELAZIONE GEOTECNICA relativa alle indagini, alla caratterizzazione e alla modellazione geotecnica a supporto della progettazione strutturale (6.2.2. NTC 2018) nonché relativa alla verifica delle opere di fondazione (6.4. NTC 2018)



OGGETTO:

Integrazione alla relazione geologica, geotecnica e sismica inerente lo studio del terreno di fondazione di un'area sita in via Nonantolana ex civ. 221.255 (Foglio 96 - Mappale 119 e 121), nel Comune di Modena



Dott. Geo. Pierluigi Dallari

Gennaio 2019
Rif. 691/18

ASSOCIATO



GEO GROUP s.r.l.

Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

Tel. 059/3967169 Fax. 059/5960176

E-mail: info@geogroupmodena.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it



**AZIENDA CON SISTEMA
DI GESTIONE QUALITÀ
CERTIFICATO DA DNV
= ISO 9001 =**

Oggetto:

Integrazione allo studio del terreno di fondazione di un'area sita in via Nonantolana ex civ. 221.255 (Foglio 96 - Mappale 119 e 121), nel Comune di Modena mediante la realizzazione di un sondaggio a carotaggio continuo.

Nel mese di gennaio 2019 è stato eseguito un sondaggio a carotaggio continuo per verificare lo spessore del banco ghiaioso addensato rilevato dalla profondità di - 22.80 m da p.c. dalle prove penetrometriche statiche CPT eseguite in data 30/11/2018 ai fini di progettare le opere di fondazione.



Fig. 1 - Ripresa fotografica dell'area in oggetto in cui è indicato il punto del sondaggio eseguito S1.

Le coordinate geografiche relative al sondaggio eseguito sono le seguenti:

SONDAGGIO S1	COORDINATE ED50
LATITUDINE	44.654858
LONGITUDINE	10.941247
QUOTA TOPOGRAFICA	30.75 m s.l.m.

Tab. 2 - Coordinate relative al punto di sondaggio eseguito.

Nelle date 23/01/2019 e 24/01/2019 è stato eseguito n. 1 sondaggio verticale a carotaggio continuo.

Il sondaggio, eseguito mediante sonda idraulica, è stato spinto fino alla profondità pari a - 37.50 m da p.c.. Il sondaggio meccanico è stato eseguito "a rotazione": tale tecnica consiste nel fare avanzare un utensile "carotiere" per mezzo di una batteria di aste, alla quale viene applicata una spinta assiale dal sistema idraulico dell'impianto.

La perforazione è inoltre stata eseguita nella modalità a "carotaggio continuo". Questa tecnica consiste nell'utilizzo di aste cave che prevedono l'utilizzo di un carotiere al posto dello scalpello distruttore di nucleo.

Le "carote" di terreno, prelevate nel corso dei sondaggi sono state riposte in apposite cassette catalogatrici in PVC, a 5 scomparti, per una lunghezza totale di 5.00 m cadauna: la litologia estrapolata è riportata nella stratigrafia presente in **figura 3** e nell'**allegato 1**.

Sulle carote estratte è stata valutata la resistenza alla penetrazione in condizioni non drenate R_{PP} , misurata mediante POCKET PENETROMETER e la resistenza al taglio, sempre in condizioni non drenate R_{VT} , mediante VANE TEST. Tali dati sono riportati nella colonna litostratigrafica, presente in **allegato n. 1**.

metri	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	RP	VT	Profondità (m)	SPT	N	A
1.		Ripporto ghiaioso misto incoerente con ciottoli eterometrici e con laterizi bruno rossastri di vecchie fondazioni (diametro min. 0.20 cm e diametro max. 10 cm)						
2.		Argilla limosa a medio-scarso consistenza a media plasticità, umida, con presenza di calcinelli subcentimetrici di colore nocciola (5YR 5/2) con striature marrone scuro.	1.00	0.50	0.50			
3.			0.50	0.30	0.80			
4.			1.40	0.70	1.40			
5.								
6.		Argilla limosa a media consistenza grigia (GLE2 5/10BG) compatta e umida con striature nocciola. Presenza di calcinelli subarrotondati e subcentimetrici.	0.60	0.30	0.90			
7.			0.7	0.40	1.00			
8.			1.00	0.50	1.00			
9.			1.50	0.60	1.50			
10.			2.00	0.80	2.00			
11.			2.00	0.80	2.00			
12.		Argilla limosa grigia (GLE2 5/10BG) compatta a media consistenza con presenza di torba e sostanza organica.	1.00	0.50	1.00			
13.		Argilla limosa grigia (GLE2 5/10BG) compatta a media consistenza con presenza di torba e sostanza organica.	1.00	0.50	1.00			
14.		Argilla limosa grigia (GLE2 5/10BG) compatta a media consistenza con presenza di torba e sostanza organica.	2.00	1.00	2.00			
15.		Argilla limosa grigia (GLE2 5/10BG) compatta a media consistenza con presenza di torba e sostanza organica.	1.80	0.80	1.80			
16.		Argilla limosa grigia (GLE2 5/10BG) compatta a media consistenza con presenza di torba e sostanza organica.	2.00	1.00	2.00			
17.								
18.		Argilla limosa grigio-nera (GLE2 3/5B) asciutta, compatta e consistente con resti organici e vegetali con presenza di calcinelli subarrotondati e rari laterizi di colore arancione-bruno.	1.70	0.80	1.70			
19.		Argilla limosa grigio-nera (GLE2 3/5B) asciutta, compatta e consistente con resti organici e vegetali con presenza di calcinelli subarrotondati e rari laterizi di colore arancione-bruno.	1.50	0.80	1.50			
20.		Argilla limosa grigio-azzurra (GLE2 5/5BG) compatta e consistente con presenza di calcinelli bianchi sub-centimetrici e subarrotondati.	1.90	0.80	1.90			
21.		Argilla limosa grigio-azzurra (GLE2 5/5BG) compatta e consistente con presenza di calcinelli bianchi sub-centimetrici e subarrotondati.	1.80	0.90	1.80			
22.		Argilla limosa grigio-azzurra (GLE2 5/5BG) compatta e consistente con presenza di calcinelli bianchi sub-centimetrici e subarrotondati.	1.50	0.80	1.50			
23.		Argilla limosa grigio-azzurra (GLE2 5/5BG) compatta e consistente con presenza di calcinelli bianchi sub-centimetrici e subarrotondati.	1.00	0.60	1.00			
24.		Argilla limosa grigio-azzurra (GLE2 5/5BG) compatta e consistente con presenza di calcinelli bianchi sub-centimetrici e subarrotondati.	1.20	0.60	1.20			
25.		Argilla limosa grigio-azzurra (GLE2 5/5BG) compatta e consistente con presenza di calcinelli bianchi sub-centimetrici e subarrotondati.	1.00	0.50	1.00			
26.		Ghiaie addensate (GLE2 7/5PB) e presenza di ciottoli (diametro min 0.5 cm e diametro max 3 cm) sub-arrotondati grigio/azzurro chiari, di natura fluviale. Presenza di matrice (GLE2 7/10B) sabbioso/limosa grigio chiara e debolmente argillosa.	24.0	15-14-17	24.0			
27.		Argilla limosa compatta e consistente, asciutta, grigio-nocciola (GLE2 3/5GY) con presenza di resti vegetali organici a - 25.60 m da p.c.	2.00	1.00	2.00			
28.		Argilla limosa compatta e consistente, asciutta, grigio-nocciola (GLE2 3/5GY) con presenza di resti vegetali organici a - 25.60 m da p.c.	1.80	0.70	1.80			
29.		Argilla limosa compatta e consistente, asciutta, grigio-nocciola (GLE2 3/5GY) con presenza di resti vegetali organici a - 25.60 m da p.c.	1.80	0.80	1.80			
30.		Argilla limosa compatta e consistente, asciutta, grigio-nocciola (GLE2 3/5GY) con presenza di resti vegetali organici a - 25.60 m da p.c.	2.50	1.20	2.50			
31.		Argilla limosa compatta e consistente, asciutta, grigio-nocciola (GLE2 3/5GY) con presenza di resti vegetali organici a - 25.60 m da p.c.	2.20	1.10	2.20			
32.		Ghiaie addensate (7.5 YR 6/1) eterometriche con presenza di ciottoli di colore variabile da grigio a bruno-arancione da medi a grossolani (diametro min 1.0 cm e diametro max 5 cm) sub-arrotondati grigio/azzurro chiari, di natura fluviale in matrice sabbioso/limosa umida.	28.5	26-33-36	28.5			
33.		Ghiaie addensate (7.5 YR 6/1) eterometriche con presenza di ciottoli di colore variabile da grigio a bruno-arancione da medi a grossolani (diametro min 1.0 cm e diametro max 5 cm) sub-arrotondati grigio/azzurro chiari, di natura fluviale in matrice sabbioso/limosa umida.						
34.		Ghiaie addensate (7.5 YR 7/2) eterometriche con presenza di ciottoli da piccoli a grossolani sub-arrotondati e piatti (diametro min 0.5 cm e diametro max 7 cm) in matrice limoso-argillosa umida color nocciola chiaro.	31.5	38-39-43	31.5			
35.		Ghiaie addensate (7.5 YR 7/2) eterometriche con presenza di ciottoli da piccoli a grossolani sub-arrotondati e piatti (diametro min 0.5 cm e diametro max 7 cm) in matrice limoso-argillosa umida color nocciola chiaro.	33.0	40-42-45	33.0			
36.		Ghiaie addensate (7.5 YR 7/2) eterometriche con presenza di ciottoli da piccoli a grossolani sub-arrotondati e piatti (diametro min 0.5 cm e diametro max 7 cm) in matrice limoso-argillosa umida color nocciola chiaro.	35.0	42-44-48	35.0			
37.		Argilla limosa a media consistenza, umida, grigio-azzurra (GLE2 5/5BG).	2.50	1.00	2.50			
38.		Argilla limosa a media consistenza, umida, grigio-azzurra (GLE2 5/5BG).	2.40	0.90	2.40			
39.		Argilla limosa a media consistenza, umida, grigio-azzurra (GLE2 5/5BG).	2.20	0.80	2.20			

Fig. 3 - Stratigrafia del sondaggio a carotaggio continuo eseguito nelle date 23/01/2019 e 24/01/2019.

Dal carotaggio eseguito sono stati rilevati terreni argillosi coesivi fino alla profondità di - 22.80 m da p.c., profondità alla quale è stato rilevato il primo livello ghiaioso addensato presente fino alla profondità di - 24.80 m da p.c., seguito nuovamente da terreni argillosi fino a - 28.00 m da p.c., profondità dalla quale sono nuovamente presenti ghiaie addensate fino alla profondità di - 36.50 m da p.c.. Infine da tale quota il sondaggio ha rilevato nuovamente argilla limosa consistente fino alla massima profondità investigata dal sondaggio pari a - 37.50 m da p.c..

Durante la perforazione eseguita sono state effettuate n. 5 prove penetrometriche dinamiche di tipo SPT ("Standard Penetration Test"). La prova penetrometrica dinamica in foro SPT consiste nel far cadere, con una frequenza di 20/25 colpi al minuto, un maglio da 63,50 kg da un'altezza di 76,00 cm (standard europeo) su una batteria di aste che possiedono, nella parte terminale, un campionatore cilindrico a "punta aperta" oppure una punta conica "chiusa", con angolo di punta pari a 60° e avente un diametro esterno di 50.46 mm. Nel corso della prova SPT viene registrato il numero di colpi necessario per infiggere la punta conica per **45 cm** nel terreno. Il valore di (**NSPT₃₀**) viene ottenuto eliminando i colpi dei primi 15 cm di infissione e sommando il valore dei colpi necessario per infiggere la punta conica nei rimanenti 30 cm di sottosuolo.

Le prove penetrometriche SPT ("Standard Penetration Test") sono state eseguite all'interno del foro di sondaggio alle seguenti profondità dal piano campagna attuale:

	PUNTA	PROFONDITÀ	NUMERO DI COLPI			N _{SPT 30}
SPT 1	CHIUSA	-24.00 m da p.c.	15	14	17	31
SPT 2	CHIUSA	-28.50 m da p.c.	26	33	36	69
SPT3	CHIUSA	-31.50 m da p.c.	38	39	43	82
SPT4	CHIUSA	-33.00 m da p.c.	40	42	45	87
SPT5	CHIUSA	-35.00 m da p.c.	42	44	48	92

Il numero dei colpi **N**, in base alle Normative **AGI** (1977) ci dà una classifica orientativa dello stato di compattezza (addensamento) dei terreni incoerenti, come visibile nella **figura 4** di seguito esposta:

N	valutazione dello stato di addensamento
0 – 4	sciolto
4 – 10	poco addensato
10 – 30	moderatamente addensato
30 – 50	addensato
> 50	molto addensato

Fig. 4 - Classifica orientativa dello stato di addensamento dei terreni incoerenti (da classificazione A.G.I-1977).

In **allegato n. 2** sono visibili i risultati ottenuti dall'elaborazione delle prove SPT con diversi autori ed i parametri geotecnici dei vari strati indagati.

Al termine del sondaggio è stato rilevato il livello della falda freatica superficiale mediante freatimetro elettroacustico. La profondità della falda freatica superficiale si attesta alla quota pari a $D_w = - 2.30$ m da p.c..

A disposizione per ulteriori chiarimenti cogliamo l'occasione per porgere distinti saluti.

Modena, 29 gennaio 2019

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari





GEO GROUP Srl

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176 p.IVA e C.F. 02981500362
e-mail: info@geogroupmodena.it web: www.geogroupmodena.it



ALLEGATO N. 1

Sondaggio a carotaggio continuo

Committente: Modena, via Nonantolana - ACER	Sondaggio: S1
Riferimento: Rif. 691/18	Data: 23/01/2019
Coordinate:	Quota: +30.75 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	
SCALA 1 :123	STRATIGRAFIA - S1
Pagina 1/1	

metri	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	RP	VT	Standard Penetration Test		A r s
					m	S.P.T.	N
1		Riporto ghiaioso misto incoerente con ciottoli eterometrici e con laterizi bruno rossastri di vecchie fondazioni (diametro min. 0.20 cm e diametro max. 10 cm)					
2		Argilla limosa a medio-scarso consistenza a media plasticità, umida, con presenza di calcinelli subcentimetrici di colore nocciola (5YR 5/2) con striature marrone scuro.	1.00	0.50			
3			0.50	0.30			
4			1.40	0.70			
5		Argilla limosa a media consistenza grigia (GLE Y2 5/10BG) compatta e umida con striature nocciola. Presenza di calcinelli subarrotondati e subcentimetrici.	0.60	0.30			
6			0.7	0.40			
7			1.00	0.50			
8							
9			1.50	0.60			
10			2.00	1.00			
11			2.00	1.00			
12		Argilla limosa grigia (GLE Y1 2.5/N) compatta a media consistenza con presenza di torba e sostanza organica.	1.00	0.50			
13		Argilla limosa grigia (GLE Y1 4/N) molto compatta e consistente con striature marroni e rara presenza di ciottoli (diametro max 1 cm).	1.00	0.50			
14			2.00	1.00			
15			1.80	0.80			
16			2.00	1.00			
17							
18		Argilla limosa grigio-nera (GLE Y2 3/5B) asciutta, compatta e consistente con resti organici e vegetali con presenza di calcinelli subarrotondati e rari laterizi di colore arancione-bruno.	1.70	0.80			
19		Argilla limosa grigio-azzurra (GLE Y2 5/5BG) compatta e consistente con presenza di calcinelli bianchi sub-centimetrici e subarrotondati.	1.60	0.80			
20			1.50	0.80			
21		Argilla limosa compatta e consistente, asciutta, grigio-bruna (10R 3/1) con presenza di resti vegetali organici bruni e presenza di ciottoli di ghiaia centimetrici arrotondati e di natura fluviale (diametro min 0.5 cm e diametro max 2 cm).	1.90	0.85			
22			1.80	0.90			
23			1.50	0.80			
24		Ghiaie addensate (GLE Y2 7/5PB) e presenza di ciottoli (diametro min 0.5 cm e diametro max 3 cm) sub-arrotondati grigio/azzurro chiari, di natura fluviale. Presenza di matrice (GLE Y2 7/10B) sabbioso/limosa grigio chiara e debolmente argillosa.	0.80	0.40			
25		Argilla limosa compatta e consistente, asciutta, grigio-nocciola (GLE Y1 3/5GY) con presenza di resti vegetali organici a - 25.60 m da p.c.	1.00	0.60			
26			1.20	0.60			
27			1.00	0.50			
28		Ghiaie addensate (7.5 YR 6/1) eterometriche con presenza di ciottoli di colore variabile da grigio a bruno-arancione da medi a grossolani (diametro min 1.0 cm e diametro max 5 cm) sub-arrotondati grigio/azzurro chiari, di natura fluviale in matrice sabbioso/limosa umida.	24.0		15-14-17	31	
29							
30		Ghiaie addensate (7.5 YR 7/2) eterometriche con presenza di ciottoli da piccoli a grossolani sub-arrotondati e piatti (diametro min 0.5 cm e diametro max 7 cm) in matrice limoso-argillosa umida color nocciola chiaro.	2.00	1.00			
31			1.80	0.75			
32			1.80	0.80			
33			2.50	1.20			
34			2.20	1.10			
35			28.5		26-33-36	69	
36							
37			31.5		38-39-43	82	
			33.0		40-42-45	87	
			35.0		42-44-48	92	
		Argilla limosa a media consistenza, umida, grigio-azzurra (GLE Y2 5/5BG).	2.50	1.00			
			2.40	1.20			
			2.20	1.00			



GEO GROUP Srl

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176 p.IVA e C.F. 02981500362
e-mail: info@geogroupmodena.it web: www.geogroupmodena.it



ALLEGATO N. 2

Prove dinamiche in foro SPT

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA IN FORO SPT

Committente: ACER MODENA
 Cantiere: Studio terreno di fondazione
 Località: Modena, via Nonantolana

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVE SPT IN FORO

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.76 m
Peso sistema di battuta	4.2 Kg
Diametro punta conica	50.46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	7 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1
Rivestimento/fanghi	No

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... *scept ecc.*)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione) δ
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono $A=10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica
 ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$),
 diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27$ cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
 massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

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

R_{pd} = resistenza dinamica punta (area A);

e = infissione media per colpo (δ/N);

M = peso massa battente (altezza caduta H);

P = peso totale aste e sistema battuta.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media + s

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media - s

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove sN_{spt} è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immersione $d = 1$ mt..

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING* (1982), applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$N_{spt} \text{ corretto} = 15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38°.
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie D_r viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck 1948-1967

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss 1978-1981 . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/sec)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_0)

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u min-max.
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann 1975 C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con $N_c=20$ e $Q_c/N_{spt}=2$.

- Schmertmann 1975 C_u (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982 , valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenzov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt}=6-12$).

Modulo Di Young (E_y)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

PROVA SPT1

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Falda rilevata

PROVE SPT IN FORO
 23/01/2019

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Massimo

Profondità (m)	Nr. Colpi
24.15	15
24.30	14
24.45	17

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato	31	24.45	33.68	64.21	68.68	64.5

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanes e National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Strato	31	24.45	31	35.86	28.86	36.68	28.47	39.89	36.99	32-35	36.56	36.3	39.04	39.9

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato	31	24.45	31	397.42	248.00	366.50	412.50	230.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato	31	24.45	31	186.00	91.14	220.10	176.26

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	31	24.45	31	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Strato	31	24.45	31	Meyerhof ed altri	2.14

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Strato	31	24.45	31	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	31	24.45	31	(A.G.I.)	0.29

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato	31	24.45	31	1639.81	1018.90

Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	31	24.45	31	Ohta & Goto (1978) Limi	200.89

PROVA SPT2

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Falda rilevata

PROVE SPT IN FORO
 23/01/2019

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Massimo

Profondità (m)	Nr. Colpi
28.65	26
28.80	33
28.95	36

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	69	28.95	46	85.68	93.67	100

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	69	28.95	69	46.71	39.71	47.32	29.17	42.17	40	>38	47.17	47.7	42.87	52.15

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	69	28.95	69	592.92	552.00	814.90	697.50	420.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	69	28.95	69	414.00	169.19	489.90	345.74

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	69	28.95	69	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] -	69	28.95	69	Meyerhof ed altri	2.38

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] -	69	28.95	69	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	69	28.95	69	(A.G.I.)	0.21

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	69	28.95	69	3478.82	1661.30

Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	69	28.95	69	Ohta & Goto (1978) Limi	238.36

PROVA SPT3

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Falda rilevata

PROVE SPT IN FORO
 23/01/2019

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Massimo

Profondità (m)	Nr. Colpi
31.65	38
31.80	39
31.95	43

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	82	31.95	43.01	79.57	84.55	79.12

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	82	31.95	48.5	40.86	33.86	41.58	29.15	42.37	39.14	35-38	41.97	41.55	42.71	46.14

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	82	31.95	48.5	497.10	388.00	573.00	543.75	317.50

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	82	31.95	48.5	291.00	127.09	344.35	254.31

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	82	31.95	48.5	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] -	82	31.95	48.5	Meyerhof ed altri	2.23

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] -	82	31.95	48.5	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	82	31.95	48.5	(A.G.I.)	0.26

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	82	31.95	48.5	2497.53	1339.36

Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	82	31.95	48.5	Ohta & Goto (1978) Limi	228.57

PROVA SPT 4

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Falda rilevata

PROVE SPT IN FORO
 23/01/2019

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Massimo

Profondità (m)	Nr. Colpi
33.15	40
33.30	42
33.45	45

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	87	33.45	43.12	79.89	85.41	81.21

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	87	33.45	51	41.57	34.57	42.28	29.12	42.53	39.18	>38	42.66	42.3	42.59	46.94

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	87	33.45	51	509.75	408.00	602.50	562.50	330.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	87	33.45	51	306.00	132.22	362.10	265.46

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	87	33.45	51	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] -	87	33.45	51	Meyerhof ed altri	2.24

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] -	87	33.45	51	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	87	33.45	51	(A.G.I.)	0.25

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	87	33.45	51	2618.36	1381.13

Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	87	33.45	51	Ohta & Goto (1978) Limi	232.62

PROVA SPT5

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Falda rilevata

PROVE SPT IN FORO
 23/01/2019

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Massimo

Profondità (m)	Nr. Colpi
35.15	42
35.30	44
35.45	48

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	92	35.45	42.91	79.71	85.91	83.43

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	92	35.45	53.5	42.29	35.29	42.98	29.05	42.63	39.16	>38	43.33	43.05	42.29	47.71

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	92	35.45	53.5	522.09	428.00	632.00	581.25	342.50

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	92	35.45	53.5	321.00	137.36	379.85	276.61

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	92	35.45	53.5	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] -	92	35.45	53.5	Meyerhof ed altri	2.25

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] -	92	35.45	53.5	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	92	35.45	53.5	(A.G.I.)	0.25

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	92	35.45	53.5	2738.84	1422.11

Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	92	35.45	53.5	Ohta & Goto (1978) Limi	237.19