

# Comune di Sassuolo

## 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)

ANALISI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE relativa alla caratterizzazione geofisica del volume significativo di terreno (3.2.2 NTC 2018), valutazione dell'azione sismica di riferimento (3.2.3. NTC 2018), Risposta sismica locale e verifica della stabilità nei confronti della liquefazione (7.11.3. NTC 2018)



### **OGGETTO:**

Caratterizzazione geologico-geotecnica e sismica di un'area sita in fregio a Via Pedemontana nel Comune di Sassuolo (MO)



Dott. Geol. Pierluigi Dallari  
Maggio 2021  
Rif. 362/21



**GEO GROUP s.r.l.**  
Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA  
Tel. 059/3967169 Fax. 059/5960176  
E-mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)  
P.IVA e C.F. 02981500362  
[www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)



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

## **Relazione Tecnica**

comprendente:

### **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)

### **ANALISI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE**

Relativa alla caratterizzazione geofisica del volume significativo di terreno (3.2.2 NTC 2018), valutazione dell'azione sismica di riferimento (3.2.3. NTC 2018), Risposta sismica locale e verifica della stabilità nei confronti della liquefazione (7.11.3. NTC 2018)

## **Oggetto:**

**Caratterizzazione geologico-geotecnica e sismica di un'area sita in fregio a Via Pedemontana nel Comune di Sassuolo (MO)**

**Rif. 362/21**

## Indice del contenuto

---

1. PREMESSE .....	3
2. RELAZIONE GEOLOGICA .....	4
2.1 MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO - GEOLOGIA .....	4
2.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE .....	4
2.3 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPER PESANTI DPSH .....	5
2.4 SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO .....	10
2.5 ANALISI DI LABORATORIO DI GEOTECNICA .....	15
2.6 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE STANDARD SPT IN FORO .....	16
2.7 CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE DEL SITO D'INDAGINE .....	18
3. RELAZIONE GEOTECNICA .....	25
3.1 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO .....	25
4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO .....	26
4.1 INDAGINE SISMICA CON METODO MASW .....	26
4.2 INDAGINI SISMICHE HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO (HVSr) .....	28
4.3 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (§ 3.2.2 NTC 2018) .....	30
4.4 AZIONE SISMICA E RISPOSTA SISMICA DEL SITO - APPROCCIO SEMPLIFICATO .....	31
4.5 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE (§ 7.11.3.4 NNTC 2018) .....	34
5. VERIFICHE GEOTECNICHE .....	36
5.1 VERIFICA DEI CEDIMENTI .....	37
5.2 MODULO DI SOTTOFONDO .....	38
5.3 VERIFICA NEI CONFRONTI DEGLI SLU (6.4 NNTC 2018) .....	39
6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....	44

## Tavole

---

Tav. n. 1: "Carta corografica"	scala 1: 25.000;
Tav. n. 2: "Carta topografica"	scala 1: 10.000;
Tav. n. 3: "Ripresa fotografica aerea"	scala grafica;
Tav. n. 4: "Carta geologica"	scala 1: 5.000;
Tav. n. 5: "Ubicazione delle indagini geognostiche"	scala grafica
Tav. n. 6: "Sezione geotecnica A-A"	scala grafica
Tav. n. 7: "Sezione geotecnica B-B"	scala grafica

## Allegati

---

- ALL. n. 1** Prove penetrometriche dinamiche corredate di interpretazione geotecnica
- ALL. n. 2** Verifiche geotecniche
- ALL. n. 3** Indagini sismiche
- ALL. n. 4** SPT
- ALL. n. 5** Prove di laboratorio



## 1. PREMESSE

Nel mese di Aprile 2021 è stato eseguito il presente studio relativo alla caratterizzazione geologico-geotecnica e sismica di un'area sita in fregio a Via Pedemontana nel Comune di Sassuolo (MO). Questo studio si è reso necessario in quanto il fabbricato esistente sarà demolito e i dati ottenuti dalla caratterizzazione serviranno per progettare un nuovo fabbricato industriale. L'area in oggetto è posta nel comparto industriale sito a nord-est di Sassuolo, come illustrato nelle immagini satellitari seguenti. Dal punto di vista geomorfologico l'area risulta pianeggiante con una leggera variazione di quota nella parte più settentrionale del lotto, attestandosi sui 100/104 m s.l.m..



Fig. 1.1: Inquadramento geografico dell'area di interesse (immagini tratte da *Google Maps*).



## 2. RELAZIONE GEOLOGICA

### 2.1 MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO - GEOLOGIA

Da quanto si evince dalla “Carta geologica” (tav. n. 4) tratta dalla “Carta geologica - Progetto CARG” a cura della Regione Emilia Romagna, nell'area oggetto di studi affiora la seguente litologia:



Fig. 1.2: Carta geologica (immagine tratta da Carta geologica - Progetto CARG” a cura della Regione Emilia Romagna).

### 2.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

In relazione alla litologia presente nell'area e in base alla tipologia di intervento in progetto è stata eseguita la seguente campagna di indagini geognostiche:

***n.12 prove penetrometriche dinamiche super pesanti DPSH***

***n.1 indagine sismica MASW***

***n.2 indagini sismiche HVSR***

***n.1 sondaggio a carotaggio continuo***

I risultati delle suddette indagini sono riportati negli appositi allegati, mentre l'ubicazione è illustrata nella tav. n. 5. e in figura 1.3.



Fig. 1.3: Ubicazione indagini geognostiche eseguite nell'area di interesse.

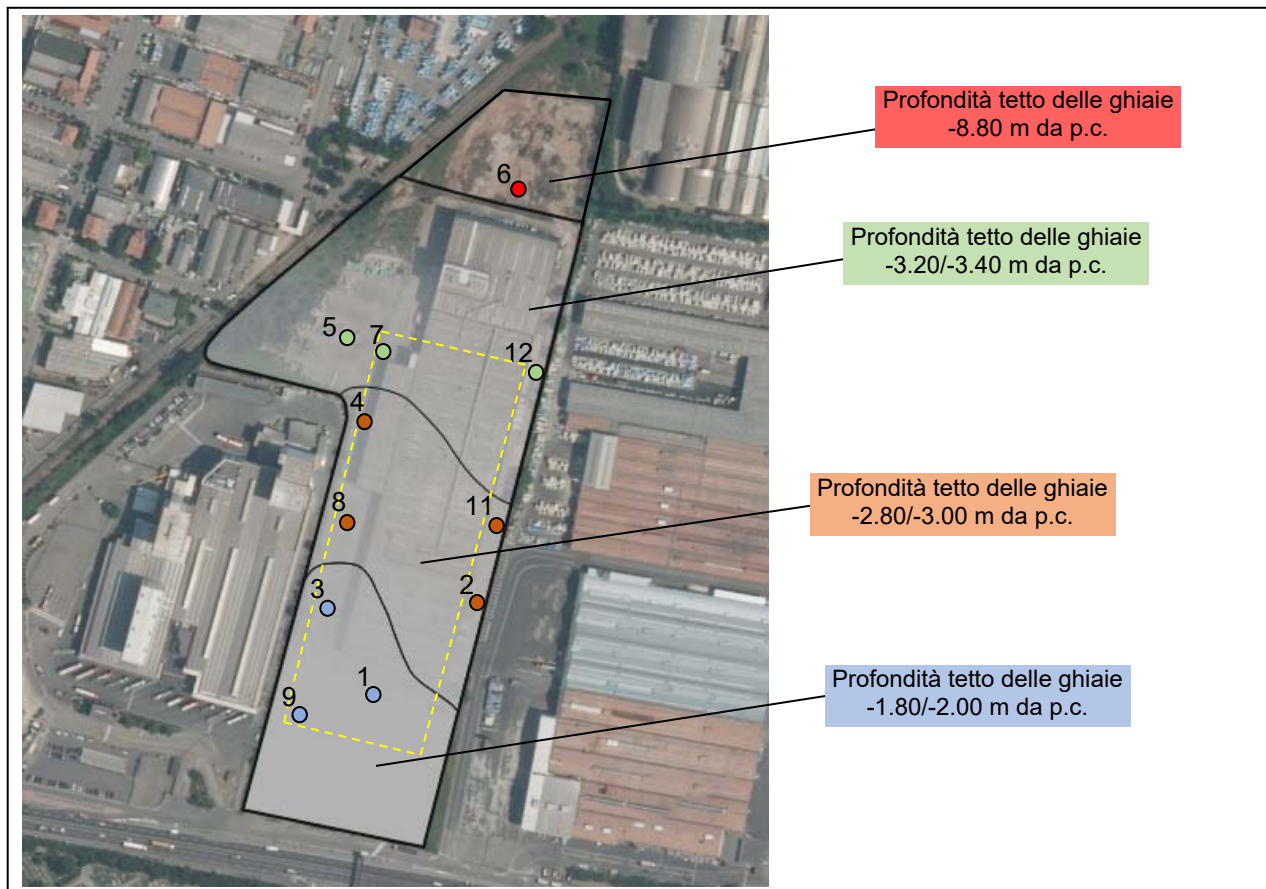
### 2.3 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPER PESANTI DPSH

Al fine di caratterizzare dal punto di vista litostratigrafico l'area di interesse sono state eseguite n. 12 prove penetrometriche dinamiche super pesanti DPSH, spinte fino alle profondità elencate nella tabella seguente:

PROVA	PROFONDITA' DA P.C. (m)	PROFONDITA' TETTO GHIAIE (m)	PROVA	PROFONDITA' DA P.C. (m)	PROFONDITA' TETTO GHIAIE (m)
1	- 3.00	- 2.20	7	- 3.60	- 3.20
2	- 3.40	- 3.00	8	- 3.40	- 3.00
3	- 2.20	- 1.80	9	- 2.40	- 2.00
4	- 3.20	- 2.80	10	- 1.00	-
5	- 3.60	- 3.20	11	- 3.40	- 3.00
6	- 9.00	- 8.80	12	- 4.60	- 3.40

Analizzando la profondità del tetto delle ghiaie individuato nelle prove penetrometriche eseguite si nota una leggera degradazione da sud verso nord dove si passa da profondità di circa -1.80/-2.00 m da p.c. a -3.20/-3.40 m da p.c..





Carta raffigurante l'andamento del tetto delle ghiaie.

La prova dinamica consiste nell'infiggere una punta di acciaio posta all'estremità di una batteria di aste, mediante la caduta di un maglio da un'altezza costante e nel misurare il numero di colpi necessari a produrre avanzamenti delle aste e della punta stessa di una lunghezza prefissata nel terreno.

Tale prova penetrometrica dinamica misura in continuo la resistenza alla penetrazione della punta conica e, in particolare, fornisce una valutazione qualitativa del grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati. Esistono numerosi penetrometri in commercio che si differenziano principalmente sulla base del diverso peso del maglio, dell'altezza di caduta, del diametro e della forma della punta e dello step di approfondimento. Lo strumento impiegato nel caso in studio è un penetrometro PAGANI TG63-100, montato su cingoli della Pagani Equipment di Piacenza che risponde alle norme ISSMFE-DPSH (1988).

Le principali caratteristiche tecniche di tale strumento sono riassunte nella tabella seguente:

CARATTERISTICHE	PENETROMETRO DINAMICO SUPER-PESANTE DPSH
Massa del maglio (kg):	63.5 ± 0.5
Altezza di caduta (cm):	75 ± 0.2
Diametro della punta (cm):	50.5 ± 0.05
Area della punta nominale (cm <sup>2</sup> ):	20
Apertura del cono:	90°
Diametro delle aste (cm) D:	3.2 ± 0.03
Peso del sistema di infissione, escluso il maglio (kg):	30
Penetrazione standard (cm):	20 (N10)

All'estremità inferiore della batteria di aste è collocata la punta conica, che può essere di due tipi: fissa, e quindi recuperabile al termine dell'indagine, oppure "a perdere" che quindi, alla estrazione delle aste, rimane nel terreno. Ulteriori specifiche tecniche dell'attrezzatura di prova sono illustrate in allegato.

Per le prove dinamiche eseguite è stato realizzato un modello grafico in cui sono riportati: il numero dei colpi, la profondità in metri (misure ricavate ogni cm. 20 di avanzamento del sondaggio) e la resistenza dinamica alla punta Rpd in Kg/cm<sup>2</sup> calcolata attraverso la "Formula olandese":

$$Rpd = M2 * H / [A * e (M+P)] = M2 * H * N / [A * \delta (M+P)]$$

Dove:

Rpd = Resistenza dinamica punta (Kg/cm<sup>2</sup>);

A = area della punta (cm<sup>2</sup>);

M = massa battente (kg);

H = altezza di caduta;

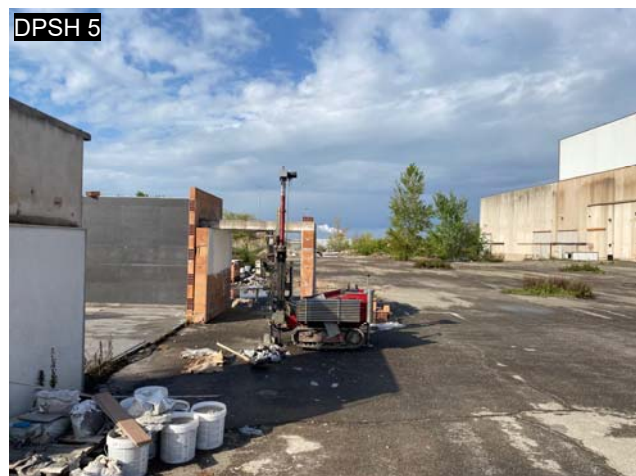
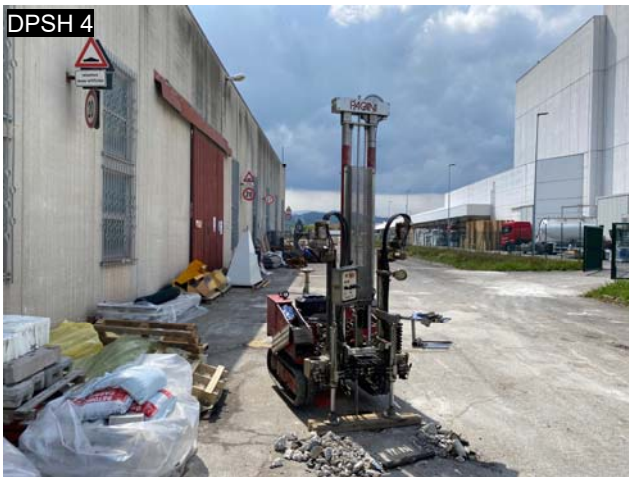
P = massa totale aste e sistema di battuta;

e = infissione per colpo =  $\delta / N$ .

Sempre in allegato compaiono i grafici e le relative tabelle riportanti i dati rilevati in sito e la loro interpretazione geotecnica, desunta da correlazioni tra Ndpsh e Nspt (standard penetration test).

PROVA	QUOTA ALTIMETRICA (m slm)	PROVA	QUOTA ALTIMETRICA (m slm)
1	103.41	7	103.09
2	103.04	8	102.96
3	102.93	9	103.33
4	103.13	10	103.24
5	103.05	11	102.98
6	100.81	12	103.20

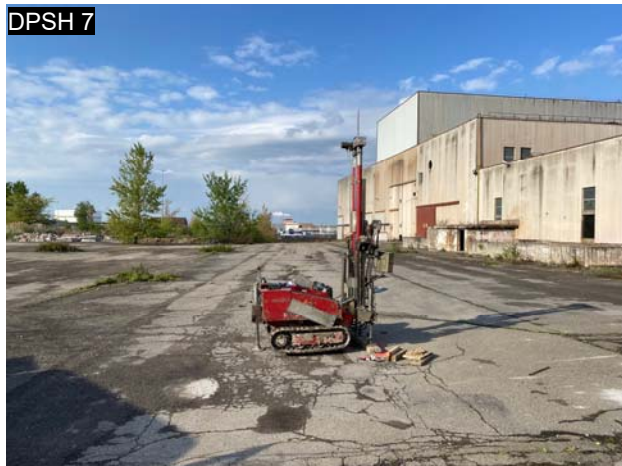




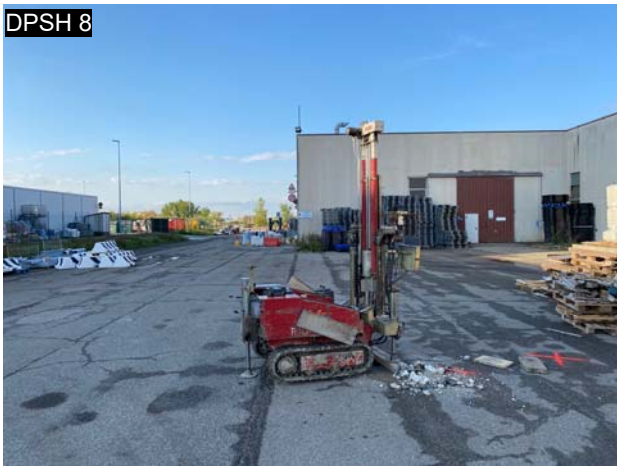
*Particolare dell'ubicazione delle prove penetrometriche DPSH 1-6*



DPSH 7



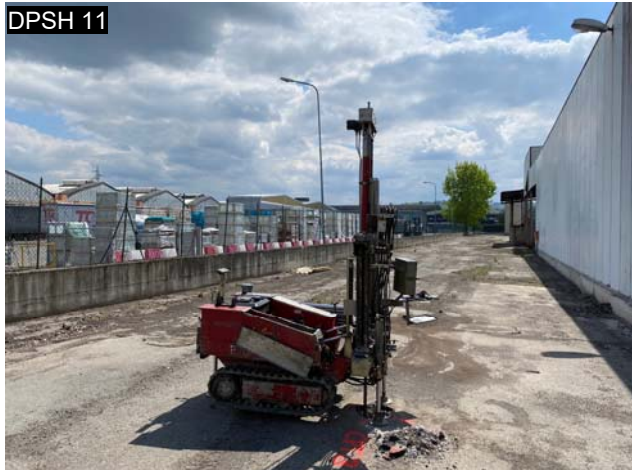
DPSH 8



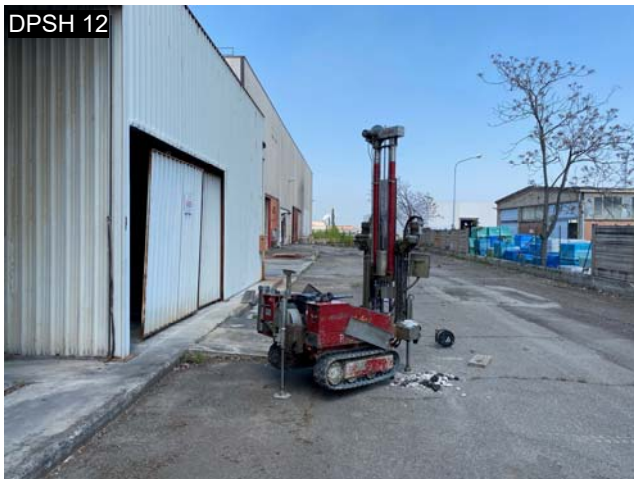
DPSH 9



DPSH 11



DPSH 12



*Particolare dell'ubicazione delle prove penetrometriche DPSH 7-12*



## 2.4 SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO

In relazione alla litologia presente nell'area e in base alla tipologia di intervento in progetto in data 23/04/2021 è stato eseguito n.1 sondaggio verticale a carotaggio continuo spinto fino a -17.50 m da p.c. Il sondaggio, è stato eseguito mediante sonda idraulica "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.

Ciascuna 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. Sulle carote estratte è stata valutata la resistenza alla penetrazione in condizioni non drenate RPP, misurata mediante Pocket Penetrometer e la resistenza al taglio, sempre in condizioni non drenate RVT, mediante Vane Test. Tali dati sono riportati nelle colonne litostratigrafiche, di seguito illustrate.

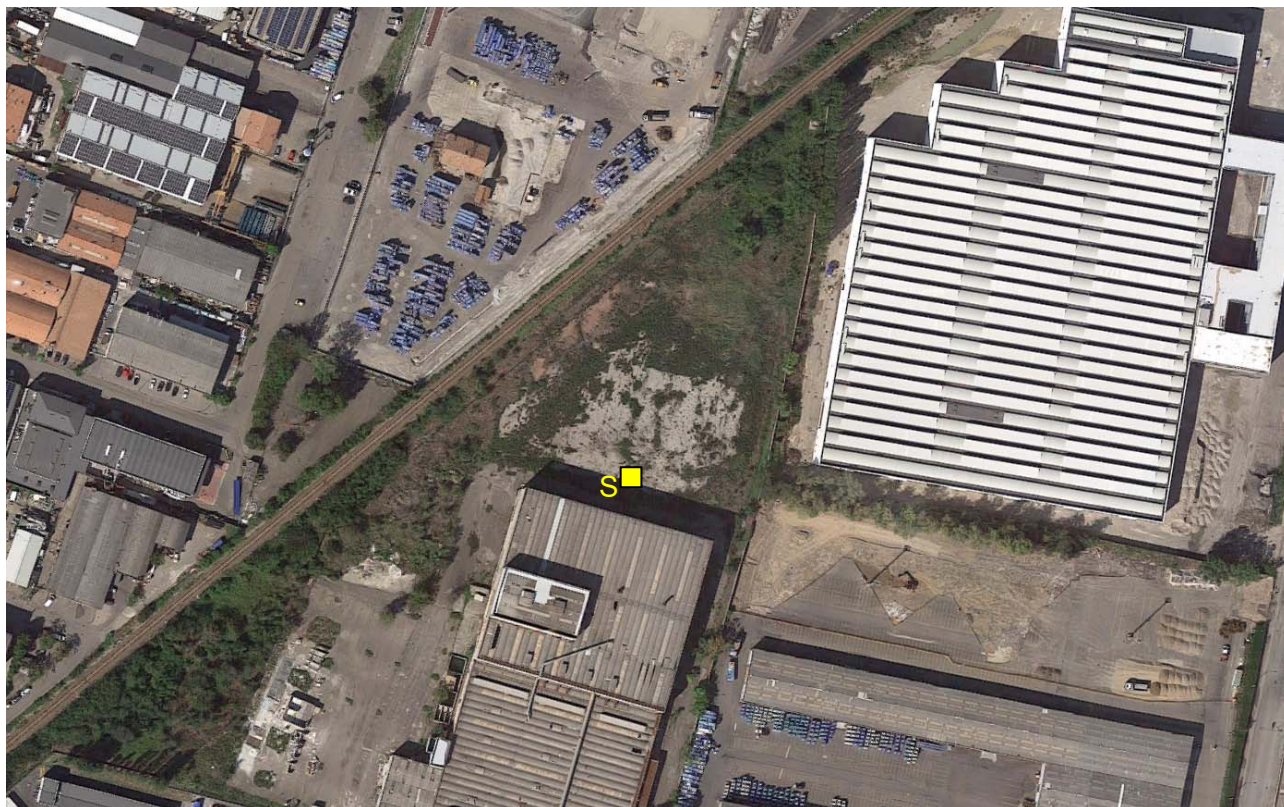


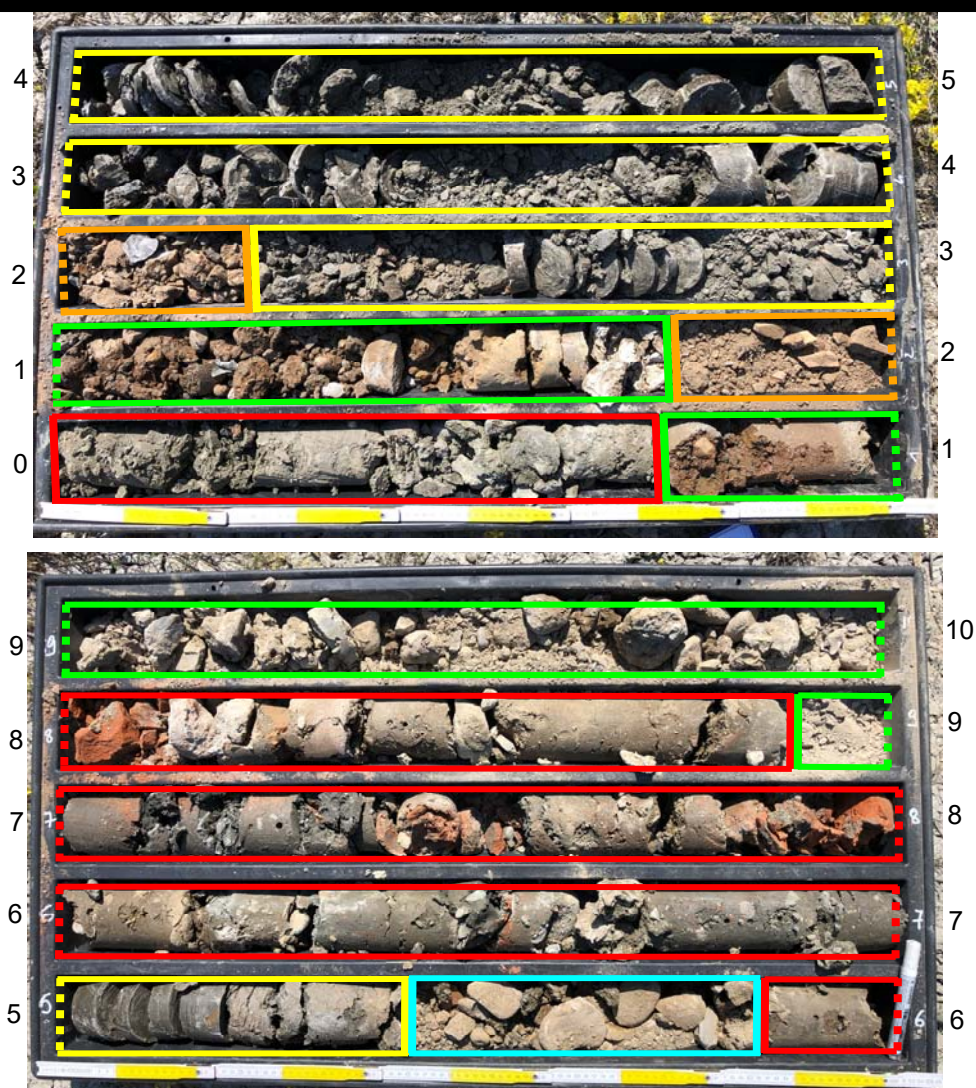
Fig. 1.4: Ubicazione del sondaggio a carotaggio continuo.

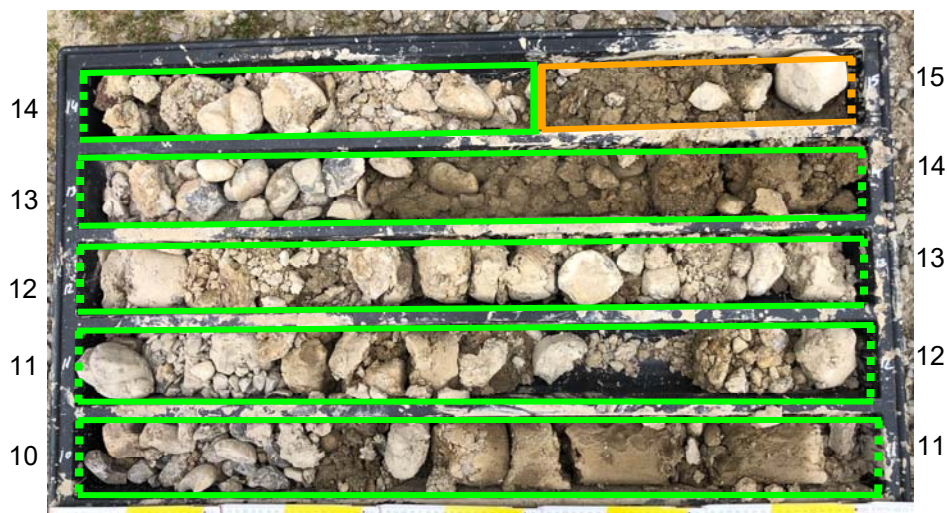




**Fig. 1.5:** Ubicazione del sondaggio a carotaggio continuo (23/04/2021).

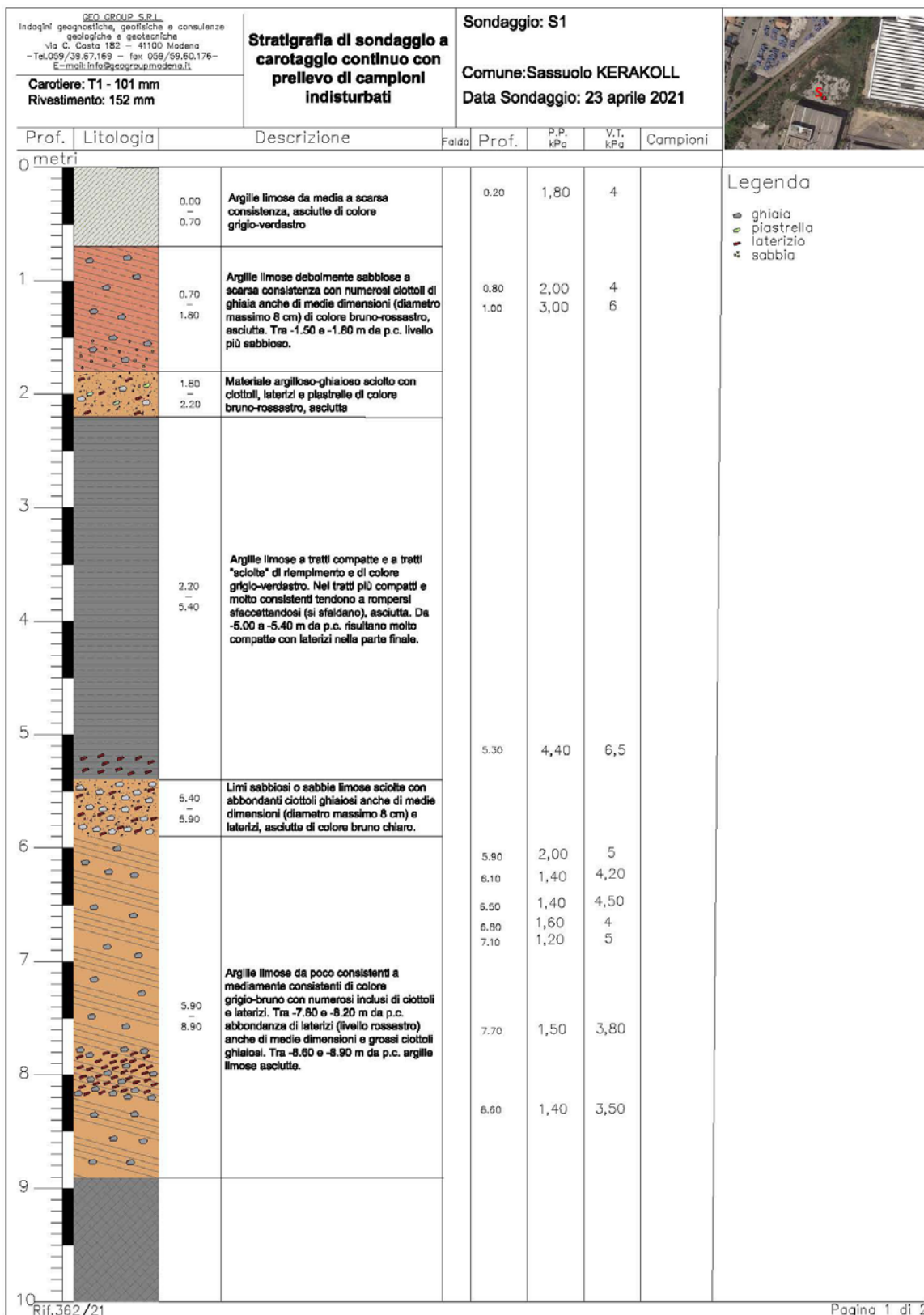
#### CASSETTE CATALOGATRICI

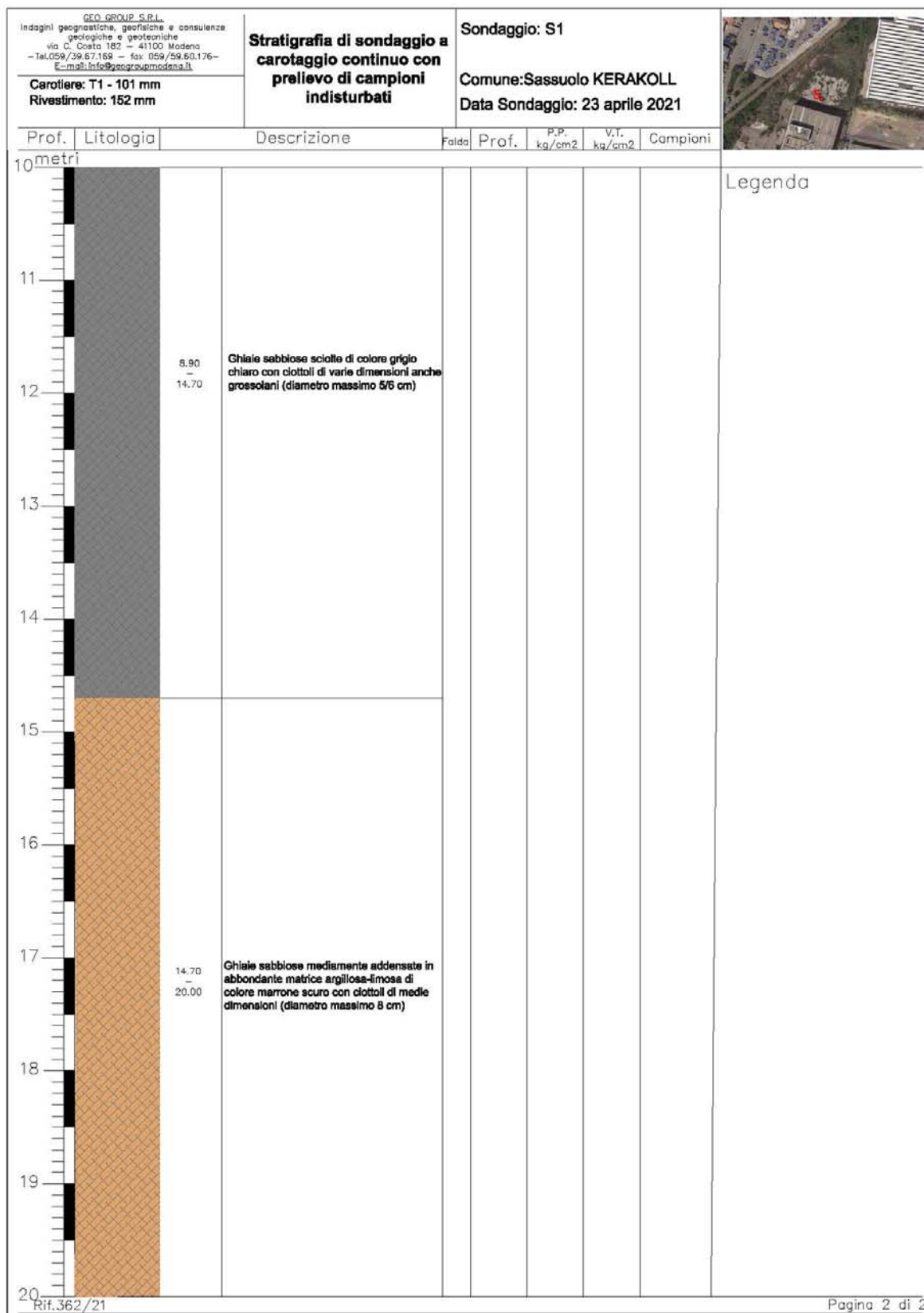






## STRATIGRAFIA SONDAGGIO S1 (-20 M)





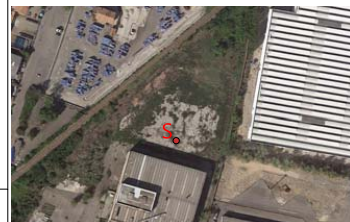
Carotiere: T1 - 101 mm  
Rivestimento: 152 mm

**Stratigrafia di sondaggio a  
carotaggio continuo con  
prelievo di campioni  
indisturbati**

Sondaggio: S1

Comune: Sassuolo KERAKOLL

Data Sondaggio: 23 aprile 2021



Prof.	Litologia	Descrizione	Falda	Prof.	P.P. kPa	V.T. kPa	Campioni
0 metri							
		0.00 - 0.70 Argille limose da media a scarsa consistenza, asciutte di colore grigio-verdastro		0.20	1,80	4	
1		0.70 - 1.80 Argille limose debolmente sabbiose a scarsa consistenza con numerosi ciottoli di ghiaia anche di medie dimensioni (diametro massimo 8 cm) di colore bruno-rossastro, asciutta. Tra -1.50 e -1.80 m da p.c. livello più sabbioso.		0.80 1.00	2,00 3,00	4 6	
2		1.80 - 2.20 Materiale argilloso-ghiaioso sciolto con ciottoli, laterizi e piastrelle di colore bruno-rossastro, asciutta					
3		2.20 - 5.40 Argille limose a tratti compatte e a tratti "sciolte" di riempimento e di colore grigio-verdastro. Nei tratti più compatti e molto consistenti tendono a rompersi sfaccettandosi (si sfaldano), asciutta. Da -5.00 a -5.40 m da p.c. risultano molto compatte con laterizi nella parte finale.					
5		5.40 - 5.90 Limi sabbiosi o sabbie limose sciolte con abbondanti ciottoli ghiaiosi anche di medie dimensioni (diametro massimo 8 cm) e laterizi, asciutte di colore bruno chiaro.		5.30	4,40	6,5	
6		5.90 - 8.90 Argille limose da poco consistenti a mediamente consistenti di colore grigio-bruno con numerosi inclusi di ciottoli e laterizi. Tra -7.80 e -8.20 m da p.c. abbondanza di laterizi (livello rossastro) anche di medie dimensioni e grossi ciottoli ghiaiosi. Tra -8.60 e -8.90 m da p.c. argille limose asciutte.		5.90 6.10 6.50 6.80 7.10	2,00 1,40 1,40 1,60 1,20	5 4,20 4,50 4 5	
7		7.70	1,50	3,80			
8		8.60	1,40	3,50			
9							
10							

**Legenda**

- ghiaia
- piastrella
- laterizio
- sabbia

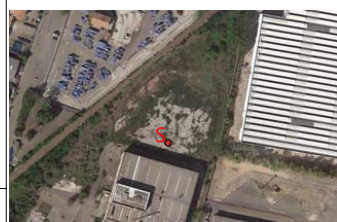


Carotiere: T1 - 101 mm  
Rivestimento: 152 mm

**Stratigrafia di sondaggio a  
carotaggio continuo con  
prelievo di campioni  
indisturbati**

Sondaggio: S1

Comune: Sassuolo KERAKOLL  
Data Sondaggio: 23 aprile 2021



Prof.	Litologia	Descrizione	Falda	Prof.	P.P. kg/cm2	V.T. kg/cm2	Campioni
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

Legenda

## 2.5 ANALISI DI LABORATORIO DI GEOTECNICA

A seguito del sondaggio eseguito, ai fini della caratterizzazione geotecnica dei terreni attraversati durante la perforazione, sono stati prelevati n.2 campioni rappresentativi e caratteristici dei depositi ghiaiosi più profondi:

CAMPIONE	PROFONDITÀ
S1C1	-11.30 ÷ -11.70 m da p.c.
S1C2	-16.30 ÷ -16.70 m da p.c.

Campioni prelevati dal sondaggio a carotaggio continuo.

Sui campioni prelevati, allo scopo di valutare le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione dell'area oggetto di studi, sono state eseguite le seguenti analisi di laboratorio di geotecnica:

- **Analisi granulometrica per setacciatura** [Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98]

Il comportamento dei terreni a grana grossa è marcatamente influenzato dalle dimensioni dei grani e dalla distribuzione percentuale di tali dimensioni, ovvero dalla granulometria. Per ottenere queste informazioni si ricorre alla cosiddetta analisi granulometrica, che consiste nella determinazione della distribuzione percentuale del diametro dei granuli presenti nel terreno. L'analisi granulometrica è stata eseguita mediante la tecnica della setacciatura per la frazione grossolana (diametro dei grani maggiore di 0.074 mm)

La setacciatura viene eseguita utilizzando una serie di setacci (a maglia quadrata) e/o crivelli (con fori circolari) con aperture di diverse dimensioni (la scelta delle dimensioni delle maglie va fatta in relazione al tipo di terreno da analizzare). I setacci vengono disposti uno sull'altro, con apertura delle maglie decrescente verso il basso. Una buona curva granulometrica può essere ottenuta scegliendo opportunamente la successione dei setacci: ad esempio ogni setaccio potrebbe avere apertura delle maglie pari a circa la metà di quello sovrastante (esistono anche indicazioni di varie associazioni tecnico-scientifiche, ad es. dell'Associazione Geotecnica Italiana).

La seguente tipologia di indagine permette di determinare la distribuzione delle dimensioni delle particelle che compongono un campione di terreno e di stabilire le percentuali in peso delle varie



frazioni che rientrano entro limiti prefissati (frazioni granulometriche). I metodi utilizzati per ottenere le varie frazioni granulometriche sono principalmente due: la setacciatura e l'aerometria. L'analisi granulometrica mediante setacci con caratteristiche standardizzate è limitata alla frazione grossolana di un terreno, cioè alla percentuale trattenuta dal setaccio di luce 0.075 mm; lo strumento consiste in una serie di setacci incolonnati uno sopra l'altro, in modo tale che la luce delle maglie diminuisca dall'alto verso il basso. Per il materiale passante al setaccio inferiore, ovvero quello con luce più piccola (0.075 mm), si ricorre all'analisi per sedimentazione o aerometria. Quest'ultima tecnica viene effettuata se la parte di terreno con diametro inferiore a 0.075 mm è presente in percentuale superiore al 10%.

CAMPIONE	PROFONDITÀ	-11.30 m ÷ -11.70 m da p.c.	Limo-argilla
S1 C1	SABBIA (%)	GHIAIA (%)	
	36.7	55.0	8.3%
CAMPIONE	PROFONDITÀ	-16.30 m ÷ -16.70 m da p.c.	Limo-argilla
S1 C2	SABBIA (%)	GHIAIA (%)	
	40.6	49.8	9.6%

## 2.6 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE STANDARD SPT IN FORO

Durante la perforazione, sono state effettuate n. 3 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:

SONDAGGIO		PUNTA	PROFONDITÀ	NUMERO DI COLPI			N <sub>SPT 30</sub>
S1	SPT 1	CHIUSA	-11.50 m da p.c.	38	50 in 12 cm	-	50
S1	SPT 2	CHIUSA	-14.50 m da p.c.	31	50 in 10 cm	-	50
S1	SPT 3	CHIUSA	-17.50 m da p.c.	42	50 in 6 cm	-	50

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 1.6 di seguito esposta:

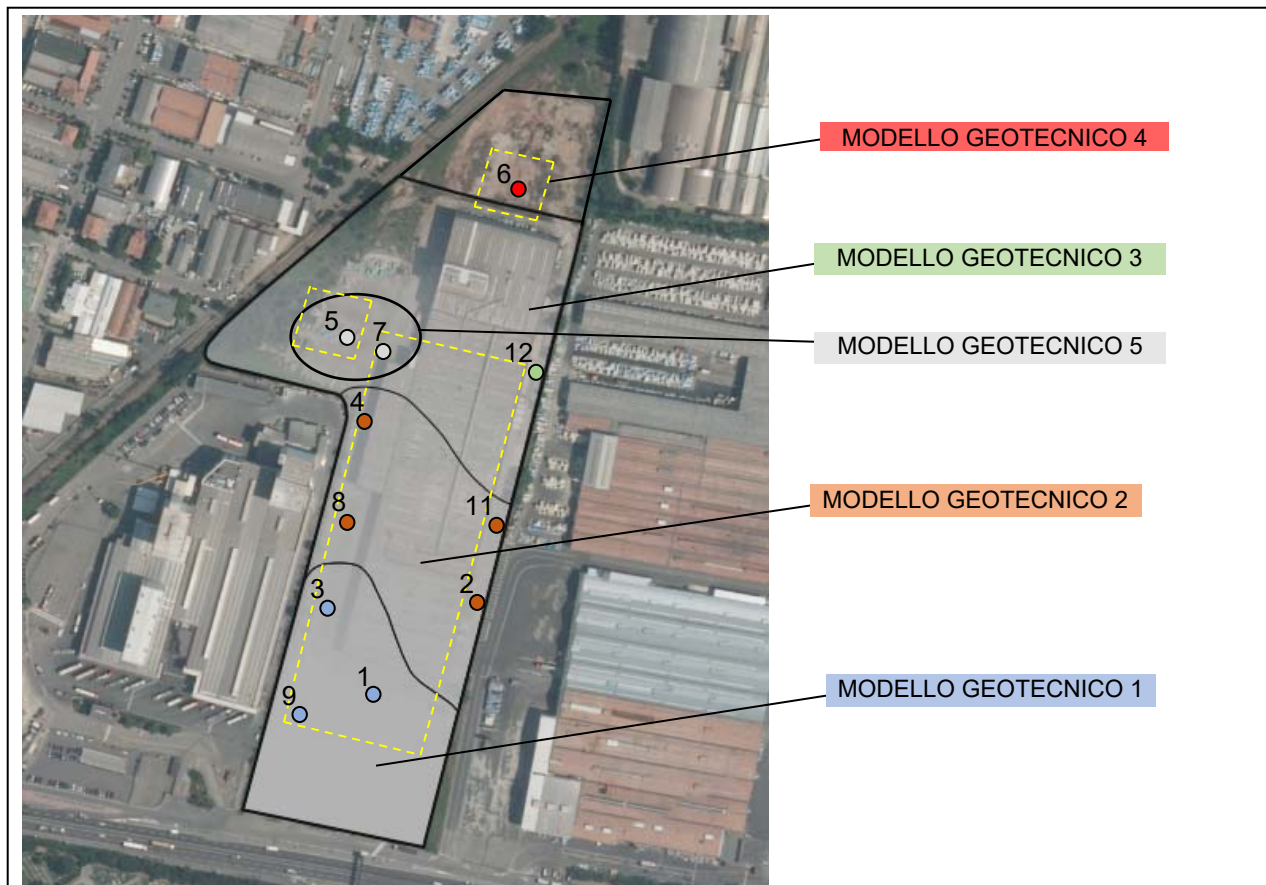
N	valutazione dello stato di addensamento
0 - 4	sciolto
4 - 10	poco addensato
10 - 30	moderatamente addensato
30 - 50	addensato
> 50	molto addensato

**Fig. 1.6:** Classifica orientativa dello stato di addensamento dei terreni incoerenti (da classificazione A.G.I.-1977).



## 2.7 CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE DEL SITO D'INDAGINE

Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione geotecnica e litostratigrafica delle prove penetrometriche eseguite nell'area di studio, sono stati individuati i seguenti modelli geotecnici:



### **MODELLO 4**

Materiale di riempimento fino a -8.80 m da p.c. seguito da ghiaie sabbiose addensate in posto

### **MODELLO 5**

Al di sotto del sottofondo del piazzale si individua un livello argilloso a scarsa consistenza attribuibile a materiale di riporto. In seguito si individuano le ghiaie addensate a -3.20 m da p.c.

### **MODELLO 1,2,3**

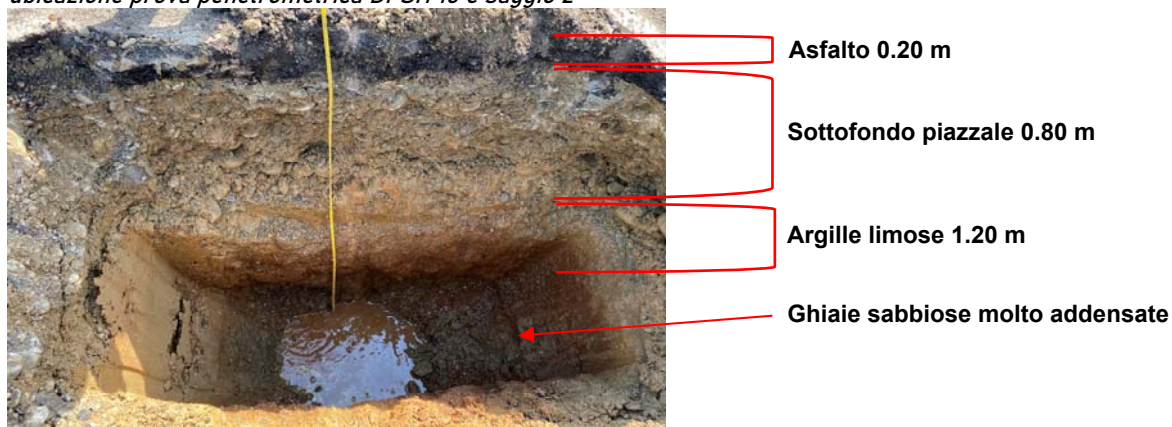
I modelli individuati sono assimilabili circa allo stesso modello; infatti al di sotto del sottofondo del piazzale si individua un livello argilloso seguito da ghiaie sabbiose molto addensate variabile da -2.00 a -3.40 m da p.c.

## MODELLO GEOTECNICO 1

Al di sotto dello strato superficiale caratterizzato dal Sottofondo del piazzale con ciottoli e asfalto fino a -0.80 m da p.c., le prove eseguite (DPSH 1,3,9) hanno rilevato la presenza di un livello caratterizzato da Argille limose a media consistenza fino alla profondità di -2.00 m da p.c., seguito da un livello caratterizzato da Ghiaie sabbiose molto addensate fino a fine prova corrispondente alla profondità di -3.00 m da p.c. (DPSH 1). Tuttavia è possibile ipotizzare che questo livello Ghiaioso si spinga fino alla profondità di -5.00 m da p.c.. Questo andamento stratigrafico è stato riscontrato anche analizzando il saggio eseguito nelle immediate vicinanze della prova penetrometrica n.10 (andata a rifiuto a -1.00 m dal p.c. per la presenza di grossi ciottoli nel sottofondo del piazzale) come è possibile osservare nell'immagine seguente, dove al di sotto dello strato superficiale caratterizzato dal sottofondo del piazzale si individua un livello argilloso seguito da ghiaie sabbiose addensate.



ubicazione prova penetrometrica DPSH 10 e saggio 2



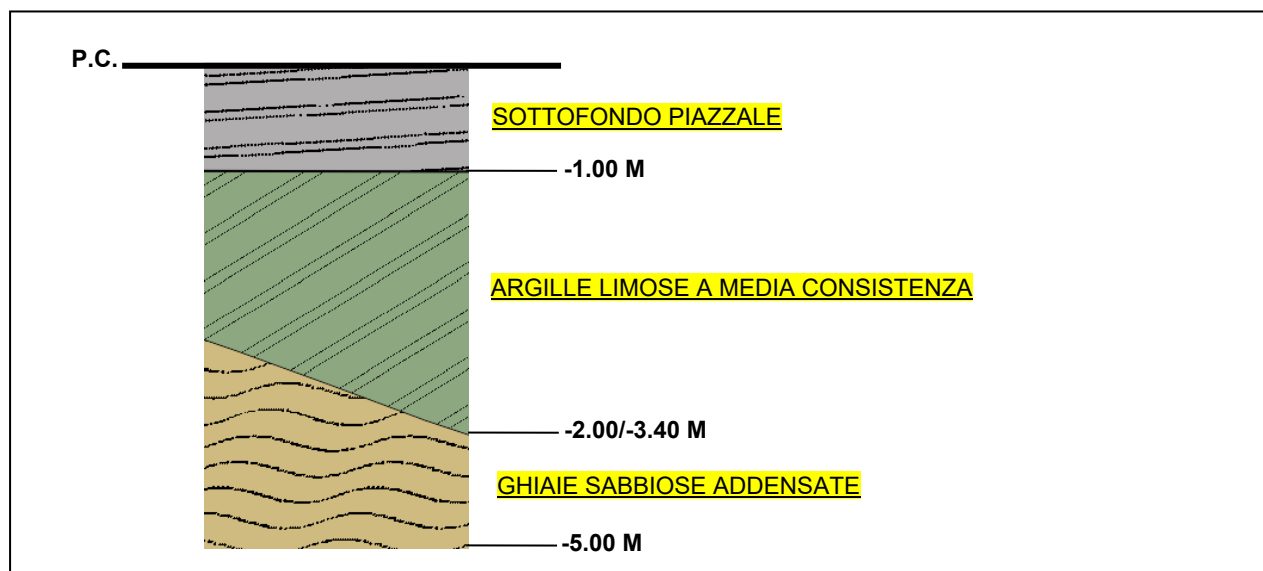
Stratigrafia individuata dal saggio n.2

## MODELLO GEOTECNICO 2

Al di sotto dello strato superficiale caratterizzato dal Sottofondo del piazzale con ciottoli e asfalto fino a -0.80 m da p.c., le prove eseguite (DPSH 2,4,8,11) hanno rilevato la presenza di un livello caratterizzato da Argille limose a media consistenza fino alla profondità di -2.80 m da p.c., seguito da un livello caratterizzato da Ghiaie sabbiose molto addensate fino a fine prova corrispondente alla profondità di -3.40 m da p.c. (DPSH 2). Tuttavia è possibile ipotizzare che questo livello Ghiaioso si spinga fino alla profondità di -5.00 m da p.c..

## MODELLO GEOTECNICO 3

Al di sotto dello strato superficiale caratterizzato dal Sottofondo del piazzale con ciottoli e asfalto fino a -1.00 m da p.c., le prove eseguite (DPSH 12) hanno rilevato la presenza di un livello caratterizzato da Argille limose a media consistenza fino alla profondità di -3.40 m da p.c., seguito da un livello caratterizzato da Ghiaie sabbiose molto addensate fino a fine prova corrispondente alla profondità di -4.60 m da p.c. (DPSH 12). Tuttavia è possibile ipotizzare che questo livello Ghiaioso si spinga fino alla profondità di -5.00 m da p.c..



*Andamento stratigrafico con riportati gli spessori delle varie unità per i modelli geotecnici medi 1,2 e 3.*



#### MODELLO GEOTECNICO 4

Sulla base del sondaggio a carotaggio continuo e della prova penetrometrica DPSH 6 eseguiti in questa area è emerso come nei primi 9.00 m da p.c. siano presenti materiali di riporto/riempimento seguiti da Ghiaie sabbiose molto addensate fino alla profondità di -17.50 m da p.c.. In particolare analizzando i dati del carotaggio è emersa la seguente successione stratigrafica:

Strato	Caratteristiche litostratigrafiche	
0.00-0.70	Argille limose da media a scarsa consistenza	Materiale di riempimento
0.70-1.80	Argille limose debolmente sabbiose a scarsa consistenza con numerosi ciottoli di ghiaia	
1.80-2.20	Materiale argilloso-ghiaioso sciolto con ciottoli	
2.20-5.40	Argille limose a tratti compatte e a tratti "sciolte" di riempimento	
5.40-5.90	Limi sabbiosi o sabbie limose sciolte con abbondanti ciottoli ghiaiosi	
5.90-8.90	Argille limose da poco consistenti a mediamente consistenti	
8.90-14.70	Ghiaie sabbiose sciolte	Ghiaie in posto
14.70-20.00	Ghiaie sabbiose mediamente addensate	

#### MODELLO GEOTECNICO 5

Al di sotto dello strato superficiale caratterizzato dal Sottofondo del piazzale con ciottoli e asfalto fino a -0.80 m da p.c., le prove eseguite (DPSH 5,7) hanno rilevato la presenza di un livello caratterizzato da Argille limose a media consistenza fino alla profondità di -1.80 m da p.c., seguito da un livello caratterizzato da Argille limose a scarsa consistenza fino alla profondità di -3.00 m da p.c. e da un livello caratterizzato da Ghiaie sabbiose molto addensate fino a fine prova corrispondente alla profondità di -3.60 m da p.c. (DPSH 7). Tuttavia è possibile ipotizzare che questo livello Ghiaioso si spinga fino alla profondità di -5.00 m da p.c.. Questo livello argilloso a scarsa consistenza individuato tra -1.80 e -3.00 m da p.c. è stato riscontrato anche nel saggio con escavatore meccanico (saggio n.4) eseguito nelle immediate vicinanze delle prove penetrometriche DPSH 5 e 7. In particolare è emerso come questo livello a scarsa consistenza sia in realtà caratterizzato da materiale di riporto/riempimento misto ad argilla con laterizi e ciottoli di varie dimensioni.



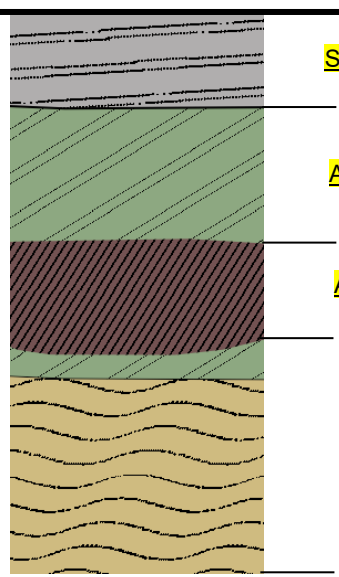
Ubicazione prove penetrometriche DPSH 5 e 7 e saggio 4



Argille limose a scarsa consistenza con laterizi e ciottoli → materiale di riempimento



P.C.



**SOTTOFONDO PIAZZALE**

-0.80 M

**ARGILLE LIMOSE A MEDIA CONSISTENZA**

-1.80 M

**ARGILLE LIMOSE A SCARSA CONSISTENZA**

-3.00 M

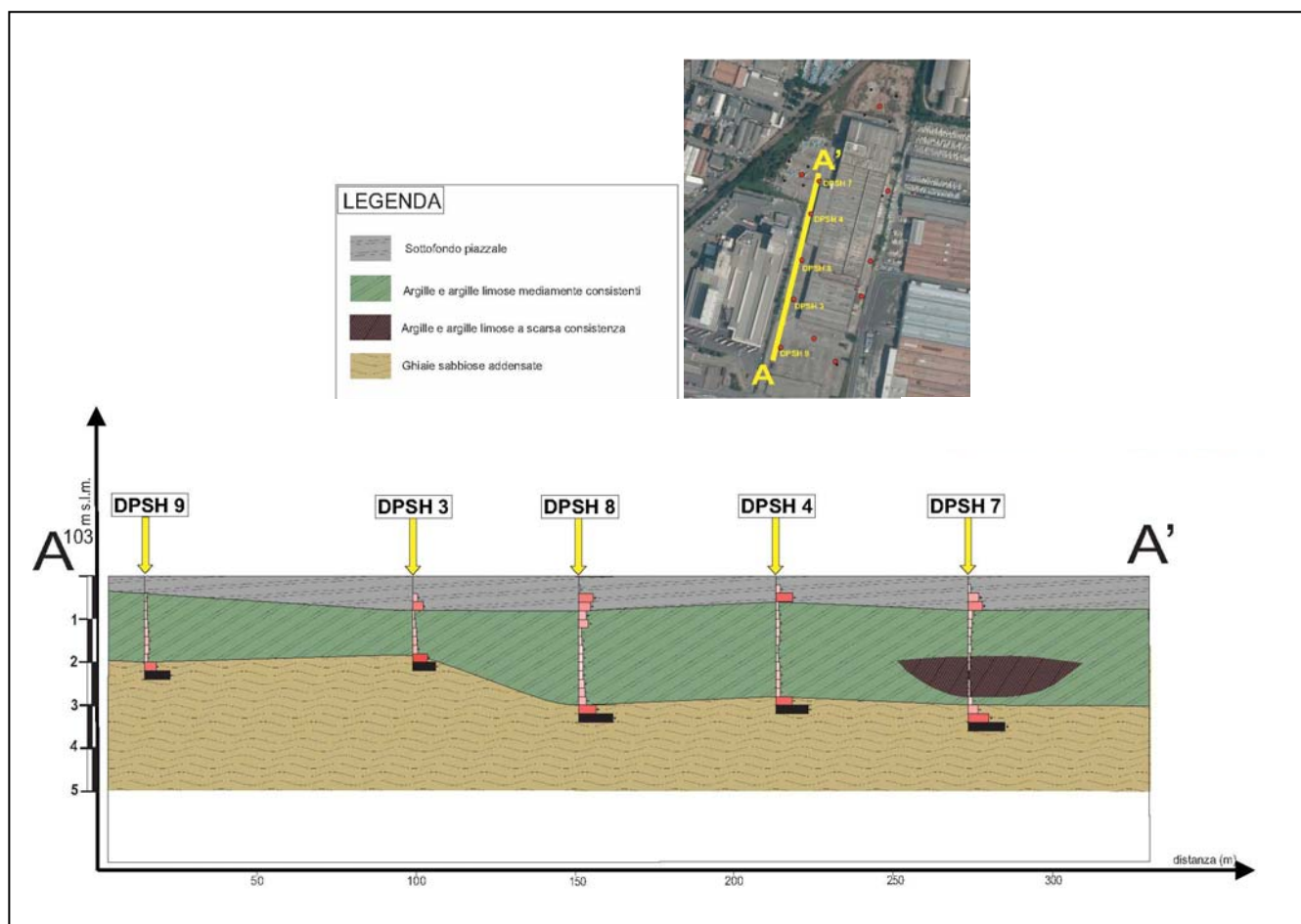
**GHIAIE SABBIOSE ADDENSATE**

-5.00 M

Andamento stratigrafico con riportati gli spessori delle varie unità per il modello geotecnico medio 5.

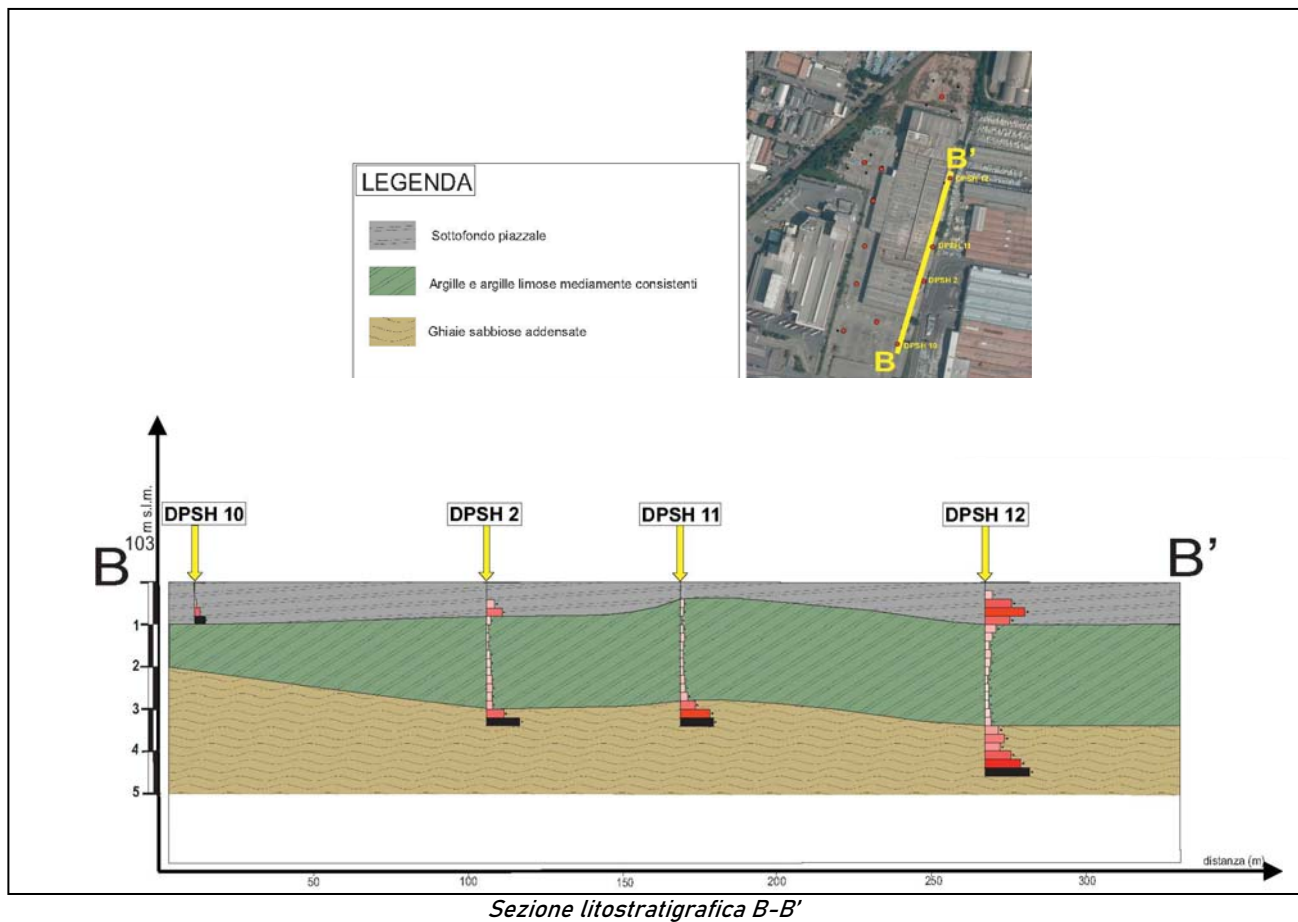
Al termine delle prove penetrometriche e del sondaggio a carotaggio continuo è stata eseguita la verifica della soggiacenza della falda freatica all'interno dei fori di sondaggio; le misurazioni, eseguite con freatimetro elettroacustico in data 23/04/2021, hanno dato il seguente risultato: falda assente. La presenza di acqua all'interno dello scavo eseguito con l'escavatore (saggio n.2) è dovuta esclusivamente ad acque meteoriche presenti nel piazzale.

Al fine di determinare le caratteristiche litostratigrafiche dell'area di interesse sono state eseguite n.2 sezioni geotecniche (A-A' e B-B') in direzione sud-nord lungo tutta l'area in cui è in progetto la realizzazione del capannone. Analizzando le sezioni si nota come il tetto delle ghiaie sia degradante spostandosi verso nord, rispecchiando l'andamento della pianura padana nel tratto pedecollinare dove i depositi ghiaiosi, in questo caso del Fiume Secchia, si approfondiscono sempre più lasciando spazio a depositi argilloso-limosi. In entrambe le sezioni è presente il sottofondo della pavimentazione del piazzale.



Sezione litostratigrafica A-A'





### 3 RELAZIONE GEOTECNICA

#### 3.1 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Il modello geotecnico è finalizzato a fornire tutti i dati geotecnici necessari per l'intervento in oggetto. Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione geotecnica e litostratigrafica delle indagini geotecniche eseguite in sito si possono riassumere i seguenti modelli geotecnici schematici del terreno investigato:

MODELLO GEOTECNICO 1-2-3					
Falda non rilevata	Strato	Profondità	Litotipo	Parametri geotecnici	
	1	0.00 - 0.80 m da p.c.	Sottofondo del piazzale		
	2	0.80 - 2.00/3.40 m da p.c.	Argille limose a media consistenza	$\gamma$	1800 kg/m <sup>3</sup> $\approx$ 18.00 kN/m <sup>3</sup>
				$\gamma'$	2100 kg/m <sup>3</sup> $\approx$ 21.00 kN/m <sup>3</sup>
				C <sub>uk</sub>	0.56 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 56.0 kN/m <sup>2</sup>
				C' <sub>k</sub>	0.056 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 5.6 kN/m <sup>2</sup>
				Mo	50.0 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 5000 kN/m <sup>2</sup>
				Es	78.0 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 7800 kN/m <sup>2</sup>
				$\phi_k$	23°
	3	2.00/3.40 - 5.00 m da p.c.	Ghiaie sabbiose molto addensate	$\gamma$	1900 kg/m <sup>3</sup> $\approx$ 19.00 kN/m <sup>3</sup>
				$\gamma'$	2200 kg/m <sup>3</sup> $\approx$ 22.00 kN/m <sup>3</sup>
				Dr	90%
				Es	600.0 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 60000 kN/m <sup>2</sup>
				$\phi_k$	35°

MODELLO GEOTECNICO 4					
Falda non rilevata	Strato	Profondità	Litotipo	Parametri geotecnici	
	1	0.00 - 8.90 m da p.c.	Materiale di riempimento	$\gamma$	1800 kg/m <sup>3</sup> $\approx$ 18.00 kN/m <sup>3</sup>
				$\gamma'$	2100 kg/m <sup>3</sup> $\approx$ 21.00 kN/m <sup>3</sup>
				C <sub>uk</sub>	0.30 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 30.0 kN/m <sup>2</sup>
				C' <sub>k</sub>	0.030 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 3.0 kN/m <sup>2</sup>
				Mo	25.0 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 2500 kN/m <sup>2</sup>
				Es	56.0 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 5600 kN/m <sup>2</sup>
				$\phi_k$	20°
	2	8.90 - 20.00 m da p.c.	Ghiaie sabbiose mediamente addensate	$\gamma$	1900 kg/m <sup>3</sup> $\approx$ 19.00 kN/m <sup>3</sup>
				$\gamma'$	2200 kg/m <sup>3</sup> $\approx$ 22.00 kN/m <sup>3</sup>
				Dr	80%
				Es	800.0 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 80000 kN/m <sup>2</sup>
				$\phi_k$	35°

MODELLO GEOTECNICO 5					
Falda non rilevata	Strato	Profondità	Litotipo	Parametri geotecnici	
	1	0.00 – 0.80 m da p.c.	Sottofondo del piazzale		
	2	0.80 – 1.80 m da p.c.	Argille limose a media consistenza	$\gamma$	1800 kg/m <sup>3</sup> $\approx$ 18.00 kN/m <sup>3</sup>
				$\gamma'$	2100 kg/m <sup>3</sup> $\approx$ 21.00 kN/m <sup>3</sup>
				C <sub>uk</sub>	0.56 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 56.0 kN/m <sup>2</sup>
				C' <sub>k</sub>	0.056 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 5.6 kN/m <sup>2</sup>
				Mo	50.0 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 5000 kN/m <sup>2</sup>
				Es	78.0 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 7800 kN/m <sup>2</sup>
				$\phi_k$	23°
	3	1.80 – 3.00 m da p.c.	Argille limose a scarsa consistenza	$\gamma$	1750 kg/m <sup>3</sup> $\approx$ 17.50 kN/m <sup>3</sup>
				$\gamma'$	2050 kg/m <sup>3</sup> $\approx$ 20.50 kN/m <sup>3</sup>
				C <sub>uk</sub>	0.30 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 30.0 kN/m <sup>2</sup>
				C' <sub>k</sub>	0.03 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 3.0 kN/m <sup>2</sup>
				Mo	25.0 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 2500 kN/m <sup>2</sup>
				Es	56.0 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 5600 kN/m <sup>2</sup>
				$\phi_k$	21°
	4	3.00 – 5.00 m da p.c.	Ghiaie sabbiose medimente addensate	$\gamma$	1900 kg/m <sup>3</sup> $\approx$ 19.00 kN/m <sup>3</sup>
				$\gamma'$	2200 kg/m <sup>3</sup> $\approx$ 22.00 kN/m <sup>3</sup>
				Dr	50%
				Es	300.0 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 30000 kN/m <sup>2</sup>
				$\phi_k$	35°

Si riportano di seguito le referenze bibliografiche e le correlazioni utilizzate per la determinazione dei parametri geotecnici sopra riportati:

$\gamma'$  = peso dell'unità di volume (efficace) del terreno [Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982]

C<sub>uk</sub> = coesione non drenata caratteristica (terreni coesivi) [Formula di Lunne & Eide]

C'<sub>k</sub> = coesione efficace caratteristica

Dr = densità relativa (terreni granulari) [Schmertmann 1976]

Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973]

Es = modulo elastico (terreni coesivi) [Trofimemkov 1974]

$\phi_k$  = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari) [Meyerhof 1956/1976, sabbie limose]

$\nu$  = modulo di Poisson

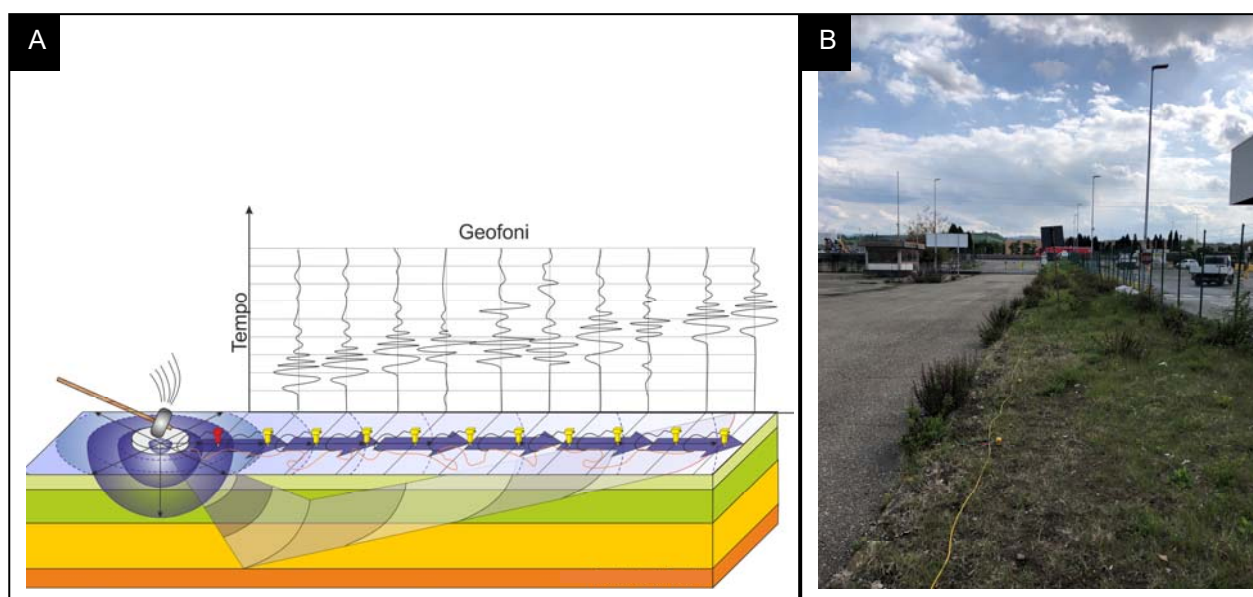
## 4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

### 4.1 INDAGINE SISMICA CON METODO MASW

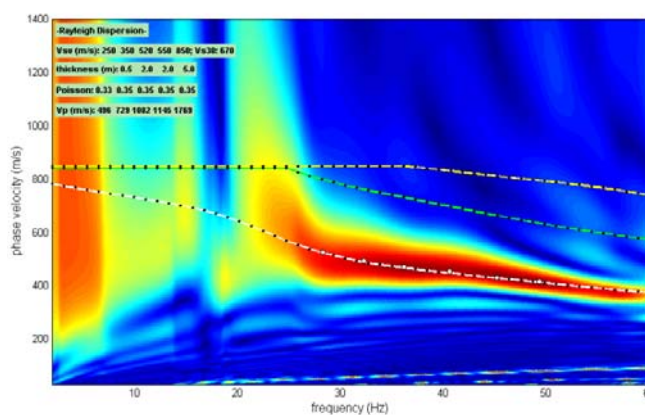
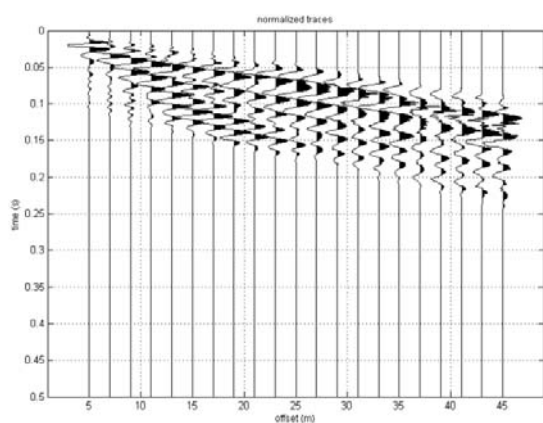
Per misurare le velocità delle onde di taglio si possono eseguire prospezioni sismiche mediante stendimenti superficiali, utilizzando geofoni verticali da 4,5 Hz ed acquisendo attivamente i segnali delle onde rifratte alla superficie mediante una sorgente artificialmente provocata. Questa tecnica, nota con la sigla MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), permette di ricostruire il profilo verticale delle Vs con procedimenti di modellazione diretta delle velocità di fase delle onde, rifratte alla superficie. Partendo dal sismogramma registrato mediante sorgente energizzante in asse con lo stendimento, viene eseguita un'analisi spettrale che ha consentito di elaborare un'immagine della distribuzione del segnale di velocità sismica in funzione delle



diverse frequenze che lo compongono. Da tale elaborazione, tramite una fase di “picking” del segnale ad elevata intensità è stata ottenuta la “curva di dispersione”, dalla cui inversione è stato calcolato il modello sismo-stratigrafico espresso in termini di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ). I dati sono stati registrati mediante un sismografo Geode Geometrics 24 bit con filtri disinseriti, velocità di campionamento (sample rate) di 0.25 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di 2 secondi. Si effettuano battute poste ad offset diversi (10 m e 15 m di distanza dal primo geofono) mediante grave da 8,0 kg di massa.

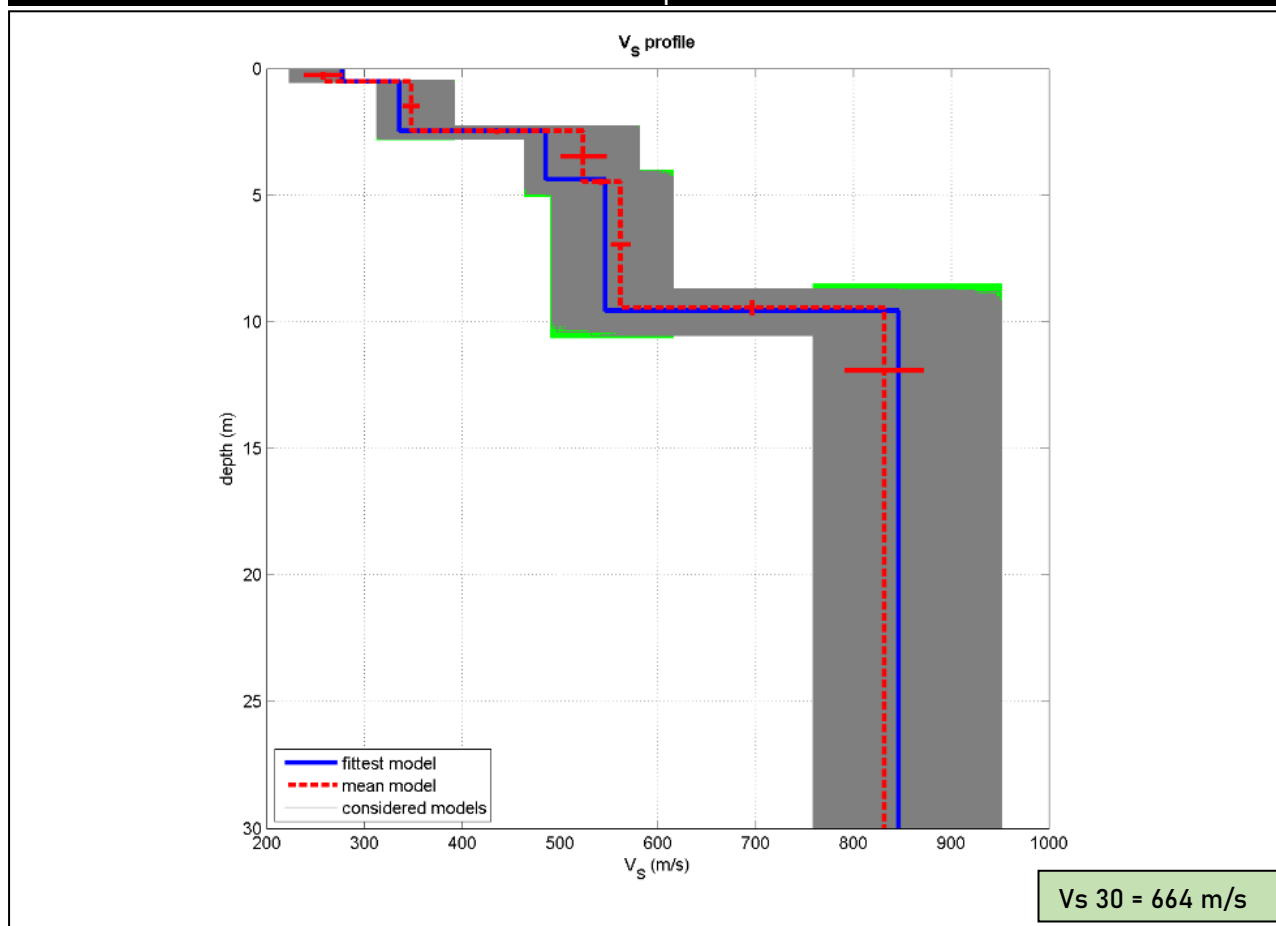


A) Schema di Array lineare e punto energizzante B) stendimento indagine sismica MASW



Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh,  $V(\text{fase})/\text{freq.}$ , può essere convertito nel profilo  $V_s/\text{profondità}$ . Tale metodo non è univoco e quindi il modello che ne scaturisce è un modello teorico; per questo motivo è preferibile operare in presenza di dati di taratura (come nel caso specifico) onde ricavare il modello reale.

Grafico Vs-profondità



#### 4.2 INDAGINI SISMICHE HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO (HVSR)

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di indagine sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito. Esse sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso. L'utilizzo di algoritmi di calcolo finalizzati ad una modellizzazione sintetica dello spettro H/V, permette di correlare ogni picco spettrale con le discontinuità presenti nel sottosuolo (per esempio i cambi litologici). I dati che si possono ricavare sono spessori, profondità e velocità di propagazione delle onde di taglio all'interno del sismo-strato individuato. Tramite l'elaborazione di moti superiori e l'analisi dell'andamento delle tre componenti del moto, è possibile distinguere i picchi di origine naturale da quelli generati dai moti superiori o da artefatti, al fine di garantire una corretta interpretazione dello spettro sismico registrato. La tecnica dei rapporti spettrali (HVSR) trova la sua massima applicazione negli studi di microzonazione sismica poiché fornisce un parametro fondamentale (frequenza propria di risonanza di sito) per una corretta progettazione di edifici antisismici. Negli ultimi anni si è

affermata anche per la sua versatilità poiché si è dimostrato come lo spettro sismico può rappresentare un modello sismo – stratigrafico del sottosuolo.

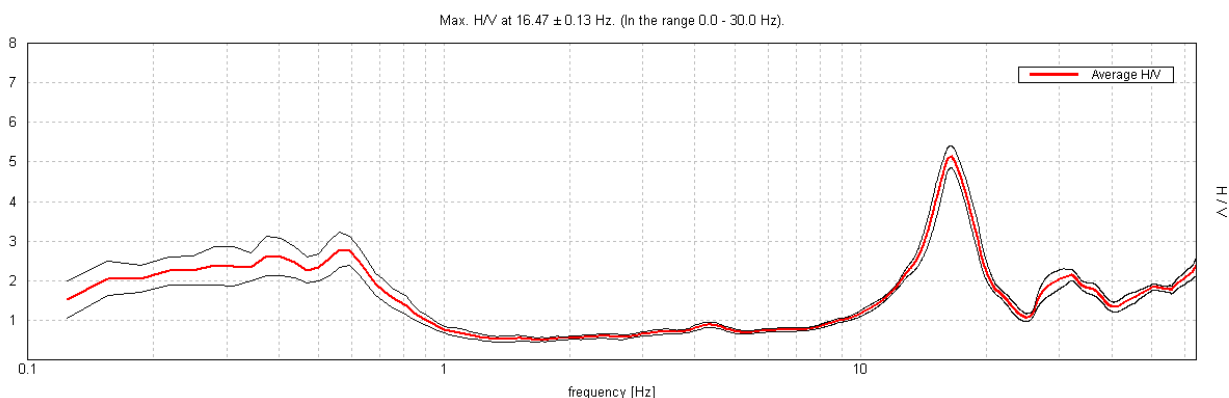
La tecnica HVSr è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un "velocimetro triassiale" conforme alle norme SESAME.

I risultati che si possono ottenere da indagini sismiche HVSr sono:

- La frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici antisismici. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare strutture aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno, per evitare l'effetto di "doppia risonanza", fenomeno estremamente pericoloso per la stabilità delle costruzioni.
- La frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se, in caso di sisma, la costruzione potrà essere o meno a rischio.
- La stratigrafia del sottosuolo con un range di indagine compreso tra 0.5 e 700 m di profondità, anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la tecnica HVSr, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato, inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Dall'analisi HVSr eseguita in sito, e riportata integralmente nell'allegato n. 3 è stato individuato un picco H/V alla frequenza **16.47 ± 0.13 Hz** (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

#### Horizontal to vertical spectral ratio





#### 4.3 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (§ 3.2.2 NTC 2018)

Per determinare il parametro  $V_{seq}$  e definire quindi la categoria di sottosuolo dell'area indagata (§ 3.2.2 NTC 2018) sono state eseguite in sito le indagini sismiche descritte nel precedente paragrafo. L'elaborazione delle indagini sismiche sopra citate restituisce un grafico che riporta la curva di dispersione attraverso un'immagine a colori che mostra il profilo delle velocità delle onde di Rayleigh come velocità di fase e frequenza. Analizzando tale grafico si ottiene un modello teorico dell'andamento delle  $V_s$  con la profondità attraverso la formula:

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

con:  
 $h_i$  spessore dell'i-esimo strato;  
 $V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;  
 $N$  numero di strati;  
 $H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio ( $V_{seq}$ ) è definita dal parametro  $V_{s30}$  ottenuto ponendo  $H = 30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati fino a tale profondità. Dall'elaborazione delle indagini sismiche eseguite nel sito in oggetto, si è ottenuto il valore di  $V_{s30}$  pari a:

MASW →  $V_{s30} = 664$  m/s

Pertanto, secondo la classificazione del sottosuolo imposta dalle NTC 2018, si definisce il terreno di fondazione dell'area studiata come appartenente alla **categoria B**, corrispondente a:

*Rocce tenere e depositi a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità da valori di  $v_s$  30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

#### 4.4 AZIONE SISMICA E RISPOSTA SISMICA DEL SITO – APPROCCIO SEMPLIFICATO

Secondo la classificazione sismica del territorio nazionale proposta a partire dall'O.P.C.M. n. 3274/2003 e successive modifiche, il Comune di Sassuolo (MO) risulta appartenente alla classe di sismicità 2.

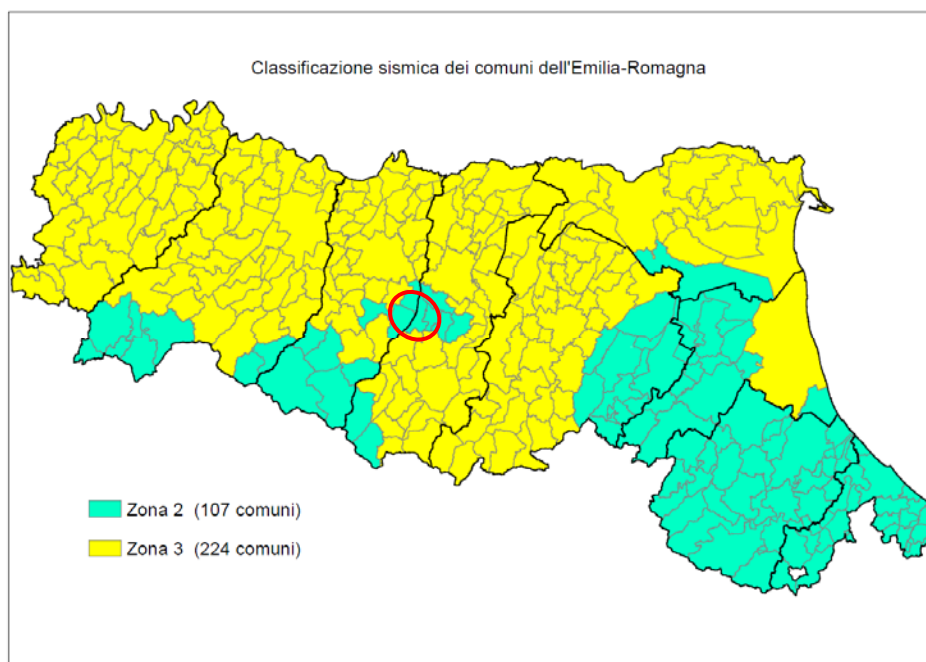


Fig. 1.7: Classificazione sismica dei comuni della regione Emilia-Romagna (DGR 1164/2018).

La suddivisione del territorio nazionale in zone a diversa classe di sismicità, caratterizzate da un valore di accelerazione di picco ed un corrispondente spettro di risposta elastico da utilizzare nella progettazione, risulta in realtà superata dall'entrata in vigore del D.M. 14/01/2008. Sulla base dei contenuti delle NNTC 2008 e delle successive NTC 2018, per ogni costruzione deve essere definita un'accelerazione di riferimento propria, in funzione delle coordinate geografiche dell'area e della vita nominale dell'opera.

Per l'area in oggetto, identificata dalle seguenti coordinate geografiche (Sistema di riferimento ED50): Latitudine: 44.557563°, Longitudine: 10.808678°, in relazione a un periodo di riferimento TR stimato di 475 anni, è stato definito un parametro di accelerazione massima attesa ag pari a ag attesa= 0.163.

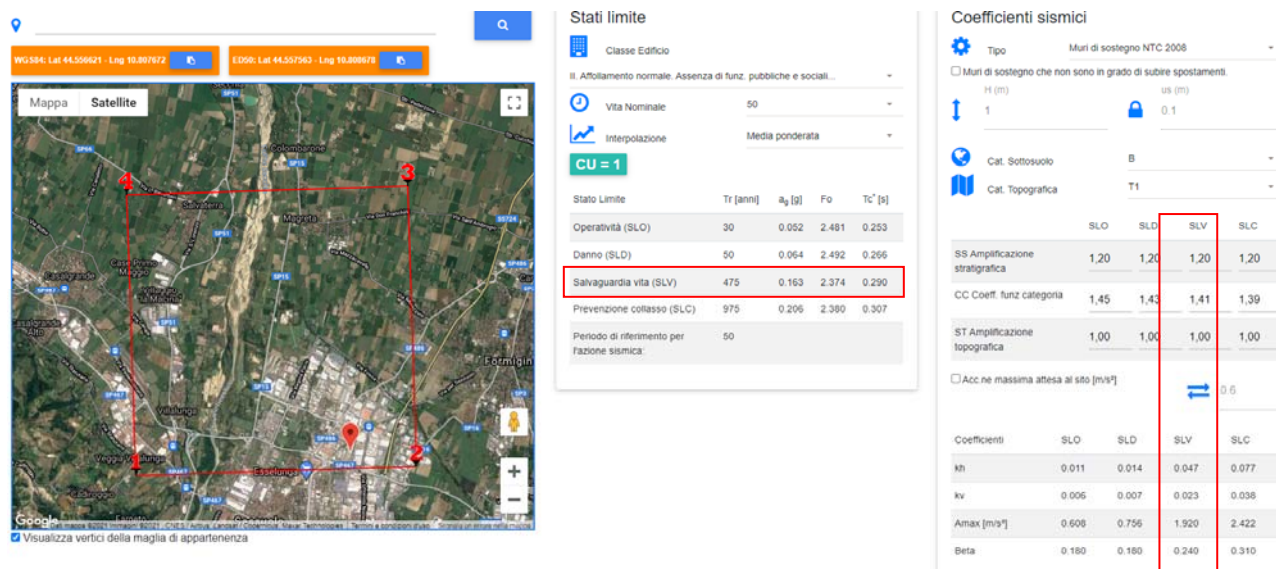


Fig. 1.8: Parametri sismici caratteristici della maglia di punti riportata in figura, in cui ricade l'area oggetto del presente studio (da [www.geostru.com/us/parametri-sismici/](http://www.geostru.com/us/parametri-sismici/))

L'accelerazione orizzontale di picco attesa ag è definita in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido e con superficie topografica orizzontale. L'accelerazione ag rappresenta uno dei parametri principali che definisce la pericolosità sismica di base, insieme ai parametri Fo e Tc\* dello spettro di risposta elastico, desumibili nelle tabelle riportate sopra.

Per la definizione dell'azione sismica, sulla base di quanto previsto dalle N.N.T.C., si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione della categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche del sito, in funzione delle quali si definiscono l'entità dell'amplificazione stratigrafica e topografica.

Sulla base delle NTC 2018, e tenendo conto dei dati ottenuti dalle indagini geofisiche eseguite in sito, si classifica il terreno di fondazione in oggetto, come appartenente alla **categoria B**.

Si ricava quindi il fattore stratigrafico Ss, caratteristico del sito secondo le N.N.T.C., mediante la seguente relazione, essendo in classe B si avrà:

$$1.00 \leq Ss = 1.40 - (0.40 * Fo * ag/g) \leq 1.20 \quad (3.3)$$

dove:

- Fo = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2; per il sito oggetto di studio tale valore, calcolato mediante l'utilizzo di apposito software, risulta pari a **2.374**;



- $a_g/g$  = accelerazione orizzontale del sito, con tempo di ritorno pari a **475 anni**/accelerazione di gravità;
- SS = coefficiente di amplificazione stratigrafica o fattore stratigrafico, calcolato tramite la relazione 4.1; per il sito oggetto di studio risulta pari a **1.20**.

Successivamente, sulla base delle condizioni topografiche del sito studiato, si calcola il fattore topografico ST dalla seguente tabella:

Categoria topografica	Ubicazione opera/intervento	ST
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $> 30^\circ$	1.4

Per l'area studiata, sita in una zona di pianura, e quindi appartenente alla categoria topografica T1, si ottiene un fattore topografico ST pari a 1.0. Per l'area studiata si riportano in tabella i parametri della pericolosità di base.

PARAMETRI PERICOLOSITÀ DI BASE					
Tr (anni)	$a_g(g)$	Fo	Tc*(s)	Ss	ST
475	0.163	2.374	0.290	1.20	1.00

In base a tali valori del fattore stratigrafico SS e del fattore topografico ST si procede al calcolo dell'accelerazione massima orizzontale Amax:

$$A_{max} = SS * ST * a_g = 1.20 * 1.0 * 0.163 = 0.195g$$

#### 4.5 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE (§ 7.11.3.4 NNTC 2018)

Per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio, con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. I fenomeni di liquefazione interessano i depositi sabbiosi saturi e dipendono da:

- proprietà geotecniche dei terreni;
- caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata;
- genesi e storia geologica dei terreni;
- fattori ambientali.

Un terreno incoerente saturo, in assenza di sollecitazioni sismiche, è soggetto soltanto alla pressione litostatica, dovuta al peso dei sedimenti sovrastanti (in campo libero e con superficie piana). Durante una sollecitazione sismica vengono indotte nel terreno delle sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde sismiche verso la superficie, mentre la pressione litostatica resta costante. Per tutta la durata della scossa ogni elemento di terreno è soggetto ad una serie di sforzi tangenziali che cambiano ripetutamente verso ed ampiezza.

Nel terreno si possono generare fenomeni di liquefazione se la scossa sismica produce un numero di cicli tale da far sì che la pressione interstiziale uguagli la pressione di confinamento. Nei depositi la pressione di confinamento aumenta con la profondità, mentre l'ampiezza dello sforzo di taglio indotto dal sisma diminuisce. La resistenza alla liquefazione quindi è maggiore con la profondità. Di conseguenza, maggiore è la durata di un terremoto (maggior numero di cicli), più alta è la possibilità che si arrivi alla liquefazione. Inoltre, maggiore è l'ampiezza della vibrazione e della deformazione indotta e minore è il numero di cicli necessari per giungere a tale condizione. Il terreno può essere però soggetto a sforzi di taglio statici dovuti alla presenza di strutture in superficie o alla sua particolare posizione (per es. al di sotto di un versante). In questo caso l'instaurarsi del fenomeno della liquefazione dipende, oltre che dalle caratteristiche del sisma, anche dal rapporto che si stabilisce tra le tensioni di taglio indotte da quest'ultimo e quelle statiche preesistenti al terremoto. La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende anche dallo stato di addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso. Tanto minore è il grado di addensamento del materiale (elevato indice dei vuoti e bassa densità relativa) tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione. Anche la distribuzione, la forma delle particelle e il grado di uniformità influenzano notevolmente il fenomeno, per le implicazioni che questi fattori

hanno sulla resistenza al taglio e per il modo di dissiparsi della pressione interstiziale in eccesso.

Per quanto riguarda la storia delle sollecitazioni sismiche, si può affermare che precedenti deformazioni moderate influiscano positivamente sulla resistenza del deposito, mentre una storia caratterizzata da alti livelli di deformazione (deposito già soggetto a liquefazione) ha effetti negativi sul potenziale di riliquefazione. I depositi sabbiosi con più alto potenziale di liquefazione sono i più recenti. A parità di composizione e di altre condizioni lo stesso deposito, se più antico, avrà sviluppato legami intergranulari e cementazioni sempre più forti con il tempo.

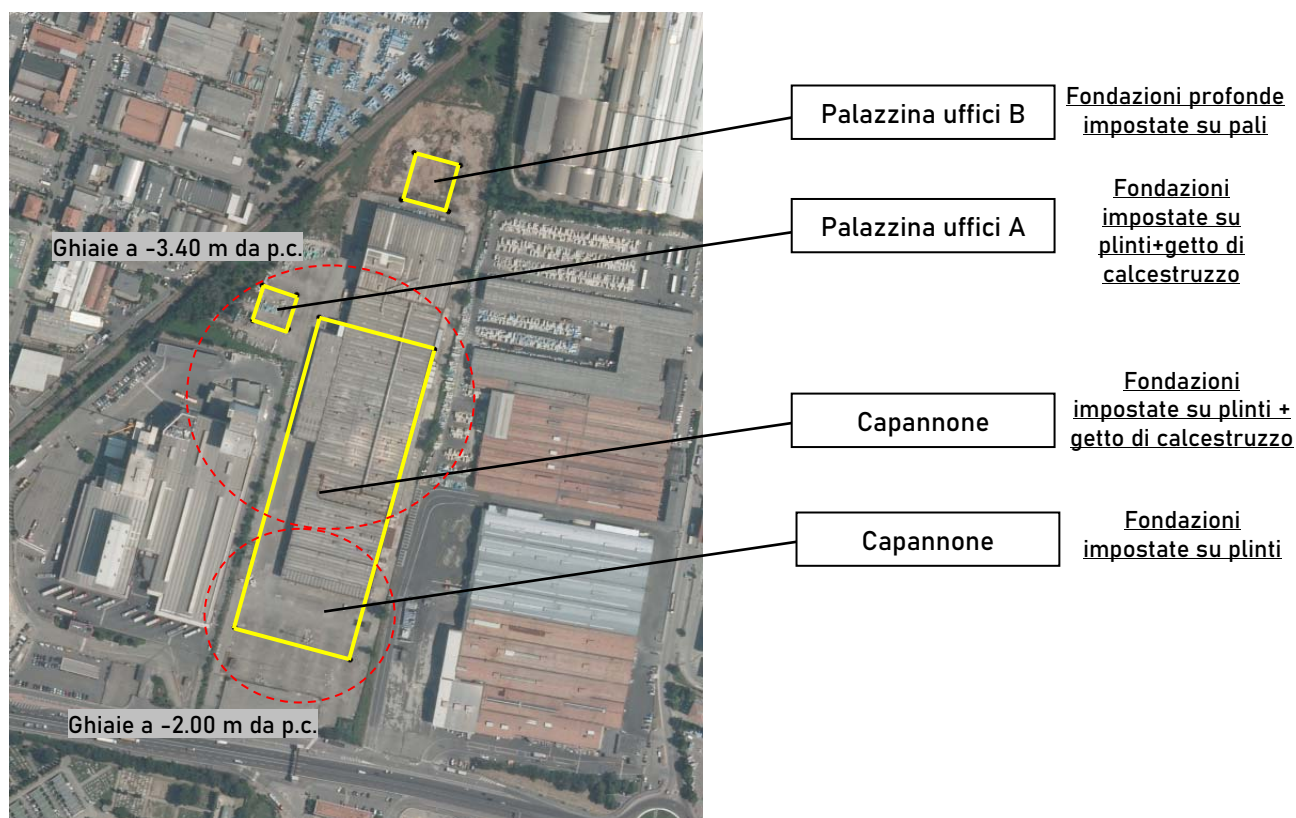
Inoltre, la struttura di un deposito antico sarà resa più stabile e omogenea per gli effetti delle vibrazioni indotte da precedenti terremoti di piccola entità.

Poiché dalle indagini eseguite in sito e dalla ricostruzione del modello geologico del sottosuolo dei primi 10.00 m, non sono stati individuati livelli incoerenti sabbiosi immersi in falda e quindi potenzialmente liquefacibili, non si è ritenuto necessario procedere alla verifica alla liquefazione (§7.11.3.4.2 NTC 2018).



## 5 VERIFICHE GEOTECNICHE

Al fine di verificare il sistema terreno-fondazione da un punto di vista geotecnico, sono state considerate differenti tipologie di fondazioni per i vari fabbricati in progetto, sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche del sito. In particolare sono state ipotizzate fondazioni impostate su plinti 4x4 m per il capannone e la palazzina uffici A impostati a -3.00/-3.40 m dal piano del piazzale attuale e fondazioni profonde impostate su pali per la palazzina uffici B.



Per le fondazioni impostate su plinti risulta determinante la profondità a cui si incontra il tetto delle ghiaie. Infatti nelle aree in cui riscontriamo le ghiaie a -2.00 m da p.c. avremo dei plinti diretti a contatto direttamente con lo strato ghiaioso; mentre dove troviamo le ghiaie a -3.00/-3.40 m da p.c. occorrerà impostare i plinti sempre a -2.00 m da p.c. raggiungendo lo strato ghiaioso mediante un getto di calcestruzzo e asportando le argille in posto. Per questo motivo i calcoli di portanza e i relativi cedimenti sono stati realizzati considerando la fondazione impostata a -3.00/-3.40 m da p.c..

## 1) CAPANNONE con modello geotecnico 1,2,3 (PLINTO 1)

Si riportano di seguito i dati relativi al terreno e alle fondazioni considerate.

### Parametri del terreno

peso specifico terreno naturale	$\gamma$	=	1900 kg/m <sup>3</sup> $\approx$ 19.00 kN/m <sup>3</sup>
peso specifico terreno saturo	$\gamma'$	=	2200 kg/m <sup>3</sup> $\approx$ 22.00 kN/m <sup>3</sup>
Densità relativa	Dr	=	90%
Modulo elastico	Es	=	600.0 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 60000 kN/m <sup>2</sup>
angolo d'attrito caratteristico	$\phi_k$	=	35°
profondità falda freatica	Dw	=	assente

### PLINTO 1

larghezza della base	B	=	4.00 m
lunghezza della fondazione	B'	=	4.00 m
profondità della quota di imposta	D	=	-3.40 m da p.c.
carico applicato al terreno di fondazione	P	=	2.00 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 200 kN/m <sup>2</sup>

## 2) CAPANNONE E PALAZZINA UFFICI A con modello geotecnico 5 (PLINTO 2)

Si riportano di seguito i dati relativi al terreno e alle fondazioni considerate.

### Parametri del terreno

peso specifico terreno naturale	$\gamma$	=	1900 kg/m <sup>3</sup> $\approx$ 19.00 kN/m <sup>3</sup>
peso specifico terreno saturo	$\gamma'$	=	2200 kg/m <sup>3</sup> $\approx$ 22.00 kN/m <sup>3</sup>
Densità relativa	Dr	=	50%
Modulo elastico	Es	=	300.0 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 30000 kN/m <sup>2</sup>
angolo d'attrito caratteristico	$\phi_k$	=	35°
profondità falda freatica	Dw	=	assente

### PLINTO 2

larghezza della base	B	=	4.00 m
lunghezza della fondazione	B'	=	4.00 m
profondità della quota di imposta	D	=	-3.00 m da p.c.
carico applicato al terreno di fondazione	P	=	2.00 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 200 kN/m <sup>2</sup>

## 5.1 VERIFICA DEI CEDIMENTI

È stato eseguito il calcolo della distribuzione delle tensioni indotte al terreno di fondazione dall'intervento in progetto secondo il metodo di Newmark (**Allegato n. 2**).

Il metodo di Newmark si basa sul presupposto che il terreno di fondazione possa essere assimilato ad uno spazio semi-infinito a comportamento perfettamente elastico, omogeneo e isotropo.

Per la verifica dei cedimenti sono stati considerati i parametri geotecnici emersi dall'elaborazione delle prove penetrometriche eseguite in sito. Tutto ciò premesso, sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Tipologia fondazione	CEDIMENTI - Metodo di calcolo degli strati coesivi di Steinbrenner		
	Quota di imposta da piano campagna (m) <b>D</b>	Carico applicato sul terreno <b>P</b>	Cedimento totale del terreno di fondazione
<b>PLINTO 1</b>	-3.40 m da p.c.	2.00 Kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 200 kN/m <sup>2</sup>	S = 0.55 cm
<b>PLINTO 2</b>	-3.00 m da p.c.	2.00 Kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 200 kN/m <sup>2</sup>	S = 1.07 cm

Dai risultati sopra esposti si nota come il capannone in progetto potrebbe presentare cedimenti differenziali dovuti alla presenza di un livello argilloso a scarsa consistenza nella porzione posta a nord-ovest del lotto, nelle vicinanze della palazzina A in progetto. Mentre la palazzina A si attesta complessivamente su cedimenti del terreno di fondazione nell'ordine di 1.07 cm con un carico applicato di 200 KN/m<sup>2</sup>, il capannone presenta un cedimento differenziale, pertanto occorrerà impostare i plinti sempre a -2.00 m da p.c. raggiungendo lo strato ghiaioso mediante un getto di calcestruzzo e asportando le argille in posto.

## 5.2 MODULO DI SOTTOFONDO

Il modello di Winkler considera il terreno come formato da una distribuzione di vincoli semplici bilaterali elastici. La relazione che ne regola il comportamento è di tipo lineare tra il cedimento (w) e la pressione di contatto (p):  $p = kw$ .

Il parametro k è detto costante di sottofondo. Come è noto, k non dipende solo dal terreno ma anche dai carichi applicati, dalle proprietà del terreno, dalla forma e le dimensioni della fondazione.

Utilizzando la Formula di Bowles (1974):

$$k \text{ (kN/mc)} = 40 \cdot Q_{lim} \cdot F_c$$



dove  $F_c = 2.54/\text{cedimento della fondazione (cm)}$ , considerando i cedimenti di riferimento calcolati ed i carichi ipotizzati e sopra riportati, si sono ottenuti i seguenti risultati per il modulo di sottofondo (o costante di Winkler):

Tipologia fondazione	CEDIMENTI - <i>Metodo di calcolo degli strati coesivi di Steinbrenner</i>		
	Carico applicato sul terreno <b>P</b>	Cedimento di riferimento	Modulo di sottofondo (K di Winkler)
<b>PLINTO 1</b>	2.00 Kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 200 kN/m <sup>2</sup>	S = 0.55 cm	K = 11.08 kg/cm <sup>3</sup>
<b>PLINTO 2</b>	2.00 Kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 200 kN/m <sup>2</sup>	S = 1.07 cm	K = 5.70 kg/cm <sup>3</sup>

### 5.3 VERIFICA NEI CONFRONTI DEGLI SLU (6.4 NNTC 2018)

In relazione a quanto esposto nella normativa tecnica nazionale NTC 2018, si procede alla verifica nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) di resistenza del terreno (GEO) relativamente alle opere di fondazione in oggetto, di tipo superficiale, fornendo il valore di resistenza offerta dal sistema geotecnico ( $R_d$  GEO). Il valore di progetto della resistenza  $R_d$  può essere determinato:

- in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale  $\gamma_M$  specificato nella Tab. 6.2.II (NNTC 2018) e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali  $\gamma_R$  specificati nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;
- in modo analitico, con riferimento a correlazioni con i risultati di prove in sito, tenendo conto dei coefficienti parziali  $\gamma_R$  riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;
- sulla base di misure dirette su prototipi, tenendo conto dei coefficienti parziali  $\gamma_R$  riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera.

Le verifiche sono effettuate applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'approccio 2, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I.

Fattori correttivi sismici: Paolucci e Pecker (1997)

Per tener conto degli effetti inerziali indotti dal sisma nei riguardi della determinazione del  $q_{lim}$  vengono introdotti, all'interno della formula di Terzaghi, i fattori correttivi  $z$ :

$$z_a = 1 - 0.32 \cdot K_h \quad z_q = \left(1 - \frac{k_q}{\tan \phi}\right)^{0.35} \quad z_y = z_q$$

Dove il  $K_h$  è il coefficiente sismico orizzontale. Le verifiche sono state effettuate considerando quindi i seguenti parametri sismici:

- $a_{MAX}$  (ag/g): 0.195g (relativa a SLV ;  $T_r = 475$  anni);
- coefficiente intensità sismica del terreno  $K_h$ : 0.047

La resistenza  $R_d$  calcolata in condizioni "drenate" seguendo l'Approccio 2, combinazione (A1 + M1 + R3), applicando il coefficiente di riduzione parziale per la tangente dell'angolo di attrito secondo la relazione:  $\tan \phi'd = \tan \phi'k / 1,0$ , dove  $\phi'd$  è l'angolo d'attrito di progetto, ne deriva, essendo  $\phi'k = \phi'd$ . Quindi secondo la formula di Terzaghi si ottiene, per l'intervento in progetto uno stato limite ultimo pari a:

Tipologia fondazione	CONDIZIONE STATICA – CONDIZIONI DRENATE – A1+M1+R3		
	Profondità di imposta	Dimensioni della fondazione	Carico limite ultimo SLU F.S. = 2.3 (Terzaghi)
<b>PLINTO 1</b>	-3.40 m da p.c.	B=4.00 m x L=4.00 m	
	HANSEN (1970)		5.33 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 533 kN/m <sup>2</sup>
	TERZAGHI (1955)		5.64 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 564 kN/m <sup>2</sup>
<b>PLINTO 2</b>	-3.00 m da p.c.	B=4.00 m x L=4.00 m	
	HANSEN (1970)		5.17 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 517 kN/m <sup>2</sup>
	TERZAGHI (1955)		5.58 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 558 kN/m <sup>2</sup>

## PALAZZINA UFFICI B

Al fine di verificare il sistema terreno-fondazione da un punto di vista geotecnico, sono state ipotizzate fondazioni profonde impostate su PALI CFA, con le seguenti caratteristiche:

- diametro pari a  $D = 60.00$  cm e lunghezza utile pari a  $L = 10.00$  m da p.c.
- diametro pari a  $D = 80.00$  cm e lunghezza utile pari a  $L = 10.00$  m da p.c.

La capacità portante limite del singolo palo è stata valutata utilizzando le seguenti formule statiche:

$$Q_{Lim} = Q_p + Q_{Lat}$$

dove:

$Q_{Lim}$  = portata limite;

$Q_p$  = portata di punta;

$Q_{Lat}$  = portata laterale.

La resistenza laterale del palo in terreni coerenti " $Q_{Lat}$ " per pali con area della superficie laterale " $A_s$ " vale relazione:

$$Q_{Lat} = c_a \times A_s$$

dove:

$c_a$  = coefficiente di adesione tra terreno e palo.

Deriva, tramite relazioni sperimentali, dal valore di coesione non drenata " $C_u$ " e dal tipo di palo. La  $Q_{Lat}$  viene calcolata per via numerica come somma dei contributi delle singole sezioni elementari del palo. La resistenza alla punta del palo in terreni incoerenti con area di punta  $A_p$  è definita dalla seguente espressione:

$$Q_P = (N_c \times c + N_q \times \sigma_v) \times A_p$$

dove :

$c$  = coesione;

$\sigma_v$  = tensione totale alla profondità della punta. La tensione totale a una certa profondità è data dalla somma dei pesi di volume naturale o saturi del terreno moltiplicati per gli spessori degli strati sovrastanti;

$N_q$  = fattore dipendente dall'angolo di attrito interno del terreno  $\varphi$ ;

$N_c = (N_q - 1) \cotg \varphi$  è un fattore di capacità portante correlato direttamente al fattore  $N_q$ .



La resistenza laterale del palo "QLat" è calcolata per pali con area della superficie laterale "As" nei terreni incoerenti tramite l'espressione:

$$Q_{Lat} = (c_a + m \times k \times \sigma_v) \times A_s$$

dove:

$c_a$  = (<coesione) coefficiente di adesione tra palo e terreno;

$\sigma_v$  = tensione totale alla profondità della punta. La tensione totale a una certa profondità è data dalla somma dei pesi di volume naturale o saturi del terreno moltiplicati per gli spessori degli strati sovrastanti;

$m$  = coefficiente di attrito tra palo e terreno;

$k$  = coefficiente di spinta.

Infine il fattore di sicurezza  $F_s$  è dato dall' espressione:

$$F_s = Q_{Lim} / (N + P_p)$$

dove:

$Q_{Lim}$  = carico limite del palo;

$N$  = carico verticale di esercizio;

$P_p$  = peso proprio del palo prodotto dal volume del palo per il peso di volume del calcestruzzo.

Al fine di ottemperare alle NNTC - D.M. 14/01/2018 sono state effettuate le verifiche dei pali solo allo stato limite ultimo SLU utilizzando l'approccio 2 combinazione 1 (A1+M1+R3).

## VERIFICA DELLA PORTANZA ASSIALE

### Simbologia adottata

cmb Identificativo della combinazione

$N_c, N_q$  Fattori di capacità portante

$P_{lmin}, P_{lmed}$  Portanza laterale minima e media espressa in [kN]

$P_{pmin}, P_{pmed}$  Portanza di punta minima e media espressa in [kN]

$P_d$  Portanza di progetto espressa in [kN]

$N$  Scarico verticale in testa al palo espresso in [kN]

$h$  Coeff. di sicurezza per carichi verticali

cmb	$P_{lmed}$	$P_{pmed}$	$P_{lmin}$	$P_{pmin}$	$W_p$	$P_d$	$N$	$\eta$
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
D60	1	481,27	1460,19	481,27	1460,19	70,69	836,20	1.045

cmb	$P_{lmed}$	$P_{pmed}$	$P_{lmin}$	$P_{pmin}$	$W_p$	$P_d$	$N$	$\eta$
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
D80	1	641,69	2595,89	641,69	2595,89	125,66	1377,17	1.721

### Cedimento verticale in testa ai pali

#### *Simbologia adottata*

cmb Identificativo della combinazione

w Cedimento in testa al palo, espresso in [cm]

u Spostamento orizzontale in testa al palo, espresso in [cm]

cmb	w	u
	[cm]	[cm]
2	0,6789	0,0006

D 60

cmb	w	u
	[cm]	[cm]
2	0,4151	0,0005

D 80

Riassumendo quindi, è stato calcolato che, pali CFA di diametro  $D = 60.00/80.00$  cm e di lunghezza pari a  $L = 10.00$  m, riferita alla quota del piano campagna (quota prova penetrometrica n.6), calcolati agli stati limite ultimi SLU sono dotati di una portanza ammissibile (SLU FATTORIZZATO) variabile tra  $Q_{amm.} = P_d = 836.20$  KN  $\approx 85.26$  ton (palo 60) e  $Q_{amm.} = P_d = 1377.17$  KN  $\approx 140.43$  ton (palo 80) utilizzando l'approccio 2 combinazione 1 (A1+M1+R3). Le verifiche sono riportate con maggior dettaglio in allegato n. 2.

## 6 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione delle indagini geognostiche eseguite in sito e dai dati forniti dall'interpretazione delle indagini geofisiche, in ottemperanza alle NTC 2018, si riassume quanto segue:

- La caratterizzazione sismica del sito, condotta sulla base di indagini sismiche di tipo MASW e HVSR, ha permesso di determinare la velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità e di classificare il terreno di fondazione come appartenente alla categoria B:

*Rocce tenere e depositi a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità da valori di  $v_s$  30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

- Per la definizione dell'azione sismica, è stato eseguito l'approccio semplificato delle NTC 2018. Dall'analisi così eseguita si sono ottenuti i seguenti risultati:

Approccio semplificato NTC18	
ag	Amax
0.163	0.195

- In relazione a quanto esposto nelle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni in zona sismica del 2018, si è proceduto alla verifica nei confronti degli stati limite ultimi (SLU). Nel nostro caso specifico, per quanto riguarda le opere di fondazione nelle verifiche di sicurezza agli stati limite ultimi è stato calcolato lo SLU sia a breve che a lungo termine per il capannone e la palazzina uffici A in progetto, utilizzando il seguente approccio di calcolo:

### Approccio 2 combinazione (A1 + M1 + R3)

Si riassumono nella seguente tabella i valori di portanza del terreno di fondazione calcolati agli stati limite ultimi SLU relativamente alle fondazioni ipotizzate e sopra descritte.

Tipologia fondazione	CONDIZIONE STATICA – CONDIZIONI DRENATE – A1+M1+R3		
	Profondità di imposta	Dimensioni della fondazione	Carico limite ultimo SLU F.S. = 2.3 (Terzaghi)
<b>PLINTO 1</b>	-3.40 m da p.c.	B=4.00 m x L=4.00 m	
		HANSEN (1970)	5.33 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 533 kN/m <sup>2</sup>
		TERZAGHI (1955)	5.64 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 564 kN/m <sup>2</sup>
<b>PLINTO 2</b>	-3.00 m da p.c.	B=4.00 m x L=4.00 m	
		HANSEN (1970)	5.17 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 517 kN/m <sup>2</sup>
		TERZAGHI (1955)	5.58 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 558 kN/m <sup>2</sup>



Per le fondazioni impostate su plinti risulta determinante la profondità a cui si incontra il tetto delle ghiaie. Infatti nelle aree in cui riscontriamo le ghiaie a -2.00 m da p.c. avremo dei plinti diretti a contatto direttamente con lo strato ghiaioso; mentre dove troviamo le ghiaie a -3.00/-3.40 m da p.c. occorrerà impostare i plinti sempre a -2.00 m da p.c. raggiungendo lo strato ghiaioso mediante un getto di calcestruzzo asportando le argille in posto.

Per la palazzina B, per la quale sono state considerate fondazioni profonde impostate su pali è stato calcolato che, pali CFA di diametro  $D = 60.00/80.00$  cm e di lunghezza pari a  $L = 10.00$  m, riferita alla quota del piano campagna, calcolati agli stati limite ultimi SLU sono dotati di una portanza ammissibile (SLU FATTORIZZATO) variabile tra  $Q_{amm.} = P_d = 836.20$  KN  $\approx 85.26$  ton (palo 60) e  $Q_{amm.} = P_d = 1377.17$  KN  $\approx 140.43$  ton (palo 80) utilizzando l'approccio 2 combinazione 1 (A1+M1+R3).

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

**Modena, 11 maggio 2021**

**Dott. Geol. Pier Luigi Dallari**



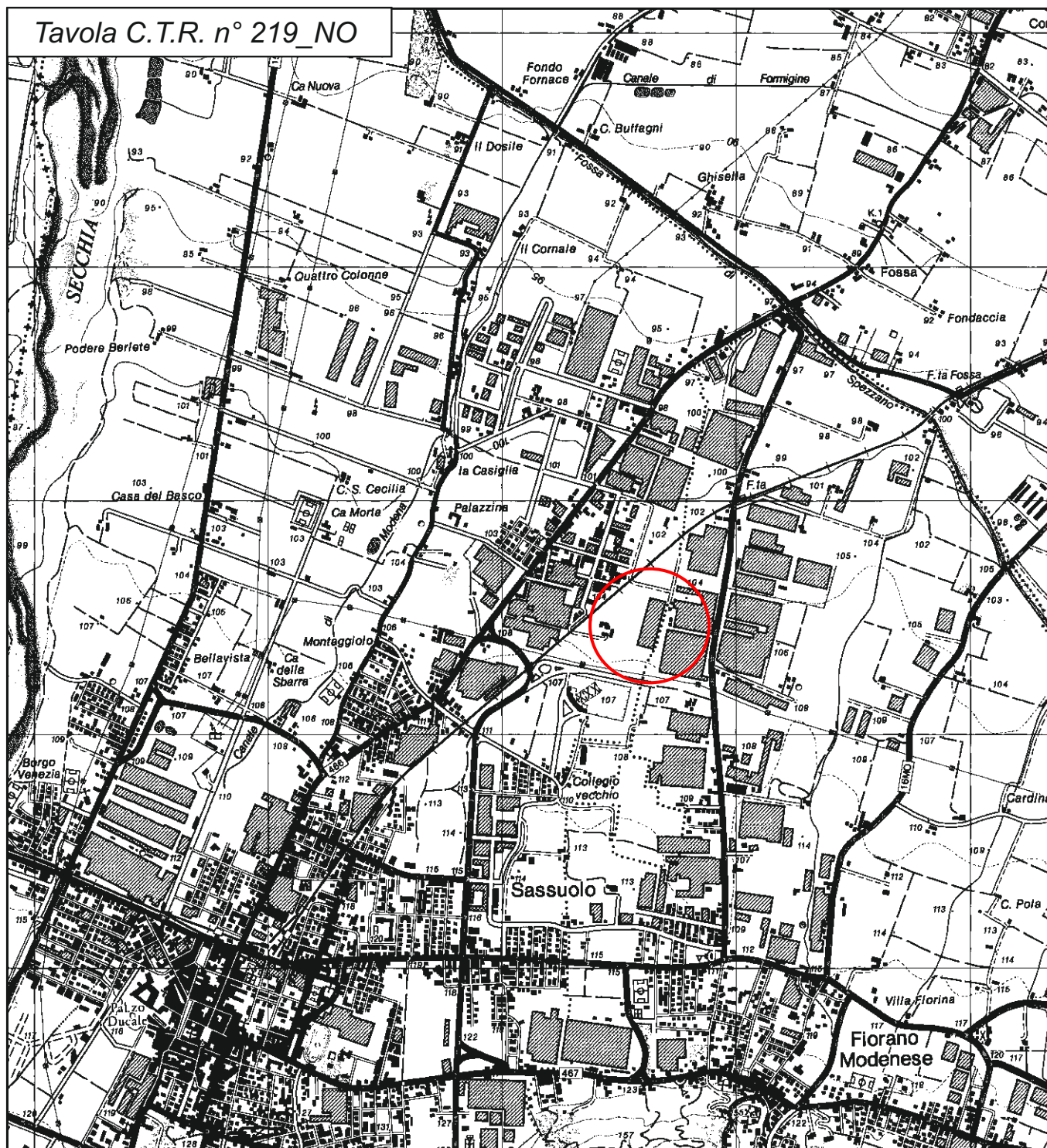
**Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche**

## TAVOLE

## GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche  
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5960176 - E-mail: info@geogroupmodena.it

Tavola C.T.R. n° 219\_NO



Tav. n. 1 "Carta corografica"

Scala 1: 25000



Legenda



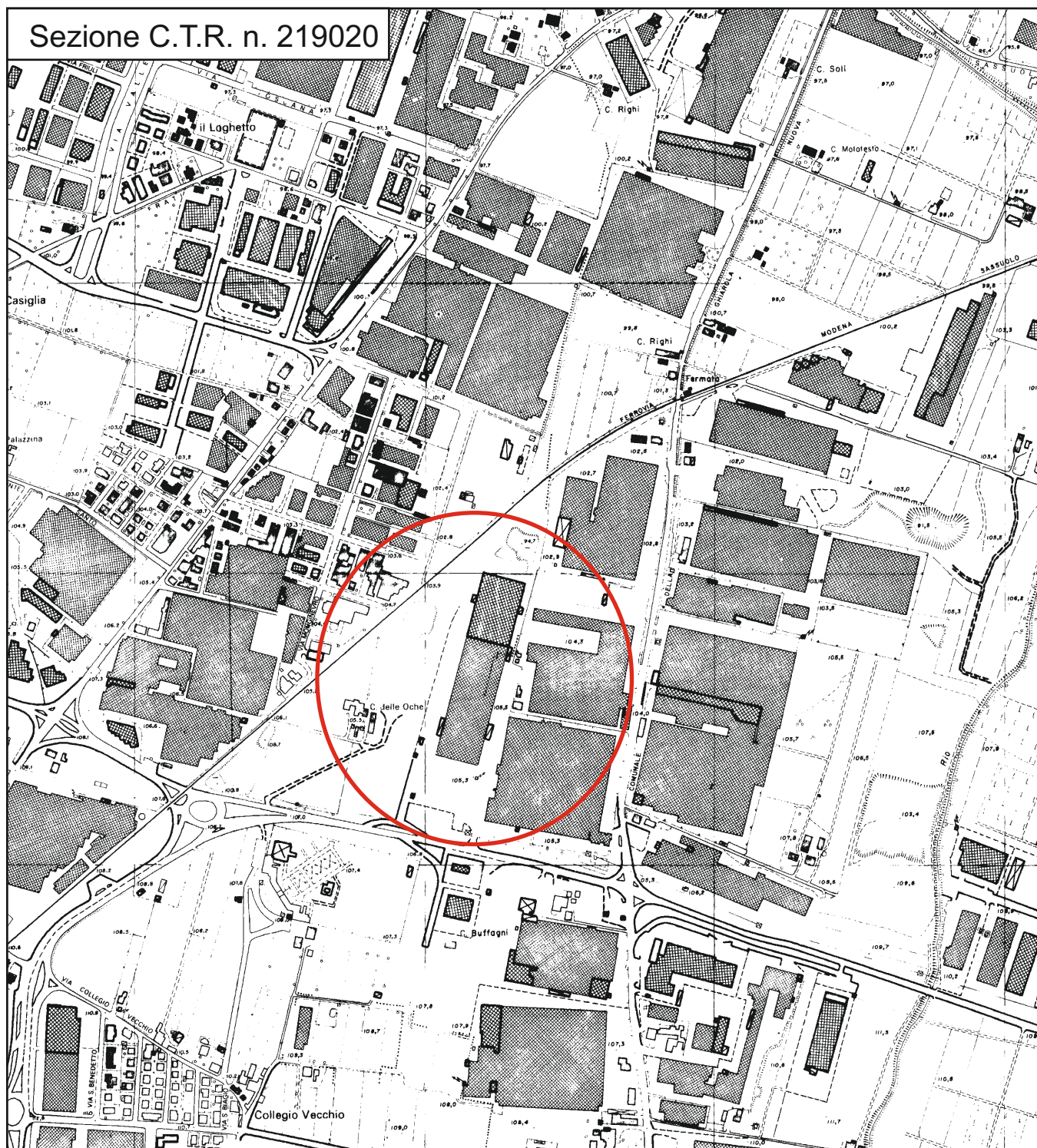
Area di interesse



## GEO GROUP s.r.l.

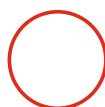
Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche  
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019 - E-mail: info@geogroupmodena.it

Sezione C.T.R. n. 219020



Tav. n. 2 “Carta topografica”

Scala 1: 10000



Area di interesse



## **GEO GROUP S.r.l.**

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche  
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5960176 - E-mail: info@geogroupmodena.it



### **Tav. n. 3 “Ripresa fotografica aerea”** (tratta da Google Maps) **Scala grafica**

#### *Legenda*



Area di interesse

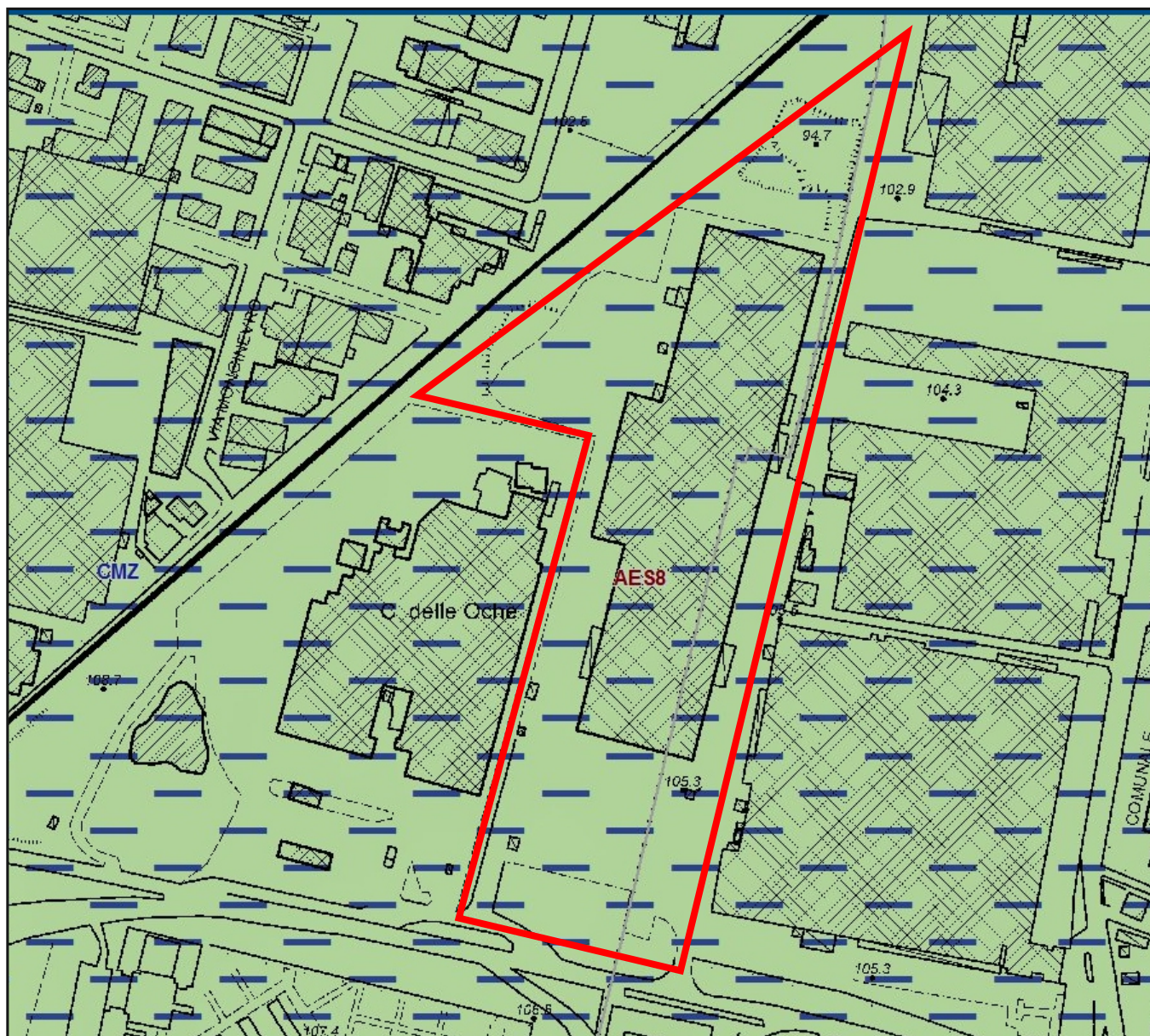




## GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche

182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5960176 - E-mail: info@geogroupmodena.it



### Tav. n. 4 "Carta geologica" Scala 1 : 5.000



#### Legenda



Area di interesse



#### **AES8 - Subsistema di Ravenna**

Ghiaie e ghiaie sabbiose, passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. A tetto suoli a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente fino a 150 cm e parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno.



## GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche

182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5960176 - E-mail: info@geogroupmodena.it



### Tav. n. 5 “Ubicazione delle indagini geognostiche”

(tratta da Google Maps)

Scala grafica

#### Legenda

● Prova penetrometrica dinamica DPSH

■ Sondaggio a carotaggio continuo

★ Indagine sismica HVSR

— Indagine sismica MASW









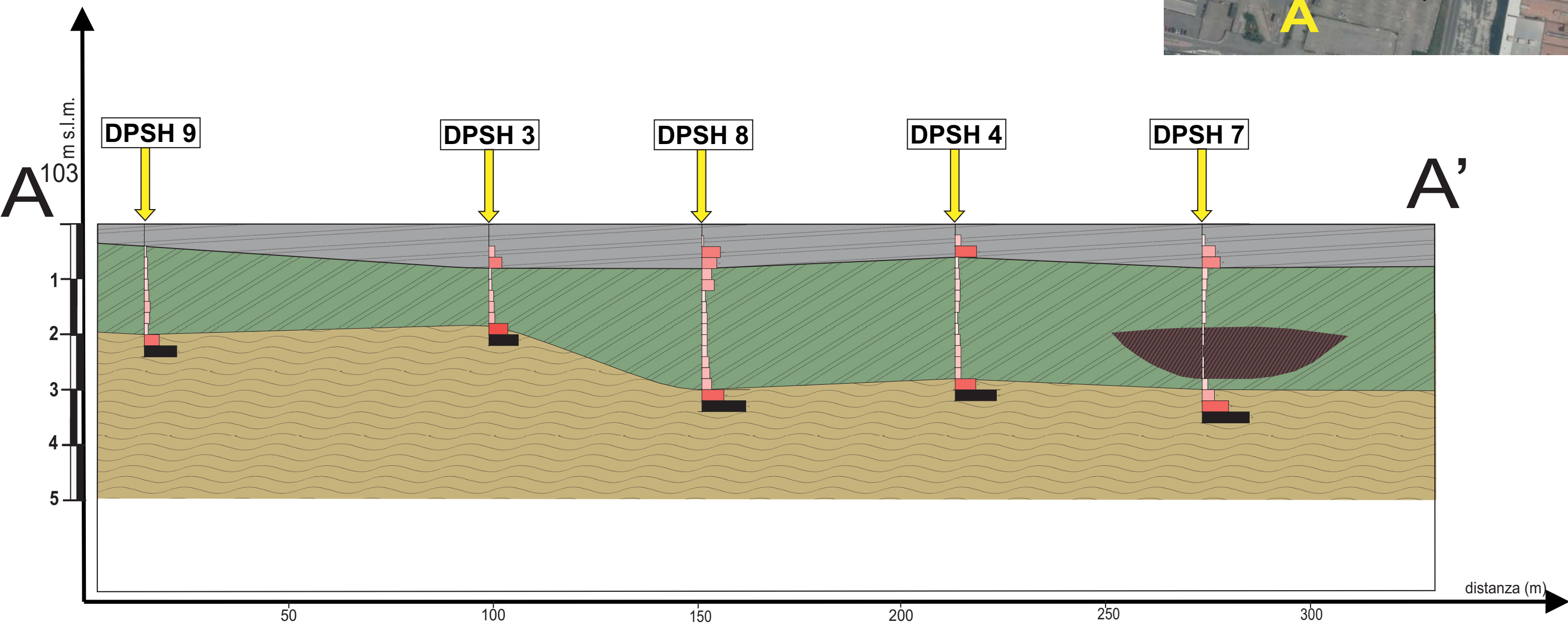
# TAV. N. 6    SEZIONE GEOTECNICA A-A' Sassuolo KERAKOLL -scala grafica-

GEO GROUP S.R.L.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche  
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5960176  
E-mail: info@geogroupmodena.it

## LEGENDA

-  Sottofondo piazzale
-  Argille e argille limose mediamente consistenti
-  Argille e argille limose a scarsa consistenza
-  Ghiaie sabbiose addensate



# TAV. N. 7      SEZIONE GEOTECNICA B-B' Sassuolo KERAKOLL -scala grafica-

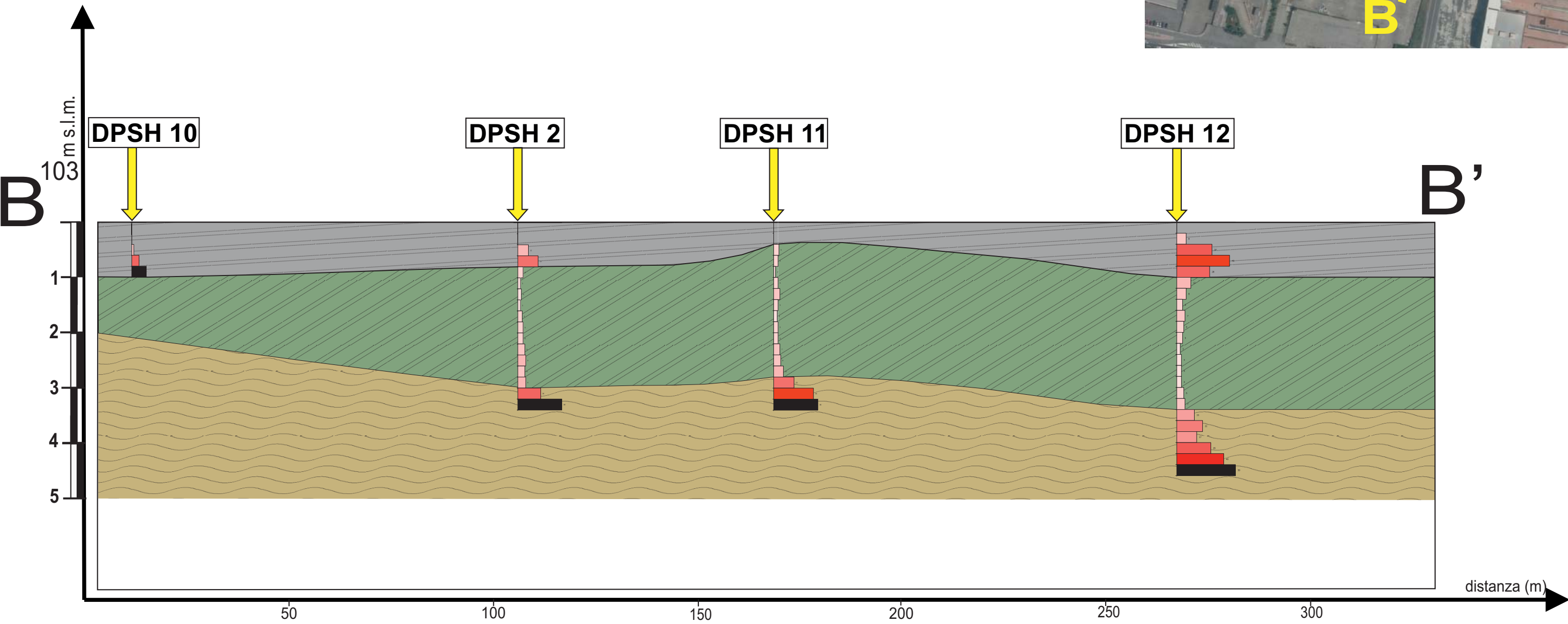
**GEO GROUP S.R.L.**  
Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche  
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5960176  
E-mail: info@geogroupmodena.it

LEGENDA

Sottofondo piazzale

Argille e argille limose mediamente consistenti

Ghiaie sabbiose addensate



**Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche**

## **ALLEGATO N° 1**

**Prove penetrometriche dinamiche corredate di  
interpretazione geotecnica**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Descrizione: Località:	
---	--

## Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50.46 mm
Area di base punta	20 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.504
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °



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

**Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) 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  $\alpha$ );
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$  ;
- 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:

<b>Tipo</b>	<b>Sigla di riferimento</b>	<b>peso della massa <math>M</math> (kg)</b>	<b>prof. max indagine battente (m)</b>
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  $\delta = 10$  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  $A=10 \text{ cm}^2$  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  $A=20.27 \text{ cm}^2$  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  $A = 20 \text{ cm}^2$ , rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

## Correlazione con $N_{spt}$

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  $N_{spt}$  ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

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.
$\delta$	passo di avanzamento.

## Valutazione resistenza dinamica alla punta $R_{pd}$

## 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 <sub>pd</sub>	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo ( $\delta/N$ ).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

## Calcolo di (N<sub>1</sub>)<sub>60</sub>

(N<sub>1</sub>)<sub>60</sub> è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60	rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
C <sub>s</sub>	parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
C <sub>d</sub>	funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
C <sub>r</sub>	parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

## 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 della resistenza 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  $\sigma_{N_{spt}}$  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 m ed immorsamento  $d = 1$  m.



## 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*

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

$N_{spt}$  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 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m 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 m. sopra falda e < 7 m 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 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE 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 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $s > 15$  t/mq.

- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### ***Densità relativa (%)***

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr 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 Dr % 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 Dr % 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***

- 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  $\tau$  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/s)***

- 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).
- Trofimenkov (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.

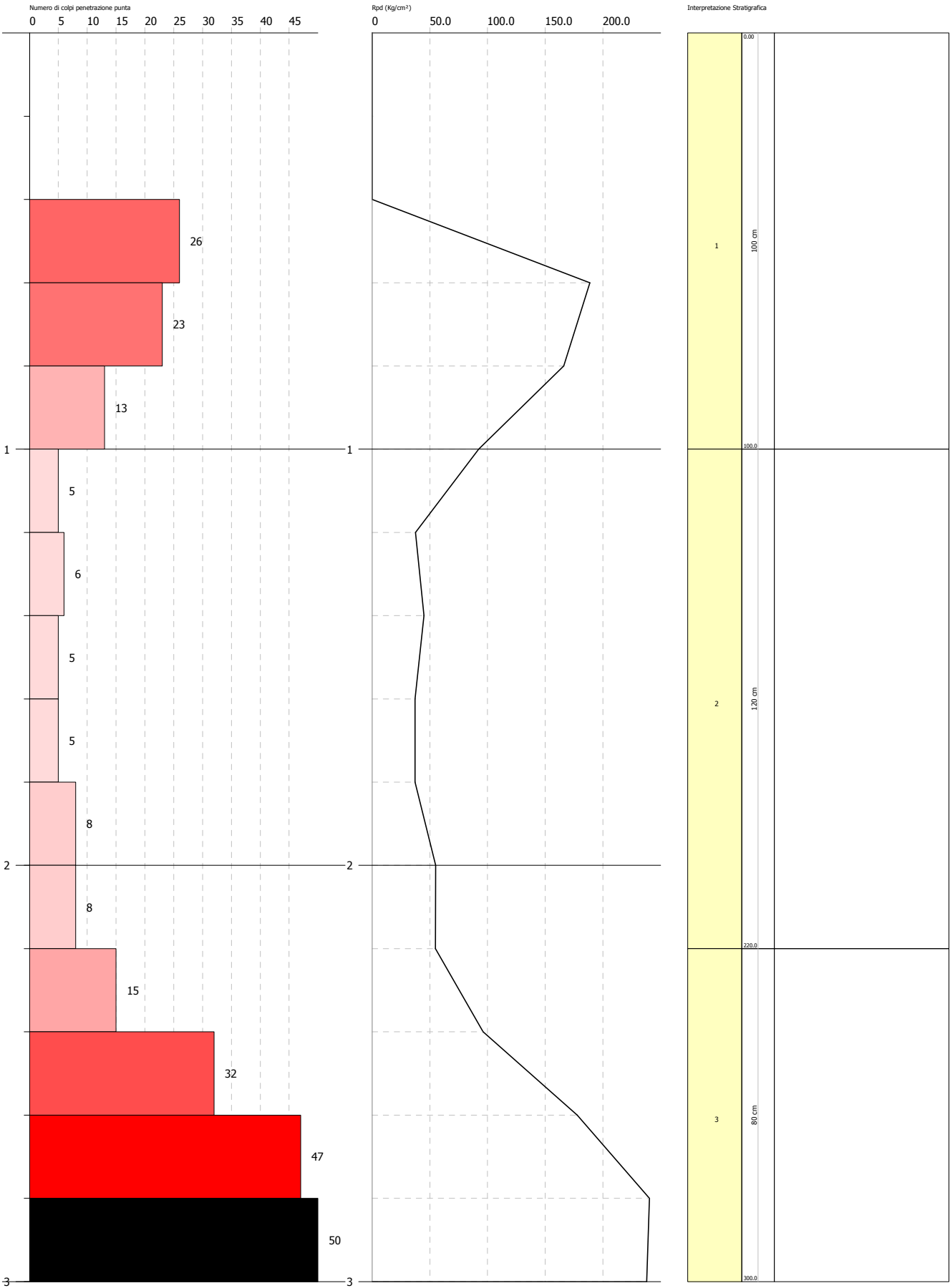


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1  
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente:  
Descrizione:  
Località:

Data: 15/04/2021

Scala 1:13



PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)  
 Prova eseguita in data 15/04/2021  
 Profondità prova 3.00 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Minimo

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	0	0.855	0.00	0.00	0.00	0.00
0.40	0	0.851	0.00	0.00	0.00	0.00
0.60	26	0.747	188.74	252.66	9.44	12.63
0.80	23	0.743	166.14	223.51	8.31	11.18
1.00	13	0.790	92.30	116.87	4.61	5.84
1.20	5	0.836	37.59	44.95	1.88	2.25
1.40	6	0.833	44.92	53.94	2.25	2.70
1.60	5	0.830	37.29	44.95	1.86	2.25
1.80	5	0.826	37.14	44.95	1.86	2.25
2.00	8	0.823	55.08	66.91	2.75	3.35
2.20	8	0.820	54.87	66.91	2.74	3.35
2.40	15	0.767	96.24	125.45	4.81	6.27
2.60	32	0.664	177.77	267.63	8.89	13.38
2.80	47	0.611	240.34	393.08	12.02	19.65
3.00	50	0.609	237.95	390.92	11.90	19.55

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tension e efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1	0	0	Incoerente - coesivo	0	1.39	1.83	0.07	1.5	0	
2.2	5	44.95	Coesivo	0	1.88	1.9	0.25	1.5	7.52	
3	15	125.45	Incoerente	0	2.04	2.0	0.45	1.5	22.56	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] -	0	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00
[2] -	7.52	2.20	0.47	0.94	0.25	0.30	0.74	1.35	0.67	1.00	0.38	1.05	0.94

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] -	0	1.00	Robertson (1983)	---
[2] -	7.52	2.20	Robertson (1983)	15.04

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	0	1.00	0.00	--	1.79	0.00
[2] -	7.52	2.20	34.50	--	78.49	94.00

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	0	1.00	-20.40	0.00
[2] -	7.52	2.20	66.08	75.20

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	0	1.00	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[2] -	7.52	2.20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	0	1.00	Meyerhof	1.39
[2] -	7.52	2.20	Meyerhof	1.88

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	0	1.00	Meyerhof	1.83
[2] -	7.52	2.20	Meyerhof	1.90

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	0	1.00		0
[2] -	7.52	2.20		0

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	0	1.00	0	0	0	6.23
[3] -	22.56	3.00	50.45	93.17	93.78	54.84

**Angolo di resistenza al taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)								
[1] -	0	1.00	0	27	20	28								
[3] -	22.56	3.00	22.56											

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	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] -	0	1.00	0	---	---	---	---	---
[3] -	22.56	3.00	22.56	339.03	180.48	266.91	349.20	187.80

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	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] -	0	1.00	0	---	27.46	---	38.00
[3] -	22.56	3.00	22.56	135.36	73.80	160.18	138.62

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	0	1.00	0	Classificazione A.G.I.	SCIOLTO
[3] -	22.56	3.00	22.56	Classificazione A.G.I.	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] -	0	1.00	0	Terzaghi-Peck 1948	1.34
[3] -	22.56	3.00	22.56	Terzaghi-Peck 1948	1.62

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] -	0	1.00	0	Terzaghi-Peck 1948	1.84
[3] -	22.56	3.00	22.56	Terzaghi-Peck 1948	2.01

**Modulo di Poisson**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	0	1.00	0	(A.G.I.)	0.35
[3] -	22.56	3.00	22.56	(A.G.I.)	0.31

**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] -	0	1.00	0	---	---
[3] -	22.56	3.00	22.56	1216.33	839.07

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	0	1.00	0	Ohta & Goto (1978) Limi	0
[3] -	22.56	3.00	22.56	Ohta & Goto (1978) Limi	141.04

**Liquefazione**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	0	1.00	0	Seed e Idriss (1971)	--
[3] -	22.56	3.00	22.56	Seed e Idriss (1971)	--

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] -	0	1.00	0		---
[3] -	22.56	3.00	22.56		---

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] -	0	1.00	0		---
[3] -	22.56	3.00	22.56		---

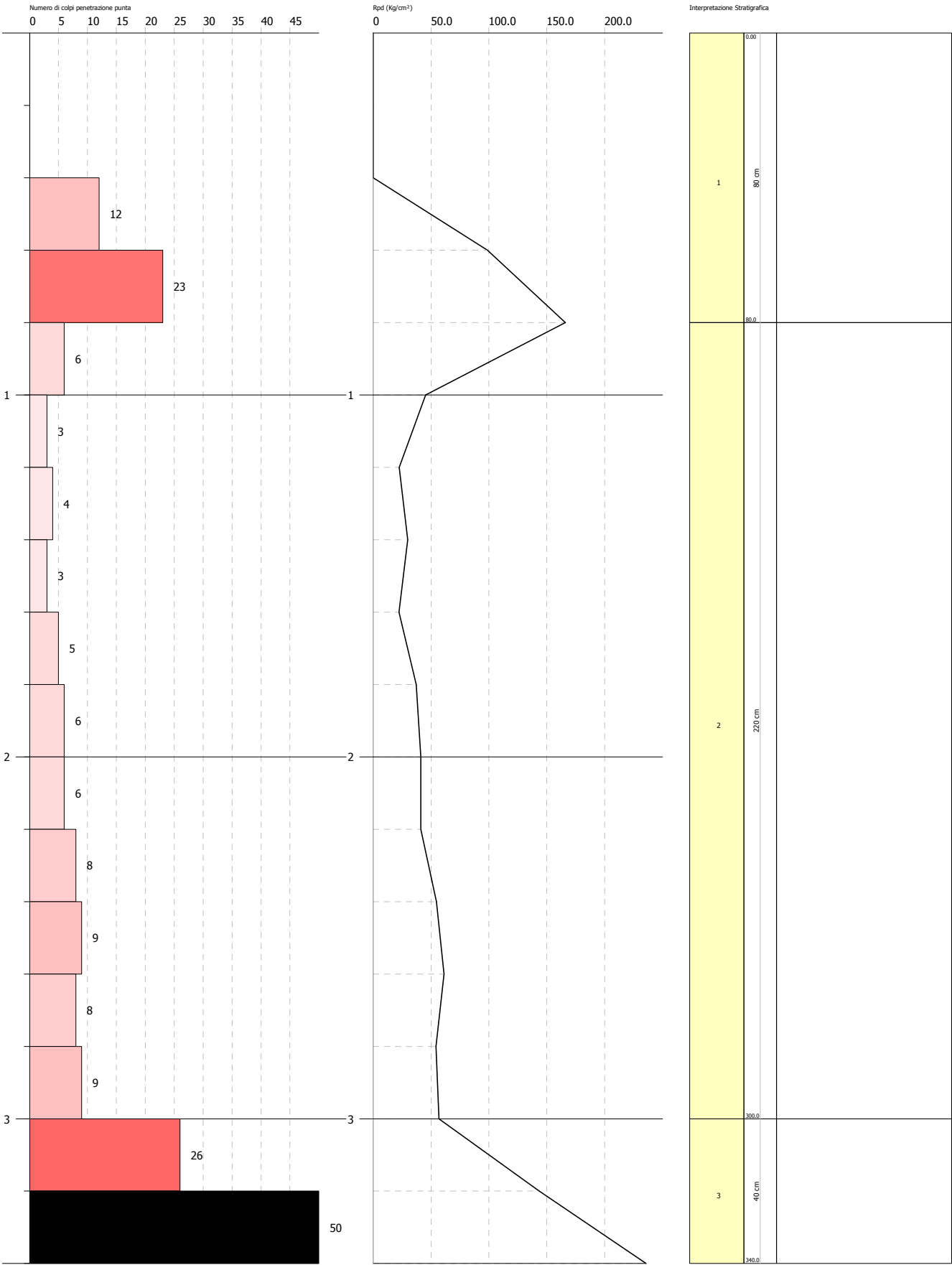


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2  
Strumento utilizzato... DPH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente:  
Descrizione:  
Località:

Data: 15/04/2021

Scala 1:15



PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)  
 Prova eseguita in data 15/04/2021  
 Profondità prova 3.40 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Minimo

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	0	0.855	0.00	0.00	0.00	0.00
0.40	0	0.851	0.00	0.00	0.00	0.00
0.60	12	0.847	98.77	116.61	4.94	5.83
0.80	23	0.743	166.14	223.51	8.31	11.18
1.00	6	0.840	45.30	53.94	2.26	2.70
1.20	3	0.836	22.55	26.97	1.13	1.35
1.40	4	0.833	29.95	35.96	1.50	1.80
1.60	3	0.830	22.37	26.97	1.12	1.35
1.80	5	0.826	37.14	44.95	1.86	2.25
2.00	6	0.823	41.31	50.18	2.07	2.51
2.20	6	0.820	41.15	50.18	2.06	2.51
2.40	8	0.817	54.67	66.91	2.73	3.35
2.60	9	0.814	61.29	75.27	3.06	3.76
2.80	8	0.811	54.29	66.91	2.71	3.35
3.00	9	0.809	56.90	70.37	2.85	3.52
3.20	26	0.706	143.52	203.28	7.18	10.16
3.40	50	0.603	235.88	390.92	11.79	19.55

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.8	0	0	Incoerente	0	1.3	1.86	0.05	1.5	0	
3	3	26.97	Coesivo	0	1.73	1.87	0.29	1.5	4.51	
3.4	26	203.28	Incoerente	0	2.2	2.1	0.53	1.5	39.1	

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[2] -	4.51	3.00	0.28	0.56	0.25	0.18	0.44	0.81	0.41	0.77	0.23	0.44	0.56

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[2] -	4.51	3.00	Robertson (1983)	9.02

#### Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[2] -	4.51	3.00	20.69	67.65	47.79	56.38

#### Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[2] -	4.51	3.00	31.47	45.10

#### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] -	4.51	3.00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[2] -	4.51	3.00	Meyerhof	1.73

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[2] -	4.51	3.00	Meyerhof	1.87

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] -	4.51	3.00		0

**TERRENI INCOERENTI**

**Densità relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	0	0.80	0	0	0	6.23
[3] -	39.1	3.40	63.02	100	100	71.64

**Angolo di resistenza al taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)								
[1] -	0	0.80	0	27	20	28								
[3] -	39.1	3.40	39.1											

**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] -	0	0.80	0	---	---	---	---	---
[3] -	39.1	3.40	39.1	446.33	312.80	462.08	473.25	270.50

**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] -	0	0.80	0	---	27.46	---	38.00
[3] -	39.1	3.40	39.1	234.60	107.78	277.61	212.39

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	0	0.80	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[3] -	39.1	3.40	39.1	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] -	0	0.80	0	Terzaghi-Peck 1948	1.34
[3] -	39.1	3.40	39.1	Terzaghi-Peck 1948	1.78

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] -	0	0.80	0	Terzaghi-Peck 1948	1.84
[3] -	39.1	3.40	39.1	Terzaghi-Peck 1948	2.10

**Modulo di Poisson**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	0	0.80	0	(A.G.I.)	0.35
[3] -	39.1	3.40	39.1	(A.G.I.)	0.28

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	0	0.80	0	---	---
[3] -	39.1	3.40	39.1	2039.67	1174.17

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	0	0.80	0	Ohta & Goto (1978) Limi	0
[3] -	39.1	3.40	39.1	Ohta & Goto (1978) Limi	161.46

**Liquefazione**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	0	0.80	0	Seed e Idriss (1971)	--
[3] -	39.1	3.40	39.1	Seed e Idriss (1971)	--

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] -	0	0.80	0		---
[3] -	39.1	3.40	39.1		---

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] -	0	0.80	0		---
[3] -	39.1	3.40	39.1		---

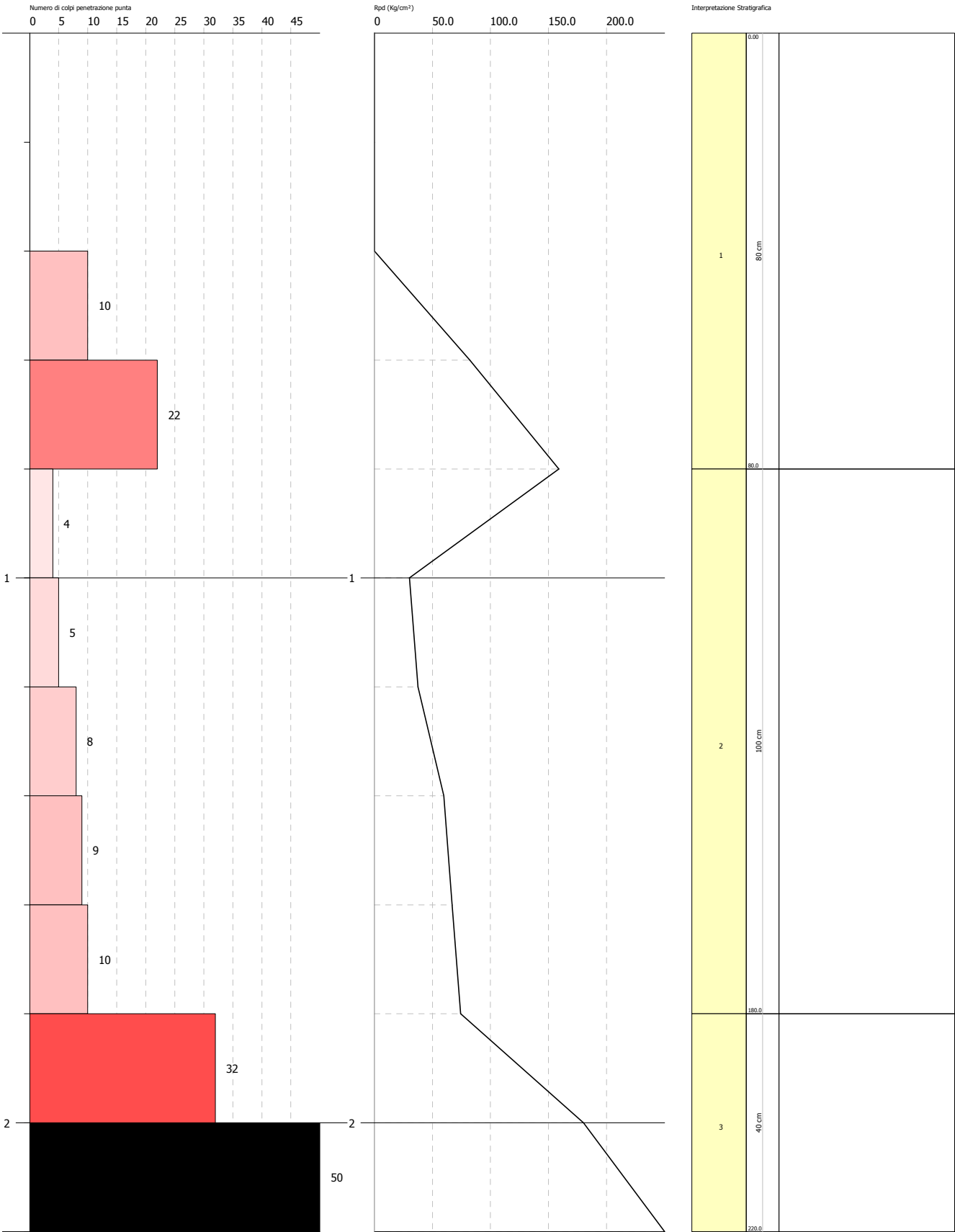


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3  
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente:  
Descrizione:  
Località:

Date: 15/04/2021

Scala 1:10



PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)  
 Prova eseguita in data 15/04/2021  
 Profondità prova 2.20 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Minimo

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	0	0.855	0.00	0.00	0.00	0.00
0.40	0	0.851	0.00	0.00	0.00	0.00
0.60	10	0.847	82.31	97.18	4.12	4.86
0.80	22	0.743	158.92	213.79	7.95	10.69
1.00	4	0.840	30.20	35.96	1.51	1.80
1.20	5	0.836	37.59	44.95	1.88	2.25
1.40	8	0.833	59.90	71.92	2.99	3.60
1.60	9	0.830	67.12	80.91	3.36	4.05
1.80	10	0.826	74.29	89.90	3.71	4.49
2.00	32	0.673	180.16	267.63	9.01	13.38
2.20	50	0.620	259.32	418.17	12.97	20.91

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.8	0	0	Incoerente	0	1.3	1.86	0.05	1.5	0	
1.8	4	35.96	Coesivo	0	1.81	1.89	0.19	1.5	6.02	
2.2	32	267.63	Incoerente	0	2.23	2.15	0.33	1.5	48.13	

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

#### TERRENI COESIVI

##### Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[2] -	6.02	1.80	0.38	0.75	0.25	0.24	0.59	1.08	0.54	0.88	0.30	0.84	0.75

##### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] -	6.02	1.80	Robertson (1983)	12.04

##### Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[2] -	6.02	1.80	27.62	--	63.19	75.25

##### Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[2] -	6.02	1.80	48.83	60.20

##### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] -	6.02	1.80	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

##### Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[2] -	6.02	1.80	Meyerhof	1.81

Peso unità di volume saturo				
	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[2] -	6.02	1.80	Meyerhof	1.89

Velocità onde di taglio				
	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] -	6.02	1.80		0

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa						
	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	0	0.80	0	0	0	6.23
[3] -	48.13	2.20	73.56	100	100	78.82

Angolo di resistenza al taglio													
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)							
[1] -	0	0.80	0	27	20	28							
[3] -	48.13	2.20	48.13										

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] -	0	0.80	0	---	---	---	---	---	
[3] -	48.13	2.20	48.13	495.20	385.04	568.63	540.98	315.65	

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] -	0	0.80	0	---	27.46	---	38.00	
[3] -	48.13	2.20	48.13	288.78	126.33	341.72	252.66	

Classificazione AGI					
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	0	0.80	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[3] -	48.13	2.20	48.13	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume					
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] -	0	0.80	0	Terzaghi-Peck 1948	1.34
[3] -	48.13	2.20	48.13	Terzaghi-Peck 1948	1.84

Peso unità di volume saturo					
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] -	0	0.80	0	Terzaghi-Peck 1948	1.84
[3] -	48.13	2.20	48.13	Terzaghi-Peck 1948	2.14

Modulo di Poisson					
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	0	0.80	0	(A.G.I.)	0.35
[3] -	48.13	2.20	48.13	(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] -	0	0.80	0	---	---
[3] -	48.13	2.20	48.13	2479.62	1333.11

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	0	0.80	0	Ohta & Goto (1978) Limi	0
[3] -	48.13	2.20	48.13	Ohta & Goto (1978) Limi	152.85

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	0	0.80	0	Seed e Idriss (1971)	--
[3] -	48.13	2.20	48.13	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] -	0	0.80	0		---
[3] -	48.13	2.20	48.13		---

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] -	0	0.80	0		---
[3] -	48.13	2.20	48.13		---

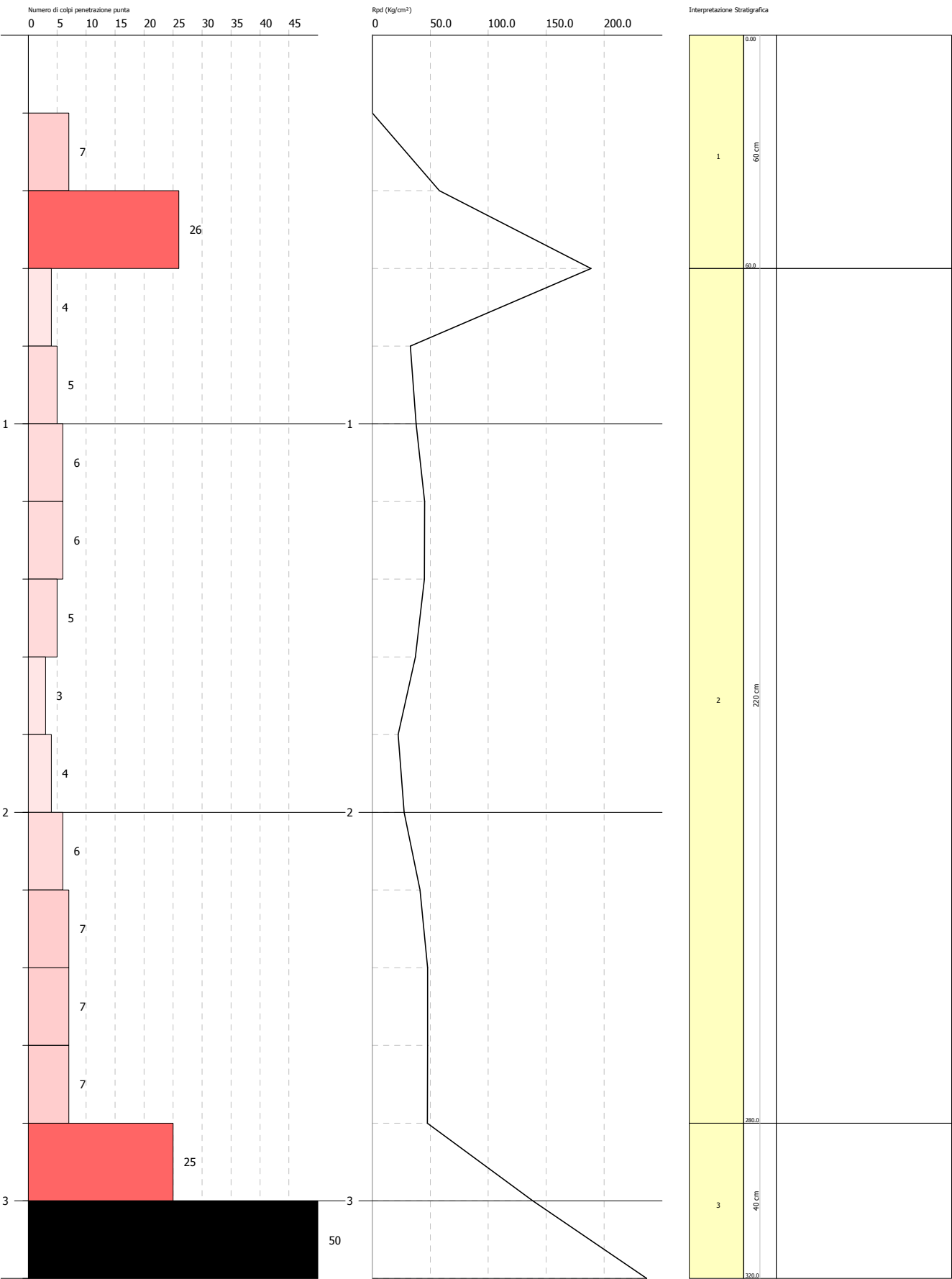


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4  
Strumento utilizzato... DPHS (Dinamic Probing Super Heavy)

Comittente:  
Descrizione:  
Località:

Data: 15/04/2021

Scala 1:14



PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)  
 Prova eseguita in data 15/04/2021  
 Profondità prova 3.20 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Minimo

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	0	0.855	0.00	0.00	0.00	0.00
0.40	7	0.851	57.87	68.02	2.89	3.40
0.60	26	0.747	188.74	252.66	9.44	12.63
0.80	4	0.843	32.78	38.87	1.64	1.94
1.00	5	0.840	37.75	44.95	1.89	2.25
1.20	6	0.836	45.11	53.94	2.26	2.70
1.40	6	0.833	44.92	53.94	2.25	2.70
1.60	5	0.830	37.29	44.95	1.86	2.25
1.80	3	0.826	22.29	26.97	1.11	1.35
2.00	4	0.823	27.54	33.45	1.38	1.67
2.20	6	0.820	41.15	50.18	2.06	2.51
2.40	7	0.817	47.84	58.54	2.39	2.93
2.60	7	0.814	47.67	58.54	2.38	2.93
2.80	7	0.811	47.50	58.54	2.38	2.93
3.00	25	0.709	138.52	195.46	6.93	9.77
3.20	50	0.606	236.90	390.92	11.85	19.55

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.6	0	0	Incoerente	0	1.3	1.86	0.04	1.5	0	
2.8	3	26.97	Coesivo	0	1.73	1.87	0.27	1.5	4.51	
3.2	25	195.46	Incoerente	0	2.19	2.09	0.5	1.5	37.6	

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

##### TERRENI COESIVI

##### Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[2] -	4.51	2.80	0.28	0.56	0.25	0.18	0.44	0.81	0.41	0.77	0.23	0.46	0.56

##### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[2] -	4.51	2.80	Robertson (1983)	9.02

##### Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[2] -	4.51	2.80	20.69	67.65	47.79	56.38

##### Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[2] -	4.51	2.80	31.47	45.10

##### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] -	4.51	2.80	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[2] -	4.51	2.80	Meyerhof	1.73

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[2] -	4.51	2.80	Meyerhof	1.87

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] -	4.51	2.80		0

**TERRENI INCOERENTI**

**Densità relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	0	0.60	0	0	0	6.23
[3] -	37.6	3.20	62.5	100	100	70.41

**Angolo di resistenza al taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)								
[1] -	0	0.60	0	27	20	28								
[3] -	37.6	3.20	37.6											

**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] -	0	0.60	0	---	---	---	---	---
[3] -	37.6	3.20	37.6	437.69	300.80	444.38	462.00	263.00

**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] -	0	0.60	0	---	27.46	---	38.00
[3] -	37.6	3.20	37.6	225.60	104.70	266.96	205.70

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	0	0.60	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[3] -	37.6	3.20	37.6	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] -	0	0.60	0	Terzaghi-Peck 1948	1.34
[3] -	37.6	3.20	37.6	Terzaghi-Peck 1948	1.76

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] -	0	0.60	0	Terzaghi-Peck 1948	1.84
[3] -	37.6	3.20	37.6	Terzaghi-Peck 1948	2.10

**Modulo di Poisson**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	0	0.60	0	(A.G.I.)	0.35
[3] -	37.6	3.20	37.6	(A.G.I.)	0.28

**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] -	0	0.60	0	---	---
[3] -	37.6	3.20	37.6	1966.03	1146.44

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	0	0.60	0	Ohta & Goto (1978) Limi	0
[3] -	37.6	3.20	37.6	Ohta & Goto (1978) Limi	158.38

**Liquefazione**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	0	0.60	0	Seed e Idriss (1971)	--
[3] -	37.6	3.20	37.6	Seed e Idriss (1971)	--

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] -	0	0.60	0		---
[3] -	37.6	3.20	37.6		---

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

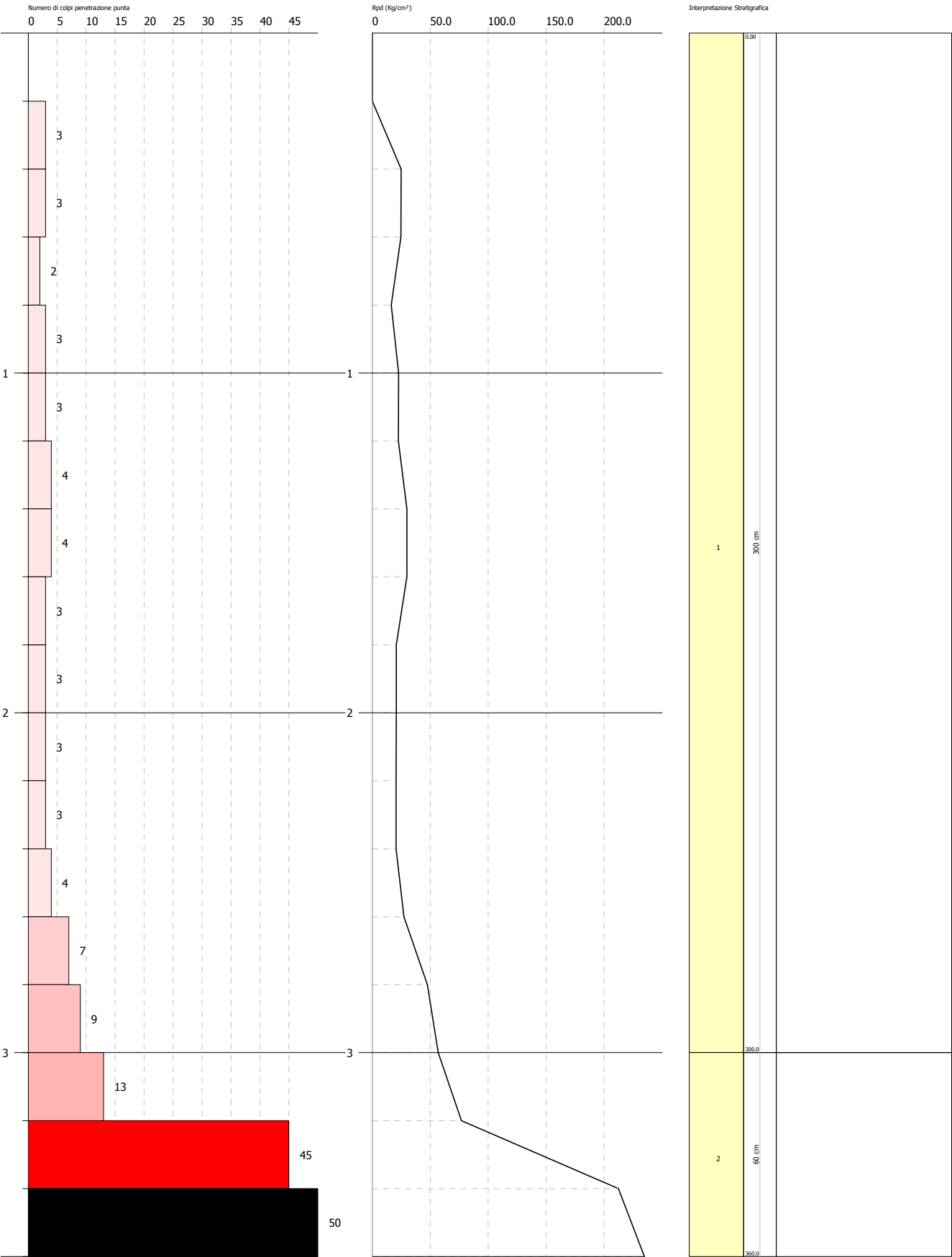
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] -	0	0.60	0		---
[3] -	37.6	3.20	37.6		---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.5  
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente:  
Descrizione:  
Località:

Data: 15/04/2021

Scala 1:16





PROVA ... Nr.5

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)  
 Prova eseguita in data 15/04/2021  
 Profondità prova 3.60 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Minimo

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	0	0.855	0.00	0.00	0.00	0.00
0.40	3	0.851	24.80	29.15	1.24	1.46
0.60	3	0.847	24.69	29.15	1.23	1.46
0.80	2	0.843	16.39	19.44	0.82	0.97
1.00	3	0.840	22.65	26.97	1.13	1.35
1.20	3	0.836	22.55	26.97	1.13	1.35
1.40	4	0.833	29.95	35.96	1.50	1.80
1.60	4	0.830	29.83	35.96	1.49	1.80
1.80	3	0.826	22.29	26.97	1.11	1.35
2.00	3	0.823	20.65	25.09	1.03	1.25
2.20	3	0.820	20.58	25.09	1.03	1.25
2.40	3	0.817	20.50	25.09	1.03	1.25
2.60	4	0.814	27.24	33.45	1.36	1.67
2.80	7	0.811	47.50	58.54	2.38	2.93
3.00	9	0.809	56.90	70.37	2.85	3.52
3.20	13	0.756	76.84	101.64	3.84	5.08
3.40	45	0.603	212.30	351.83	10.61	17.59
3.60	50	0.601	234.90	390.92	11.74	19.55

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
3	0	0	Coesivo	0	1.39	1.83	0.21	1.5	0	
3.6	13	101.64	Incoerente	0	1.98	1.98	0.48	1.5	19.55	

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] -	0	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] -	0	3.00	Robertson (1983)	---

#### Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	0	3.00	0.00	--	1.79	0.00

#### Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	0	3.00	-20.40	0.00

#### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	0	3.00	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] -	0	3.00	Meyerhof	1.39

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] -	0	3.00	Meyerhof	1.83

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	0	3.00		0

**TERRENI INCOERENTI**

**Densità relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[2] -	19.55	3.60	46.43	85.61	86.09	50.56

**Angolo di resistenza al taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)								
[2] -	19.55	3.60	19.55											

**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
[2] -	19.55	3.60	19.55	315.60	156.40	231.39	326.62	172.75

**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)
[2] -	19.55	3.60	19.55	117.30	67.62	138.80	125.19

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] -	19.55	3.60	19.55	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[2] -	19.55	3.60	19.55	Terzaghi-Peck 1948	1.59

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[2] -	19.55	3.60	19.55	Terzaghi-Peck 1948	1.99

**Modulo di Poisson**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] -	19.55	3.60	19.55	(A.G.I.)	0.32

**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)
[2] -	19.55	3.60	19.55	1063.14	768.78

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] -	19.55	3.60	19.55	Ohta & Goto (1978) Limi	144.07

**Liquefazione**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[2] -	19.55	3.60	19.55	Seed e Idriss (1971)	--

**Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$K_0$
[2] -	19.55	3.60	19.55		---

**$Q_c$  ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

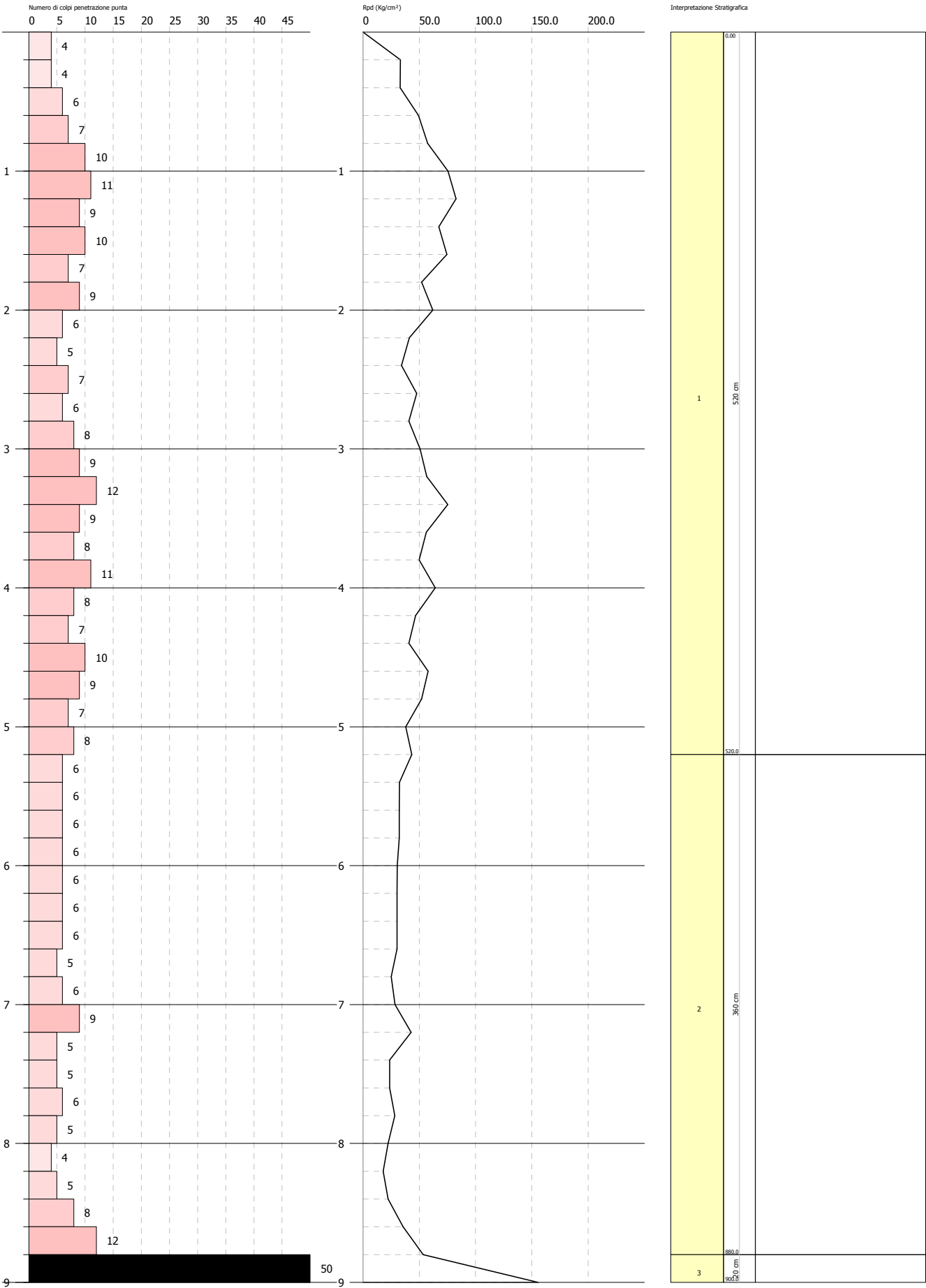
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$Q_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] -	19.55	3.60	19.55		---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.6  
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente:  
Descrizione:  
Località:

Data: 15/04/2021

Scala 1:38



PROVA ... Nr.6

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)  
 Prova eseguita in data 15/04/2021  
 Profondità prova 9.00 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Minimo

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	4	0.855	33.22	38.87	1.66	1.94
0.40	4	0.851	33.07	38.87	1.65	1.94
0.60	6	0.847	49.39	58.31	2.47	2.92
0.80	7	0.843	57.37	68.02	2.87	3.40
1.00	10	0.840	75.49	89.90	3.77	4.49
1.20	11	0.836	82.70	98.89	4.13	4.94
1.40	9	0.833	67.39	80.91	3.37	4.05
1.60	10	0.830	74.58	89.90	3.73	4.49
1.80	7	0.826	52.00	62.93	2.60	3.15
2.00	9	0.823	61.96	75.27	3.10	3.76
2.20	6	0.820	41.15	50.18	2.06	2.51
2.40	5	0.817	34.17	41.82	1.71	2.09
2.60	7	0.814	47.67	58.54	2.38	2.93
2.80	6	0.811	40.72	50.18	2.04	2.51
3.00	8	0.809	50.58	62.55	2.53	3.13
3.20	9	0.806	56.72	70.37	2.84	3.52
3.40	12	0.803	75.38	93.82	3.77	4.69
3.60	9	0.801	56.35	70.37	2.82	3.52
3.80	8	0.798	49.94	62.55	2.50	3.13
4.00	11	0.796	64.27	80.74	3.21	4.04
4.20	8	0.794	46.61	58.72	2.33	2.94
4.40	7	0.791	40.67	51.38	2.03	2.57
4.60	10	0.789	57.93	73.40	2.90	3.67
4.80	9	0.787	52.00	66.06	2.60	3.30
5.00	7	0.785	38.01	48.42	1.90	2.42
5.20	8	0.783	43.33	55.34	2.17	2.77
5.40	6	0.781	32.42	41.50	1.62	2.08
5.60	6	0.779	32.34	41.50	1.62	2.08
5.80	6	0.777	32.26	41.50	1.61	2.08
6.00	6	0.775	30.43	39.24	1.52	1.96
6.20	6	0.774	30.36	39.24	1.52	1.96
6.40	6	0.772	30.29	39.24	1.51	1.96
6.60	6	0.770	30.23	39.24	1.51	1.96
6.80	5	0.769	25.14	32.70	1.26	1.64
7.00	6	0.767	28.55	37.21	1.43	1.86
7.20	9	0.766	42.74	55.82	2.14	2.79
7.40	5	0.764	23.70	31.01	1.18	1.55
7.60	5	0.763	23.65	31.01	1.18	1.55
7.80	6	0.761	28.33	37.21	1.42	1.86
8.00	5	0.760	22.41	29.49	1.12	1.47
8.20	4	0.759	17.89	23.59	0.89	1.18
8.40	5	0.757	22.33	29.49	1.12	1.47
8.60	8	0.756	35.67	47.18	1.78	2.36
8.80	12	0.755	53.41	70.77	2.67	3.54
9.00	50	0.553	155.56	281.06	7.78	14.05

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
5.2	4	38.87	Coesivo	0	1.81	1.89	0.47	1.5	6.02	
8.8	4	23.59	Coesivo	0	1.81	1.89	1.27	1.5	6.02	
9	50	281.06	Incoerente	0	2.5	2.2	1.62	1.5	75.2	



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.6

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] -	6.02	5.20	0.38	0.75	0.25	0.24	0.59	1.17	0.54	0.88	0.30	0.40	0.75
[2] -	6.02	8.80	0.38	0.75	0.25	0.24	0.59	0.71	0.54	0.88	0.30	0.00	0.75

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] -	6.02	5.20	Robertson (1983)	12.04
[2] -	6.02	8.80	Robertson (1983)	12.04

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	6.02	5.20	27.62	--	63.19	75.25
[2] -	6.02	8.80	27.62	--	63.19	75.25

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	6.02	5.20	48.83	60.20
[2] -	6.02	8.80	48.83	60.20

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	6.02	5.20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] -	6.02	8.80	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] -	6.02	5.20	Meyerhof	1.81
[2] -	6.02	8.80	Meyerhof	1.81

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] -	6.02	5.20	Meyerhof	1.89
[2] -	6.02	8.80	Meyerhof	1.89

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	6.02	5.20		0
[2] -	6.02	8.80		0

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[3] -	75.2	9.00	63.95	100	100	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)	Japanes e National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[3] -	75.2	9.00	75.2	48.49	41.49	49.06	30.95	41.44	42	>38	48.59	49.56	50.57	53.78

**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
[3] -	75.2	9.00	75.2	618.98	601.60	888.06	744.00	451.00

**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)
[3] -	75.2	9.00	75.2	451.20	181.93	533.92	373.39

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[3] -	75.2	9.00	75.2	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[3] -	75.2	9.00	75.2	Terzaghi-Peck 1948	1.96

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[3] -	75.2	9.00	75.2	Terzaghi-Peck 1948	2.21

**Modulo di Poisson**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[3] -	75.2	9.00	75.2	(A.G.I.)	0.2

**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)
[3] -	75.2	9.00	75.2	3771.88	1750.97

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[3] -	75.2	9.00	75.2	Ohta & Goto (1978) Limi	220.26

**Liquefazione**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[3] -	75.2	9.00	75.2	Seed e Idriss (1971)	--

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[3] -	75.2	9.00	75.2		---

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

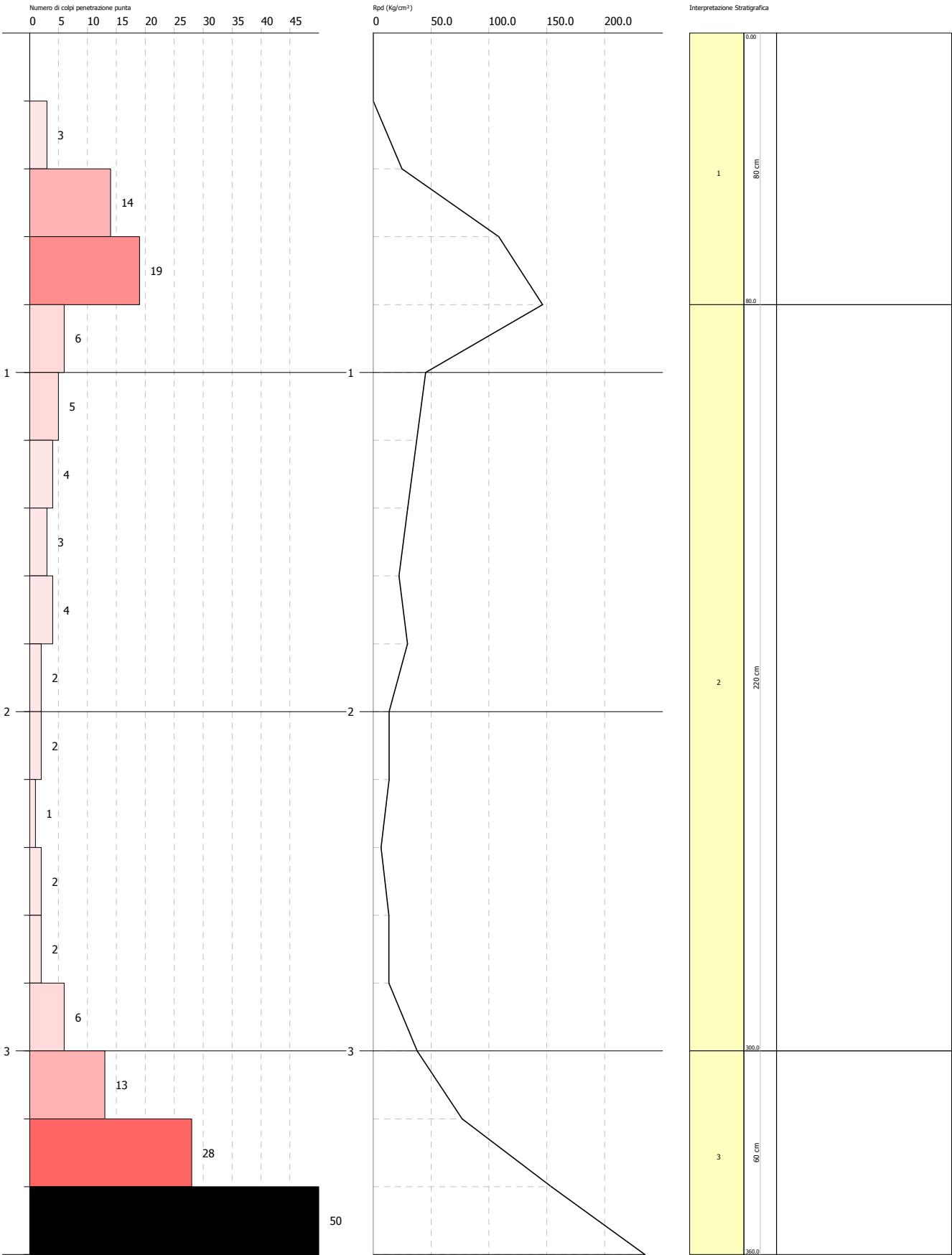
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[3] -	75.2	9.00	75.2		---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.7  
Strumento utilizzato... DPH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente:  
Descrizione:  
Località:

Data: 15/04/2021

Scala 1:16



PROVA ... Nr.7

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)  
 Prova eseguita in data 15/04/2021  
 Profondità prova 3.60 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Minimo

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	0	0.855	0.00	0.00	0.00	0.00
0.40	3	0.851	24.80	29.15	1.24	1.46
0.60	14	0.797	108.43	136.05	5.42	6.80
0.80	19	0.793	146.48	184.64	7.32	9.23
1.00	6	0.840	45.30	53.94	2.26	2.70
1.20	5	0.836	37.59	44.95	1.88	2.25
1.40	4	0.833	29.95	35.96	1.50	1.80
1.60	3	0.830	22.37	26.97	1.12	1.35
1.80	4	0.826	29.71	35.96	1.49	1.80
2.00	2	0.823	13.77	16.73	0.69	0.84
2.20	2	0.820	13.72	16.73	0.69	0.84
2.40	1	0.817	6.83	8.36	0.34	0.42
2.60	2	0.814	13.62	16.73	0.68	0.84
2.80	2	0.811	13.57	16.73	0.68	0.84
3.00	6	0.809	37.94	46.91	1.90	2.35
3.20	13	0.756	76.84	101.64	3.84	5.08
3.40	28	0.703	153.99	218.92	7.70	10.95
3.60	50	0.601	234.90	390.92	11.74	19.55

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.8	0	0	Incoerente	0	1.3	1.86	0.05	1.5	0	
3	1	8.36	Coesivo	0	1.52	1.85	0.27	1.5	1.5	
3.6	13	101.64	Incoerente	0	1.98	1.98	0.5	1.5	19.55	

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.7

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[2] -	1.5	3.00	0.09	0.19	0.00	0.06	0.14	0.25	0.14	0.55	0.08	0.00	0.19

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[2] -	1.5	3.00	Robertson (1983)	3.00

#### Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[2] -	1.5	3.00	6.88	22.50	17.09	18.75

#### Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[2] -	1.5	3.00	-3.15	15.00

#### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] -	1.5	3.00	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[2] -	1.5	3.00	Meyerhof	1.52

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[2] -	1.5	3.00	Meyerhof	1.85

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] -	1.5	3.00		0

**TERRENI INCOERENTI**

**Densità relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	0	0.80	0	0	0	6.23
[3] -	19.55	3.60	46.03	84.84	85.1	50.56

**Angolo di resistenza al taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)								
[1] -	0	0.80	0	27	20	28								
[3] -	19.55	3.60	19.55											

**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] -	0	0.80	0	---	---	---	---	---
[3] -	19.55	3.60	19.55	315.60	156.40	231.39	326.62	172.75

**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] -	0	0.80	0	---	27.46	---	38.00
[3] -	19.55	3.60	19.55	117.30	67.62	138.80	125.19

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	0	0.80	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[3] -	19.55	3.60	19.55	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] -	0	0.80	0	Terzaghi-Peck 1948	1.34
[3] -	19.55	3.60	19.55	Terzaghi-Peck 1948	1.59

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] -	0	0.80	0	Terzaghi-Peck 1948	1.84
[3] -	19.55	3.60	19.55	Terzaghi-Peck 1948	1.99

**Modulo di Poisson**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	0	0.80	0	(A.G.I.)	0.35
[3] -	19.55	3.60	19.55	(A.G.I.)	0.32



**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	0	0.80	0	---	---
[3] -	19.55	3.60	19.55	1063.14	768.78

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	0	0.80	0	Ohta & Goto (1978) Limi	0
[3] -	19.55	3.60	19.55	Ohta & Goto (1978) Limi	144.07

**Liquefazione**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	0	0.80	0	Seed e Idriss (1971)	--
[3] -	19.55	3.60	19.55	Seed e Idriss (1971)	--

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] -	0	0.80	0		---
[3] -	19.55	3.60	19.55		---

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

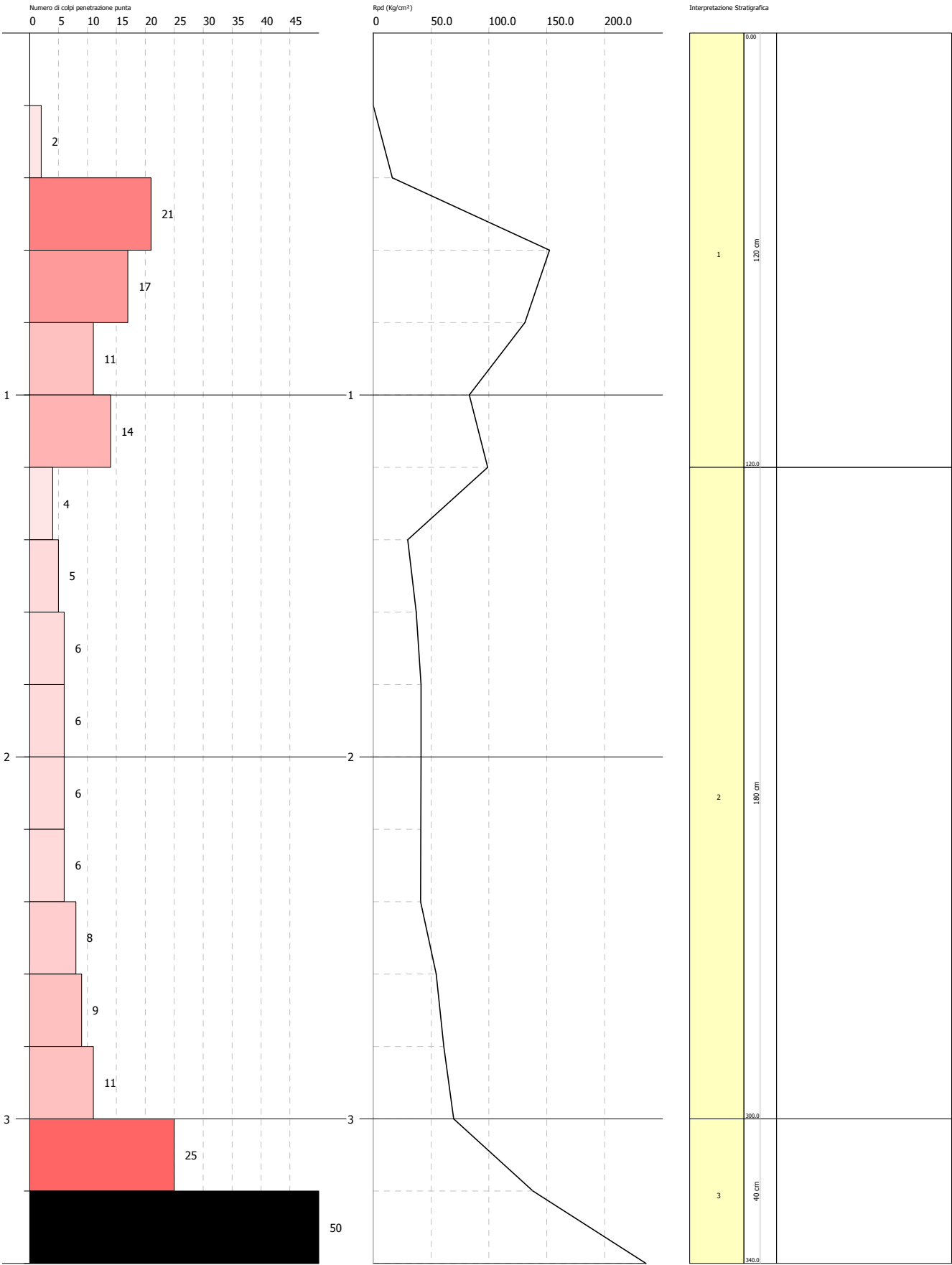
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] -	0	0.80	0		---
[3] -	19.55	3.60	19.55		---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.8  
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente:  
Descrizione:  
Località:

Data: 15/04/2021

Scala 1:15



PROVA ... Nr.8

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)  
 Prova eseguita in data 15/04/2021  
 Profondità prova 3.40 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Minimo

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	0	0.855	0.00	0.00	0.00	0.00
0.40	2	0.851	16.54	19.44	0.83	0.97
0.60	21	0.747	152.44	204.07	7.62	10.20
0.80	17	0.793	131.06	165.20	6.55	8.26
1.00	11	0.840	83.04	98.89	4.15	4.94
1.20	14	0.786	98.96	125.86	4.95	6.29
1.40	4	0.833	29.95	35.96	1.50	1.80
1.60	5	0.830	37.29	44.95	1.86	2.25
1.80	6	0.826	44.57	53.94	2.23	2.70
2.00	6	0.823	41.31	50.18	2.07	2.51
2.20	6	0.820	41.15	50.18	2.06	2.51
2.40	6	0.817	41.00	50.18	2.05	2.51
2.60	8	0.814	54.48	66.91	2.72	3.35
2.80	9	0.811	61.08	75.27	3.05	3.76
3.00	11	0.809	69.55	86.00	3.48	4.30
3.20	25	0.706	138.00	195.46	6.90	9.77
3.40	50	0.603	235.88	390.92	11.79	19.55

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1.2	0	0	Incoerente - coesivo	0	1.39	1.83	0.08	1.5	0	
3	4	35.96	Coesivo	0	1.81	1.89	0.33	1.5	6.02	
3.4	25	195.46	Incoerente	0	2.19	2.09	0.54	1.5	37.6	

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.8

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] -	0	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00
[2] -	6.02	3.00	0.38	0.75	0.25	0.24	0.59	1.08	0.54	0.88	0.30	0.69	0.75

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] -	0	1.20	Robertson (1983)	---
[2] -	6.02	3.00	Robertson (1983)	12.04

#### Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	0	1.20	0.00	--	1.79	0.00
[2] -	6.02	3.00	27.62	--	63.19	75.25

#### Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	0	1.20	-20.40	0.00
[2] -	6.02	3.00	48.83	60.20

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	0	1.20	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[2] -	6.02	3.00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] -	0	1.20	Meyerhof	1.39
[2] -	6.02	3.00	Meyerhof	1.81

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] -	0	1.20	Meyerhof	1.83
[2] -	6.02	3.00	Meyerhof	1.89

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	0	1.20		0
[2] -	6.02	3.00		0

**TERRENI INCOERENTI**

**Densità relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	0	1.20	0	0	0	6.23
[3] -	37.6	3.40	61.8	100	100	70.41

**Angolo di resistenza al taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)								
[1] -	0	1.20	0	27	20	28								
[3] -	37.6	3.40	37.6											

**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] -	0	1.20	0	---	---	---	---	---
[3] -	37.6	3.40	37.6	437.69	300.80	444.38	462.00	263.00

**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] -	0	1.20	0	---	27.46	---	38.00
[3] -	37.6	3.40	37.6	225.60	104.70	266.96	205.70

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	0	1.20	0	Classificazione A.G.I.	SCIOLTO
[3] -	37.6	3.40	37.6	Classificazione A.G.I.	ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] -	0	1.20	0	Terzaghi-Peck 1948	1.34
[3] -	37.6	3.40	37.6	Terzaghi-Peck 1948	1.76

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] -	0	1.20	0	Terzaghi-Peck 1948	1.84
[3] -	37.6	3.40	37.6	Terzaghi-Peck 1948	2.10

**Modulo di Poisson**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	0	1.20	0	(A.G.I.)	0.35
[3] -	37.6	3.40	37.6	(A.G.I.)	0.28

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	0	1.20	0	---	---
[3] -	37.6	3.40	37.6	1966.03	1146.44

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	0	1.20	0	Ohta & Goto (1978) Limi	0
[3] -	37.6	3.40	37.6	Ohta & Goto (1978) Limi	160.37

**Liquefazione**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	0	1.20	0	Seed e Idriss (1971)	--
[3] -	37.6	3.40	37.6	Seed e Idriss (1971)	--

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] -	0	1.20	0		---
[3] -	37.6	3.40	37.6		---

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] -	0	1.20	0		---
[3] -	37.6	3.40	37.6		---

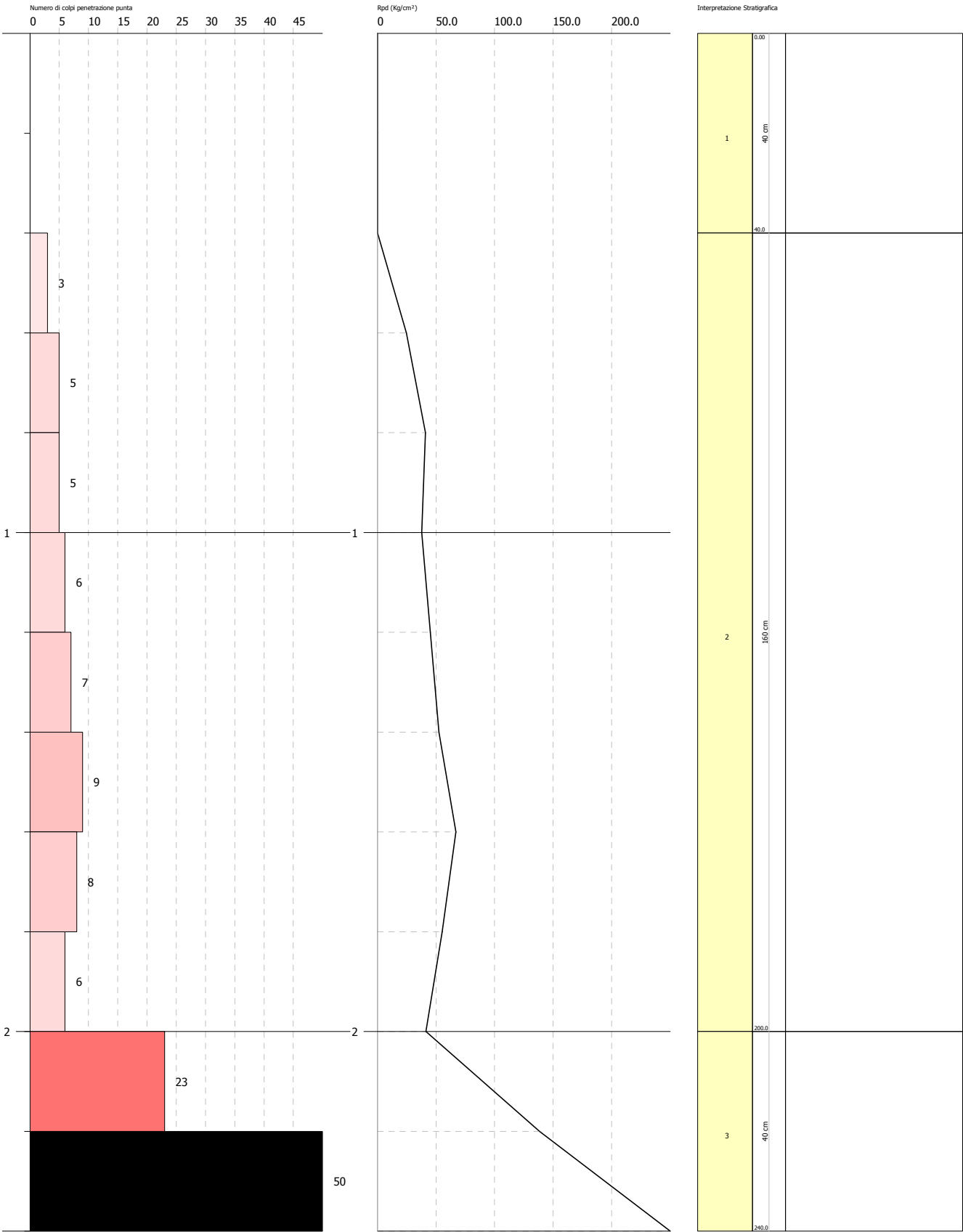


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.9  
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente:  
Descrizione:  
Località:

Date: 15/04/2021

Scala 1:11



PROVA ... Nr.9

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)  
 Prova eseguita in data 15/04/2021  
 Profondità prova 2.40 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Minimo

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	0	0.855	0.00	0.00	0.00	0.00
0.40	0	0.851	0.00	0.00	0.00	0.00
0.60	3	0.847	24.69	29.15	1.23	1.46
0.80	5	0.843	40.98	48.59	2.05	2.43
1.00	5	0.840	37.75	44.95	1.89	2.25
1.20	6	0.836	45.11	53.94	2.26	2.70
1.40	7	0.833	52.41	62.93	2.62	3.15
1.60	9	0.830	67.12	80.91	3.36	4.05
1.80	8	0.826	59.43	71.92	2.97	3.60
2.00	6	0.823	41.31	50.18	2.07	2.51
2.20	23	0.720	138.52	192.36	6.93	9.62
2.40	50	0.617	258.07	418.17	12.90	20.91

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.4	0	0	Incoerente	0	1.3	1.86	0.03	1.5	0	
2	3	29.15	Coesivo	0	1.73	1.87	0.19	1.5	4.51	
2.4	23	192.36	Incoerente	0	2.17	2.07	0.37	1.5	34.59	

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.9

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[2] -	4.51	2.00	0.28	0.56	0.25	0.18	0.44	0.87	0.41	0.77	0.23	0.56	0.56

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[2] -	4.51	2.00	Robertson (1983)	9.02

#### Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[2] -	4.51	2.00	20.69	67.65	47.79	56.38

#### Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[2] -	4.51	2.00	31.47	45.10

#### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] -	4.51	2.00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

#### Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[2] -	4.51	2.00	Meyerhof	1.73

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[2] -	4.51	2.00	Meyerhof	1.87

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] -	4.51	2.00		0

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	0	0.40	0	0	0	6.23
[3] -	34.59	2.40	63.1	100	100	67.84

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)							
[1] -	0	0.40	0	27	20	28							
[3] -	34.59	2.40	34.59										

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] -	0	0.40	0	---	---	---	---	---
[3] -	34.59	2.40	34.59	419.80	276.72	408.86	439.42	247.95

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] -	0	0.40	0	---	27.46	---	38.00
[3] -	34.59	2.40	34.59	207.54	98.51	245.59	192.27

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	0	0.40	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[3] -	34.59	2.40	34.59	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] -	0	0.40	0	Terzaghi-Peck 1948	1.34
[3] -	34.59	2.40	34.59	Terzaghi-Peck 1948	1.74

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] -	0	0.40	0	Terzaghi-Peck 1948	1.84
[3] -	34.59	2.40	34.59	Terzaghi-Peck 1948	2.08

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	0	0.40	0	(A.G.I.)	0.35
[3] -	34.59	2.40	34.59	(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] -	0	0.40	0	---	---
[3] -	34.59	2.40	34.59	1817.72	1089.45

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	0	0.40	0	Ohta & Goto (1978) Limi	0
[3] -	34.59	2.40	34.59	Ohta & Goto (1978) Limi	147.04

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	0	0.40	0	Seed e Idriss (1971)	--
[3] -	34.59	2.40	34.59	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] -	0	0.40	0		---
[3] -	34.59	2.40	34.59		---

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

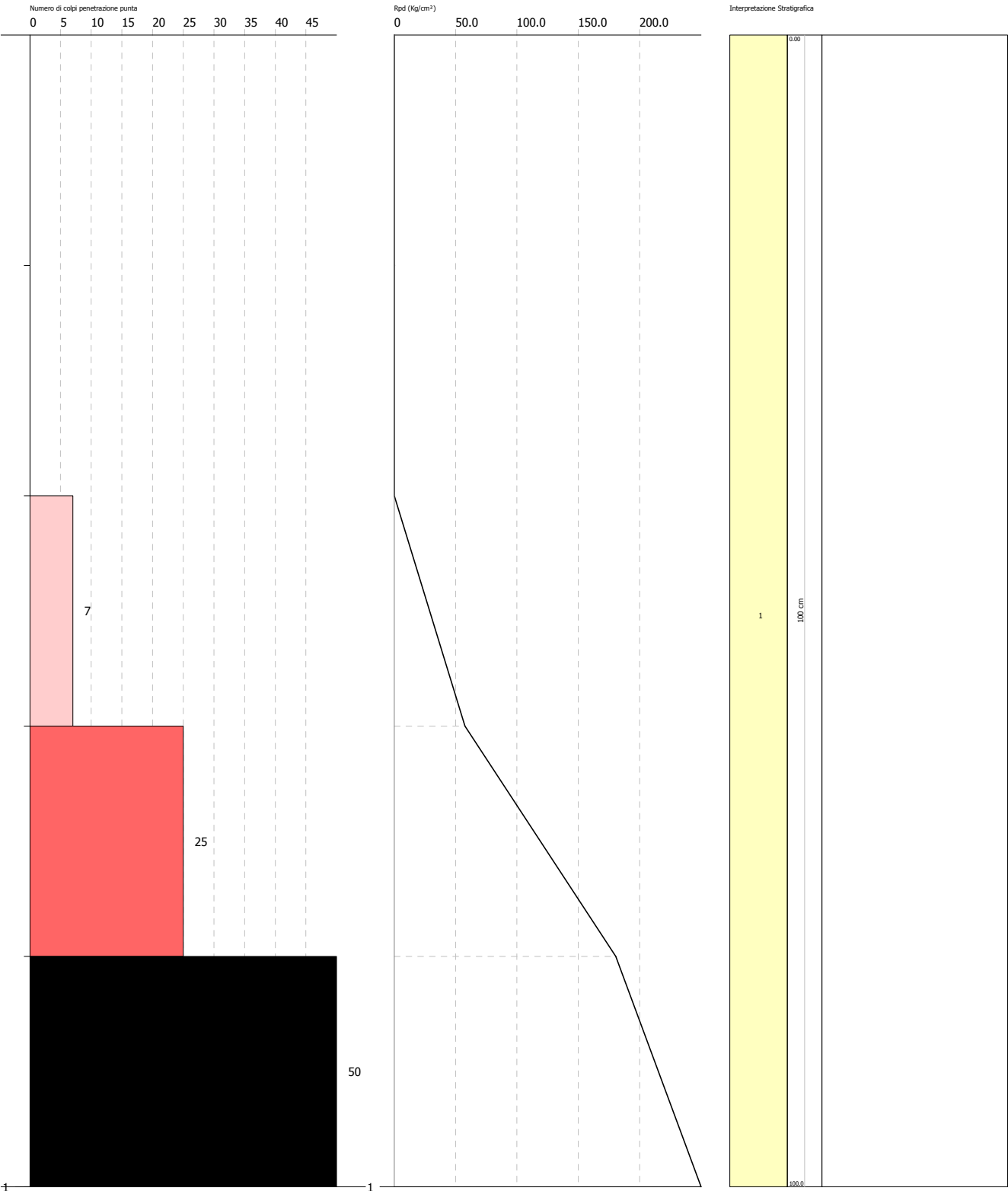
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] -	0	0.40	0		---
[3] -	34.59	2.40	34.59		---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.10  
Strumento utilizzato... DPHS (Dynamic Probing Super Heavy)

Committee:  
Description:  
Location:

Date: 15/04/2021

Scale 1:5



PROVA ... Nr.10

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)  
 Prova eseguita in data 15/04/2021  
 Profondità prova 1.00 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Minimo

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	0	0.855	0.00	0.00	0.00	0.00
0.40	0	0.851	0.00	0.00	0.00	0.00
0.60	7	0.847	57.62	68.02	2.88	3.40
0.80	25	0.743	180.59	242.95	9.03	12.15
1.00	50	0.640	287.57	449.49	14.38	22.47

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1	0	0	Incoerente	0	1.3	1.86	0.07	1.5	0	

## TERRENI INCOERENTI

### Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	0	1.00	0	0	0	6.23

### Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)								
[1] -	0	1.00	0	27	20	28								

### 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] -	0	1.00	0	---	---	---	---	---

### 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] -	0	1.00	0	---	27.46	---	38.00

### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	0	1.00	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO

### Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] -	0	1.00	0	Terzaghi-Peck 1948	1.34

### Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] -	0	1.00	0	Terzaghi-Peck 1948	1.84



**Modulo di Poisson**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	0	1.00	0	(A.G.I.)	0.35

**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] -	0	1.00	0	---	---

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	0	1.00	0	Ohta & Goto (1978) Limi	0

**Liquefazione**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	0	1.00	0	Seed e Idriss (1971)	--

**Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \sigma_{H0} / P_0$** 

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$K_0$
[1] -	0	1.00	0		---

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

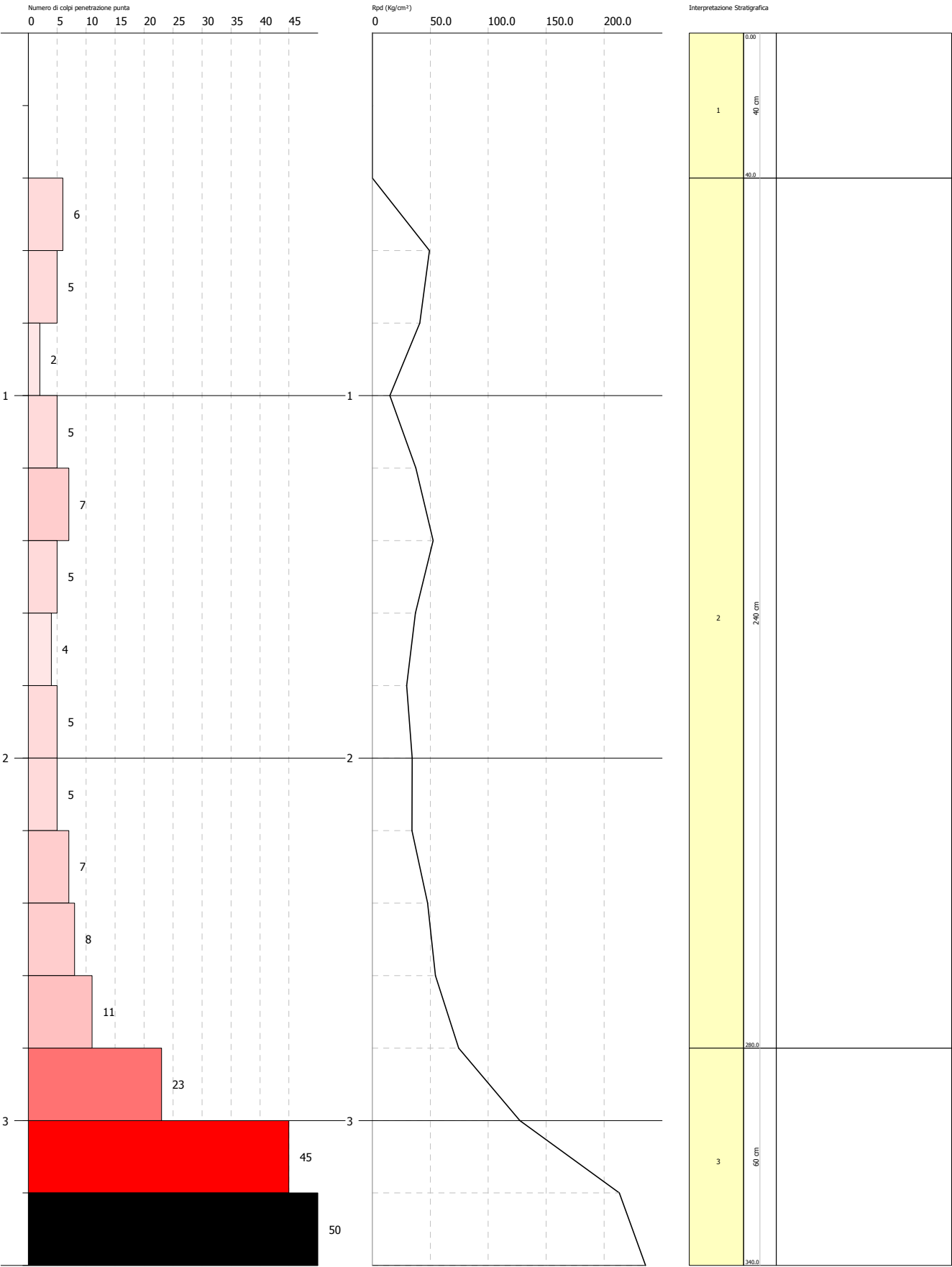
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] -	0	1.00	0		---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.11  
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente:  
Descrizione:  
Località:

Data: 16/04/2021

Scala 1:15



PROVA ... Nr.11

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)  
 Prova eseguita in data 16/04/2021  
 Profondità prova 3.40 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Minimo

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	0	0.855	0.00	0.00	0.00	0.00
0.40	0	0.851	0.00	0.00	0.00	0.00
0.60	6	0.847	49.39	58.31	2.47	2.92
0.80	5	0.843	40.98	48.59	2.05	2.43
1.00	2	0.840	15.10	17.98	0.75	0.90
1.20	5	0.836	37.59	44.95	1.88	2.25
1.40	7	0.833	52.41	62.93	2.62	3.15
1.60	5	0.830	37.29	44.95	1.86	2.25
1.80	4	0.826	29.71	35.96	1.49	1.80
2.00	5	0.823	34.42	41.82	1.72	2.09
2.20	5	0.820	34.29	41.82	1.71	2.09
2.40	7	0.817	47.84	58.54	2.39	2.93
2.60	8	0.814	54.48	66.91	2.72	3.35
2.80	11	0.811	74.65	92.00	3.73	4.60
3.00	23	0.709	127.44	179.83	6.37	8.99
3.20	45	0.606	213.21	351.83	10.66	17.59
3.40	50	0.603	235.88	390.92	11.79	19.55

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.4	0	0	Incoerente	0	1.3	1.86	0.03	1.5	0	
2.8	2	17.98	Coesivo	0	1.64	1.86	0.25	1.5	3.01	
3.4	23	179.82	Incoerente	0	2.17	2.07	0.51	1.5	34.59	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.11

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[2] -	3.01	2.80	0.19	0.38	0.15	0.12	0.29	0.54	0.27	0.66	0.15	0.21	0.38

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[2] -	3.01	2.80	Robertson (1983)	6.02

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[2] -	3.01	2.80	13.81	45.15	32.49	37.63

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[2] -	3.01	2.80	14.22	30.10

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] -	3.01	2.80	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[2] -	3.01	2.80	Meyerhof	1.64

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[2] -	3.01	2.80	Meyerhof	1.86

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] -	3.01	2.80		0

**TERRENI INCOERENTI**

**Densità relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	0	0.40	0	0	0	6.23
[3] -	34.59	3.40	60.09	100	100	67.84

**Angolo di resistenza al taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)								
[1] -	0	0.40	0	27	20	28								
[3] -	34.59	3.40	34.59											

**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] -	0	0.40	0	---	---	---	---	---
[3] -	34.59	3.40	34.59	419.80	276.72	408.86	439.42	247.95

**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] -	0	0.40	0	---	27.46	---	38.00
[3] -	34.59	3.40	34.59	207.54	98.51	245.59	192.27

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	0	0.40	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[3] -	34.59	3.40	34.59	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] -	0	0.40	0	Terzaghi-Peck 1948	1.34
[3] -	34.59	3.40	34.59	Terzaghi-Peck 1948	1.74

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] -	0	0.40	0	Terzaghi-Peck 1948	1.84
[3] -	34.59	3.40	34.59	Terzaghi-Peck 1948	2.08

**Modulo di Poisson**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	0	0.40	0	(A.G.I.)	0.35
[3] -	34.59	3.40	34.59	(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] -	0	0.40	0	---	---
[3] -	34.59	3.40	34.59	1817.72	1089.45

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	0	0.40	0	Ohta & Goto (1978) Limi	0
[3] -	34.59	3.40	34.59	Ohta & Goto (1978) Limi	157.11

**Liquefazione**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	0	0.40	0	Seed e Idriss (1971)	--
[3] -	34.59	3.40	34.59	Seed e Idriss (1971)	--

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] -	0	0.40	0		---
[3] -	34.59	3.40	34.59		---

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

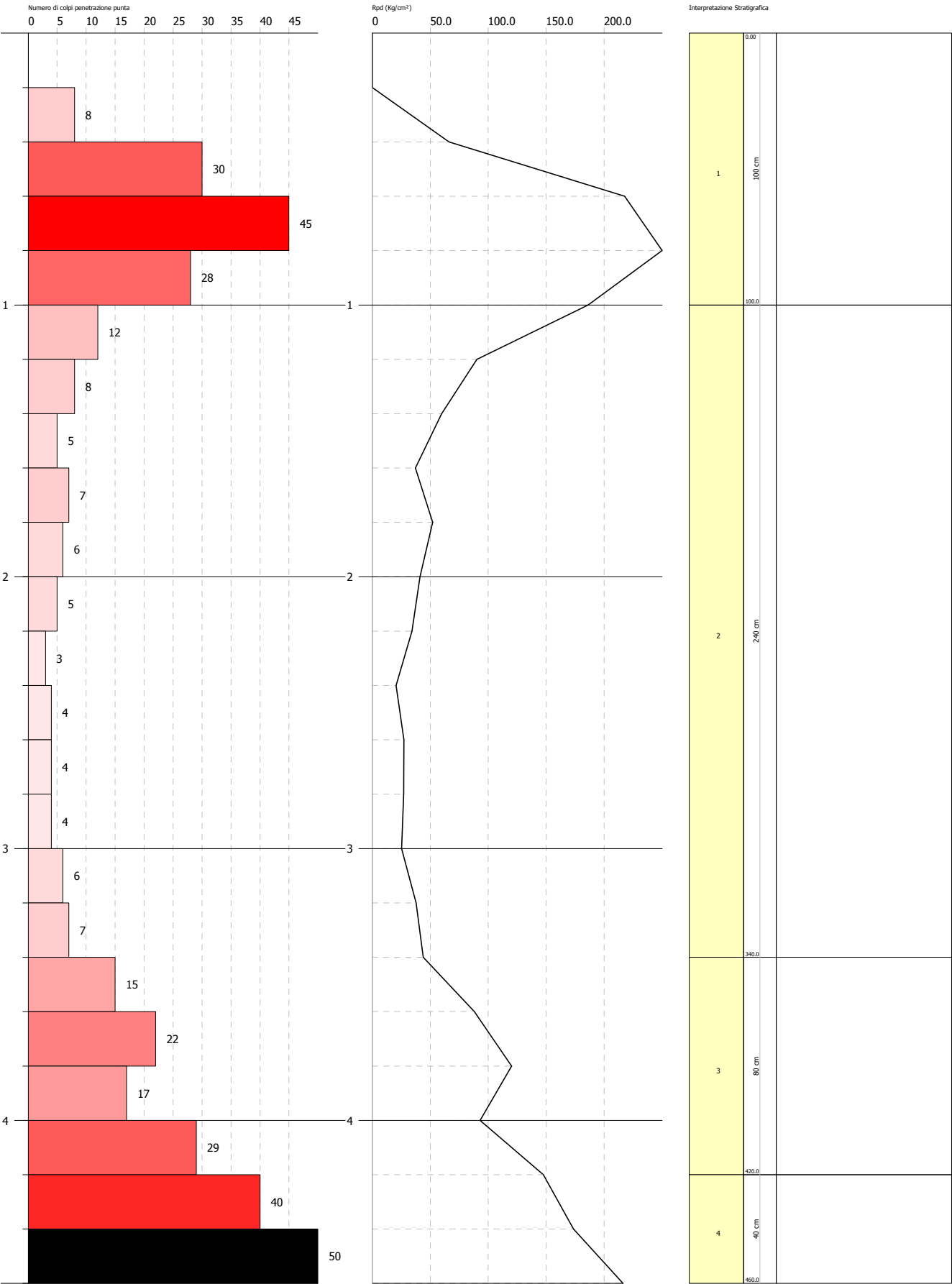
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] -	0	0.40	0		---
[3] -	34.59	3.40	34.59		---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.12  
Strumento utilizzato... DPH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente:  
Descrizione:  
Località:

Data: 20/04/2021

Scala 1:20





PROVA ... Nr.12

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)  
 Prova eseguita in data 20/04/2021  
 Profondità prova 4.60 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Minimo

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	0	0.855	0.00	0.00	0.00	0.00
0.40	8	0.851	66.14	77.74	3.31	3.89
0.60	30	0.747	217.78	291.53	10.89	14.58
0.80	45	0.643	281.33	437.30	14.07	21.87
1.00	28	0.740	186.21	251.72	9.31	12.59
1.20	12	0.836	90.21	107.88	4.51	5.39
1.40	8	0.833	59.90	71.92	2.99	3.60
1.60	5	0.830	37.29	44.95	1.86	2.25
1.80	7	0.826	52.00	62.93	2.60	3.15
2.00	6	0.823	41.31	50.18	2.07	2.51
2.20	5	0.820	34.29	41.82	1.71	2.09
2.40	3	0.817	20.50	25.09	1.03	1.25
2.60	4	0.814	27.24	33.45	1.36	1.67
2.80	4	0.811	27.14	33.45	1.36	1.67
3.00	4	0.809	25.29	31.27	1.26	1.56
3.20	6	0.806	37.81	46.91	1.89	2.35
3.40	7	0.803	43.97	54.73	2.20	2.74
3.60	15	0.751	88.06	117.28	4.40	5.86
3.80	22	0.698	120.13	172.01	6.01	8.60
4.00	17	0.746	93.09	124.78	4.65	6.24
4.20	29	0.694	147.67	212.87	7.38	10.64
4.40	40	0.591	173.65	293.61	8.68	14.68
4.60	50	0.589	216.26	367.01	10.81	18.35

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1	0	0	Incoerente	0	1.3	1.86	0.07	1.5	0	
3.4	3	25.09	Coesivo	0	1.73	1.87	0.34	1.5	4.51	
4.2	15	117.28	Incoerente - coesivo	0	2.11	2.16	0.63	1.5	22.56	
4.6	40	293.61	Incoerente	0	2.29	2.17	0.76	1.5	60.16	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.12

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[2] -	4.51	3.40	0.28	0.56	0.25	0.18	0.44	0.75	0.41	0.77	0.23	0.39	0.56
[3] -	22.56	4.20	1.52	2.82	1.00	0.87	2.24	3.52	1.89	2.33	1.13	3.40	2.82

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[2] -	4.51	3.40	Robertson (1983)	9.02
[3] -	22.56	4.20	Robertson (1983)	45.12

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[2] -	4.51	3.40	20.69	67.65	47.79	56.38
[3] -	22.56	4.20	103.51	--	231.89	225.60

**Modulo di Young (Kg/cm²)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[2] -	4.51	3.40	31.47	45.10
[3] -	22.56	4.20	239.04	225.60

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] -	4.51	3.40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] -	22.56	4.20	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[2] -	4.51	3.40	Meyerhof	1.73
[3] -	22.56	4.20	Meyerhof	2.11

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[2] -	4.51	3.40	Meyerhof	1.87
[3] -	22.56	4.20	Meyerhof	2.16

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] -	4.51	3.40		0
[3] -	22.56	4.20		0

**TERRENI INCOERENTI**

**Densità relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	0	1.00	0	0	0	6.23
[3] -	22.56	4.20	47.11	86.5	85.69	54.84
[4] -	60.16	4.60	70.57	100	100	90.23

**Angolo di resistenza al taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof of 1956	Sowers (1961)								
[1] -	0	1.00	0	27	28								
[3] -	22.56	4.20	22.56										
[4] -	60.16	4.60	60.16										

**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] -	0	1.00	0	---	---	---	---	---
[3] -	22.56	4.20	22.56	339.03	180.48	266.91	349.20	187.80
[4] -	60.16	4.60	60.16	553.64	481.28	710.59	631.20	375.80

**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] -	0	1.00	0	---	27.46	---	38.00
[3] -	22.56	4.20	22.56	135.36	73.80	160.18	138.62
[4] -	60.16	4.60	60.16	360.96	151.04	427.14	306.31

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	0	1.00	0	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[3] -	22.56	4.20	22.56	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] -	60.16	4.60	60.16	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] -	0	1.00	0	Terzaghi-Peck 1948	1.34
[3] -	22.56	4.20	22.56	Terzaghi-Peck 1948	1.62
[4] -	60.16	4.60	60.16	Terzaghi-Peck 1948	1.91

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] -	0	1.00	0	Terzaghi-Peck 1948	1.84
[3] -	22.56	4.20	22.56	Terzaghi-Peck 1948	2.01
[4] -	60.16	4.60	60.16	Terzaghi-Peck 1948	2.18

**Modulo di Poisson**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	0	1.00	0	(A.G.I.)	0.35
[3] -	22.56	4.20	22.56	(A.G.I.)	0.31
[4] -	60.16	4.60	60.16	(A.G.I.)	0.23

**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] -	0	1.00	0	---	---
[3] -	22.56	4.20	22.56	1216.33	839.07
[4] -	60.16	4.60	60.16	3058.18	1527.80

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	0	1.00	0	Ohta & Goto (1978) Limi	0
[3] -	22.56	4.20	22.56	Ohta & Goto (1978) Limi	151.76
[4] -	60.16	4.60	60.16	Ohta & Goto (1978) Limi	184.98

**Liquefazione**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	0	1.00	0	Seed e Idriss (1971)	--
[3] -	22.56	4.20	22.56	Seed e Idriss (1971)	--
[4] -	60.16	4.60	60.16	Seed e Idriss (1971)	--

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] -	0	1.00	0		---
[3] -	22.56	4.20	22.56		---
[4] -	60.16	4.60	60.16		---

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] -	0	1.00	0		---
[3] -	22.56	4.20	22.56		---
[4] -	60.16	4.60	60.16		---

**Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche**

## ALLEGATO N° 2

### Verifiche geotecniche

**DATI GENERALI PLINTO 1**

Normativa

Larghezza fondazione 4,0 m

Lunghezza fondazione 4,0 m

Profondità piano di posa 3,4 m

**STRATIGRAFIA TERRENO**

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m³]	Peso unità di volume saturo [kN/m³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m²]	Coesione non drenata [kN/m²]	Modulo Elastico [kN/m²]	Modulo Edometrico [kN/m²]	Descrizione
0,8	17,0	20,0	20,0	2,0	20,0	0,0	0,0	1
2,6	18,0	21,0	23,0	5,6	56,0	7800,0	5000,0	2
5,65	19,0	22,0	32,0	0,0	0,0	60000,0	0,0	3

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	200,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
2	S.L.E.	200,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio
3	S.L.D.	200,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio

**A1+M1+R3**

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

**PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO**

Peso unità di volume	19,0 kN/m³
Peso unità di volume saturo	22,0 kN/m³
Angolo di attrito	32,0 °
Coesione	0,0 kN/m²

Fattore [Nq]	23,18
Fattore [Nc]	35,49
Fattore [Ng]	20,79
Fattore forma [Sc]	1,65
Fattore profondità [Dc]	1,34
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,62
Fattore profondità [Dq]	1,23
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,6
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0

Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
<hr/>	
Carico limite	1227,22 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	533,57 kN/m <sup>2</sup>
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
<hr/>	

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

#### PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

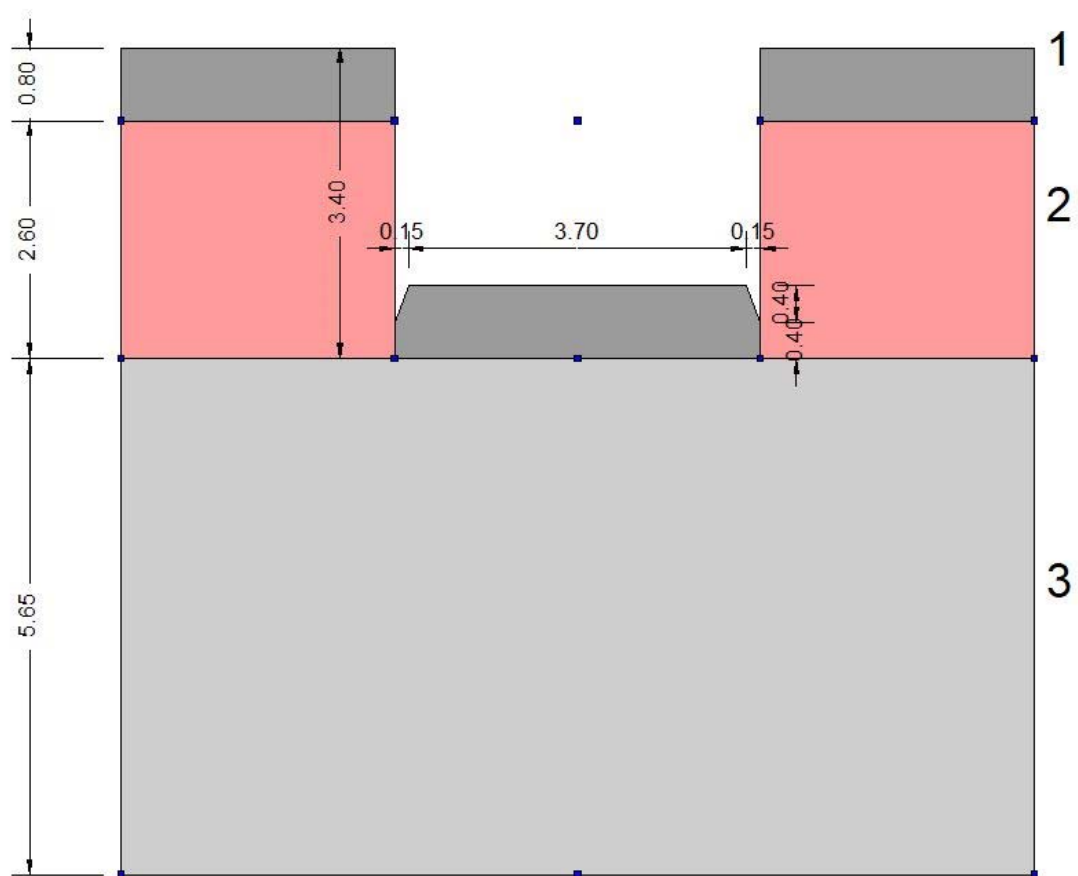
Peso unità di volume	19,0 kN/m <sup>3</sup>
Peso unità di volume saturo	22,0 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	32,0 °
Coesione	0,0 kN/m <sup>2</sup>
<hr/>	
Fattore [Nq]	28,52
Fattore [Nc]	44,04
Fattore [Ng]	27,49
Fattore forma [Sc]	1,3
Fattore forma [Sg]	0,8
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
<hr/>	
Carico limite	1297,69 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	564,22 kN/m <sup>2</sup>
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
<hr/>	

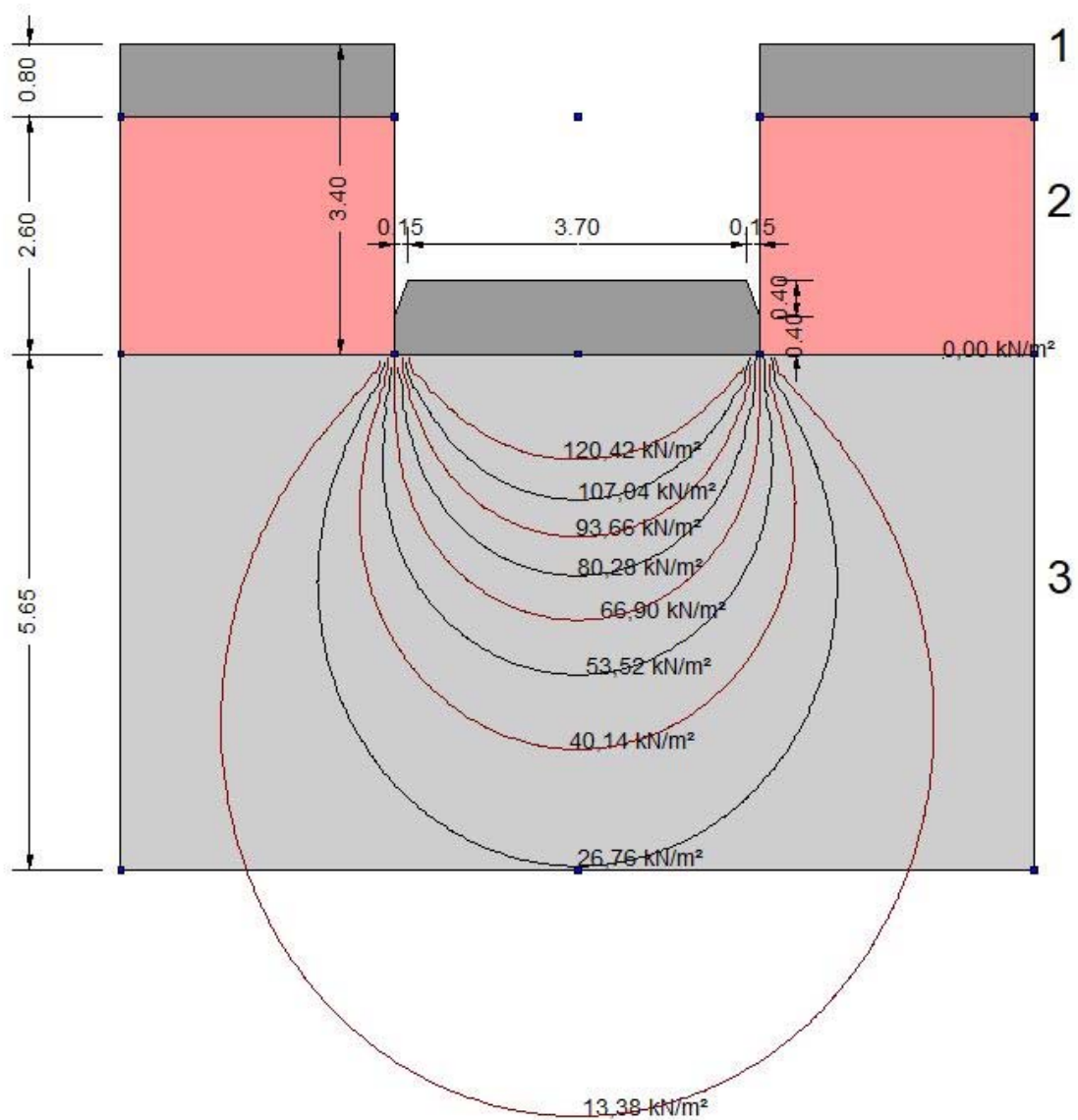
#### CEDIMENTI PER OGNI STRATO

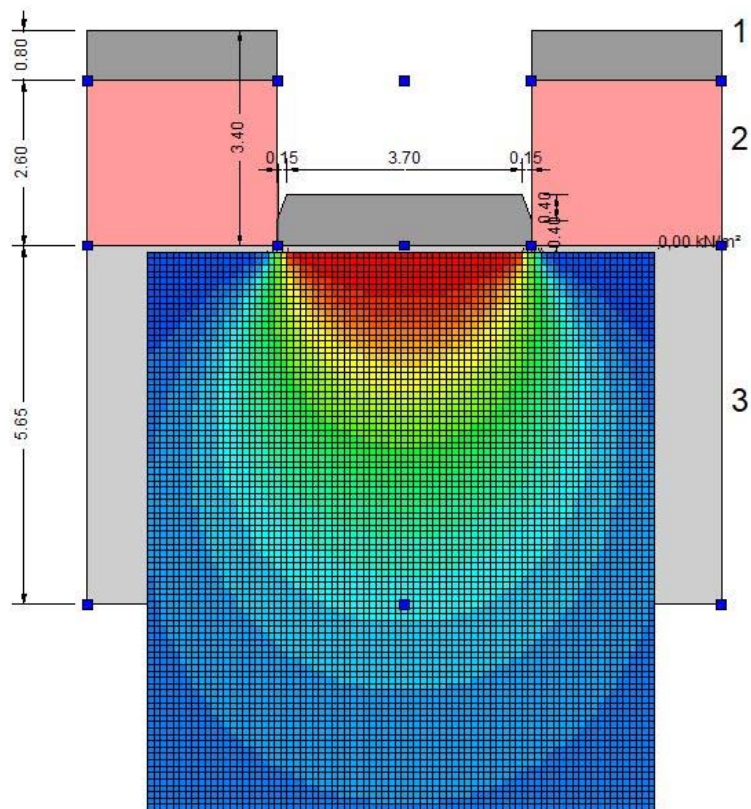
**\*Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi**

Pressione normale di progetto	200,0 kN/m <sup>2</sup>
Cedimento totale	0,55 cm









**DATI GENERALI PLINTO 2**

Normativa

Larghezza fondazione 4,0 m

Lunghezza fondazione 4,0 m

Profondità piano di posa 3,0 m

**STRATIGRAFIA TERRENO**

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m³]	Peso unità di volume saturo [kN/m³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m²]	Coesione non drenata [kN/m²]	Modulo Elastico [kN/m²]	Modulo Edometrico [kN/m²]	Descrizione
0,8	17,0	20,0	20,0	2,0	20,0	2800,0	2000,0	1
1,0	18,0	21,0	23,0	5,6	56,0	7800,0	5000,0	2
1,2	17,5	20,5	21,0	3,0	30,0	5600,0	2500,0	3
4,32	19,0	22,0	32,0	0,0	0,0	30000,0	0,0	4

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	200,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
2	S.L.E.	200,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio
3	S.L.D.	200,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio

**A1+M1+R3**

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

**PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO**

Peso unità di volume 19,0 kN/m³  
Peso unità di volume saturo 22,0 kN/m³  
Angolo di attrito 32,0 °  
Coesione 0,0 kN/m²

Fattore [Nq] 23,18  
Fattore [Nc] 35,49  
Fattore [Ng] 20,79  
Fattore forma [Sc] 1,65  
Fattore profondità [Dc] 1,3  
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1,0  
Fattore inclinazione pendio [Gc] 1,0  
Fattore inclinazione base [Bc] 1,0  
Fattore forma [Sq] 1,62  
Fattore profondità [Dq] 1,21  
Fattore inclinazione carichi [Iq] 1,0  
Fattore inclinazione pendio [Gq] 1,0  
Fattore inclinazione base [Bq] 1,0  
Fattore forma [Sg] 0,6  
Fattore profondità [Dg] 1,0  
Fattore inclinazione carichi [Ig] 1,0  
Fattore inclinazione pendio [Gg] 1,0  
Fattore inclinazione base [Bg] 1,0

Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

Carico limite	1189,91 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	517,35 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
---------------------------------	------------

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

#### PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19,0 kN/m <sup>3</sup>
Peso unità di volume saturo	22,0 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	32,0 °
Coesione	0,0 kN/m <sup>2</sup>

Fattore [Nq]	28,52
Fattore [Nc]	44,04
Fattore [Ng]	27,49
Fattore forma [Sc]	1,3
Fattore forma [Sg]	0,8
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

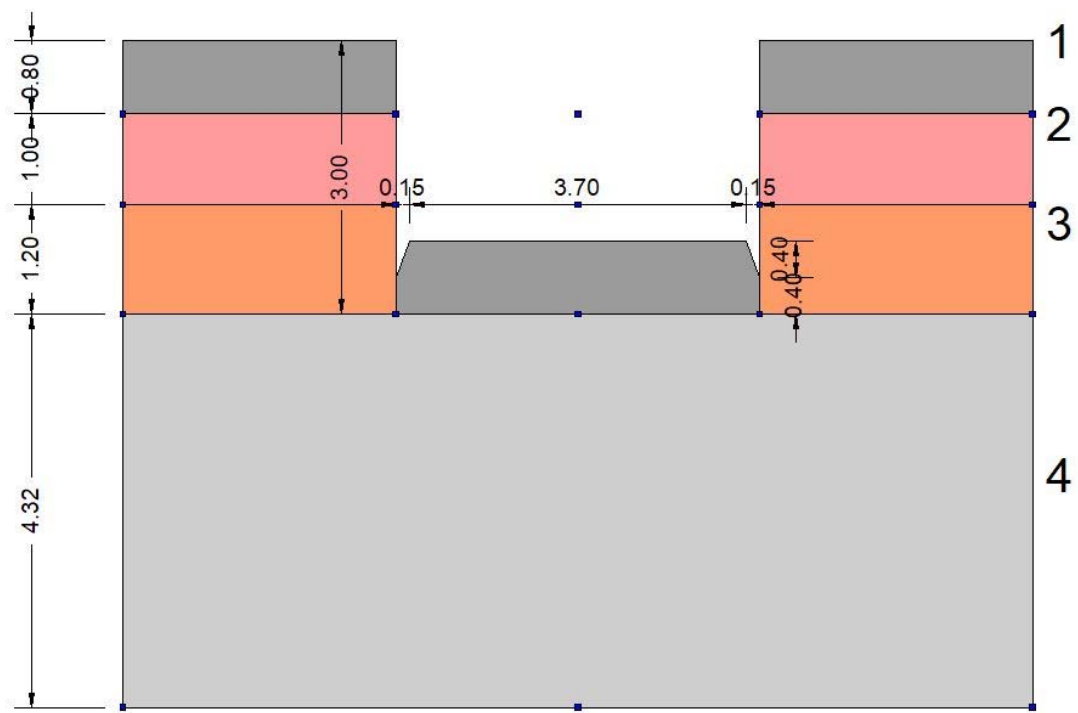
Carico limite	1284,86 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	558,64 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
---------------------------------	------------

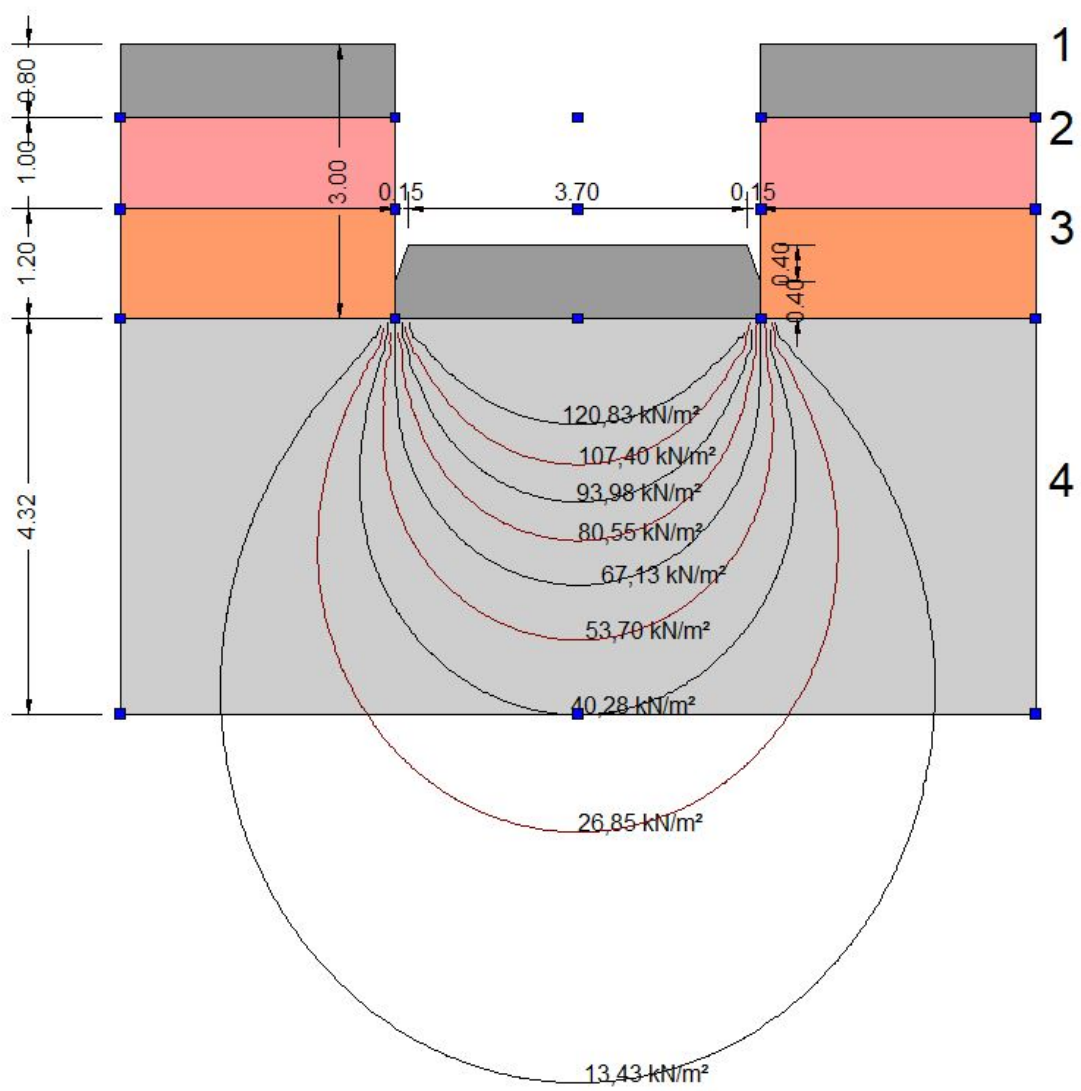
#### CEDIMENTI PER OGNI STRATO

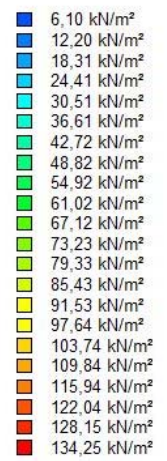
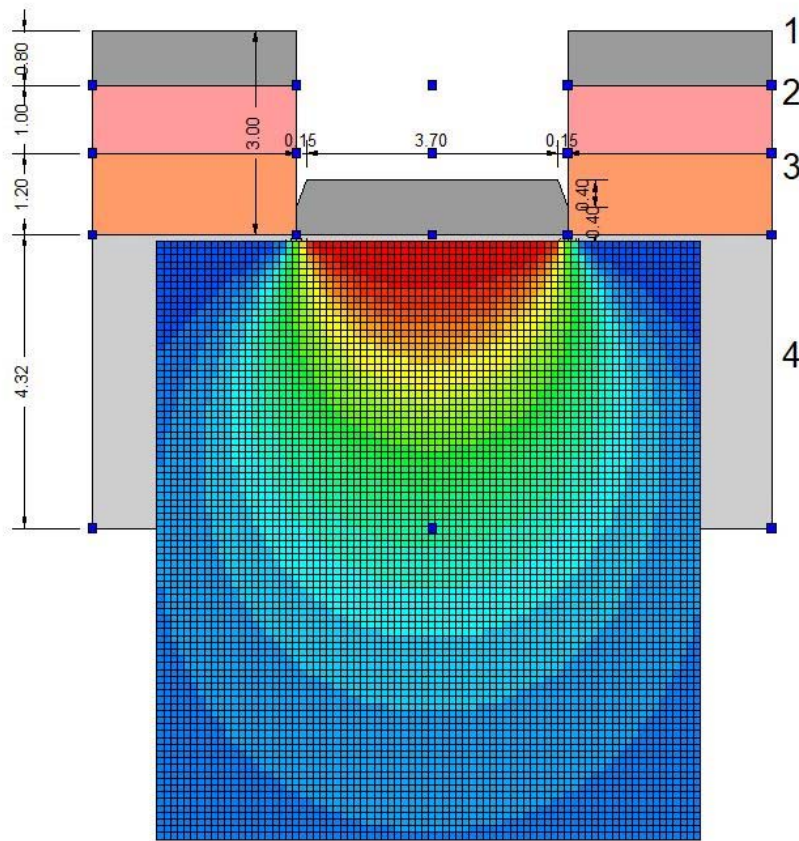
**\*Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi**

Pressione normale di progetto	200,0 kN/m <sup>2</sup>
Cedimento totale	1,07 cm









**Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche**

**ALLEGATO N° 3**

**Indagini sismiche**

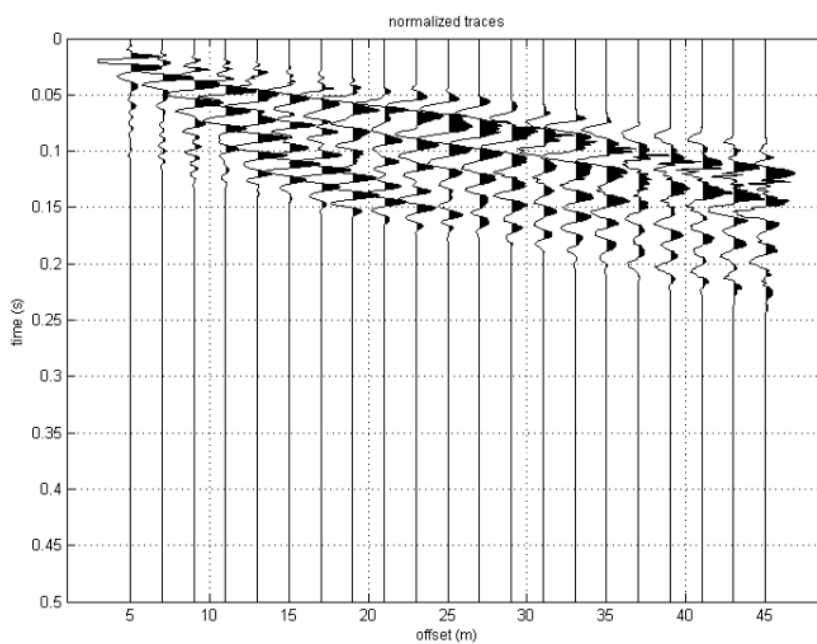
## ANALISI SISMICA DI SITO SECONDO METODOLOGIA MASW

**Cantiere:** Sassuolo KERAKOLL  
**Data:** 14/04/2021  
**Lavoro:** studio del terreno di fondazione

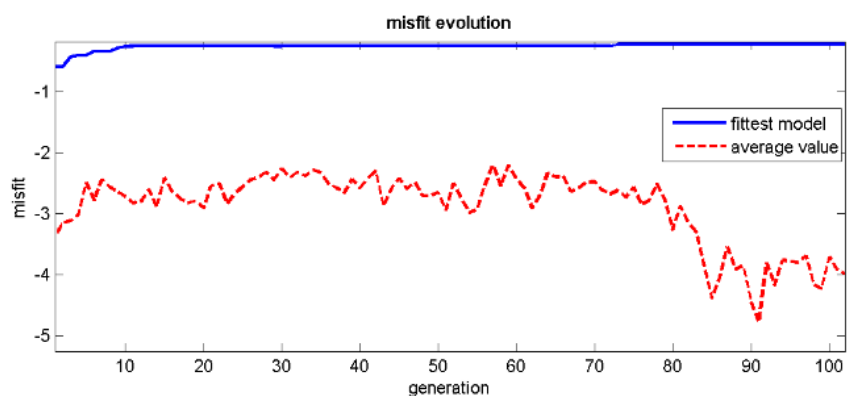
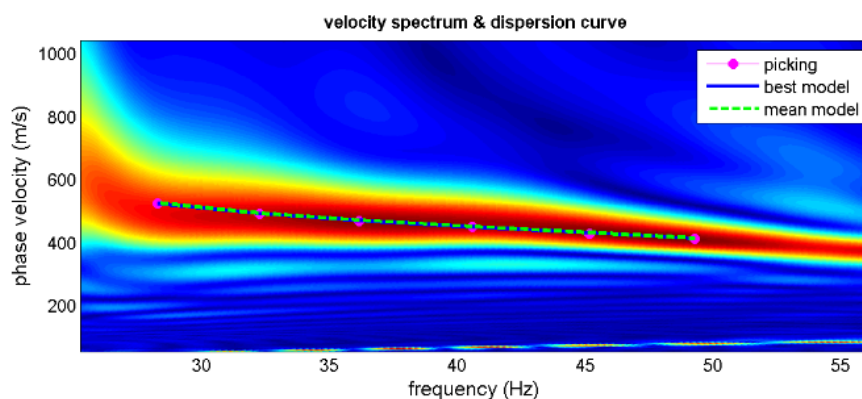
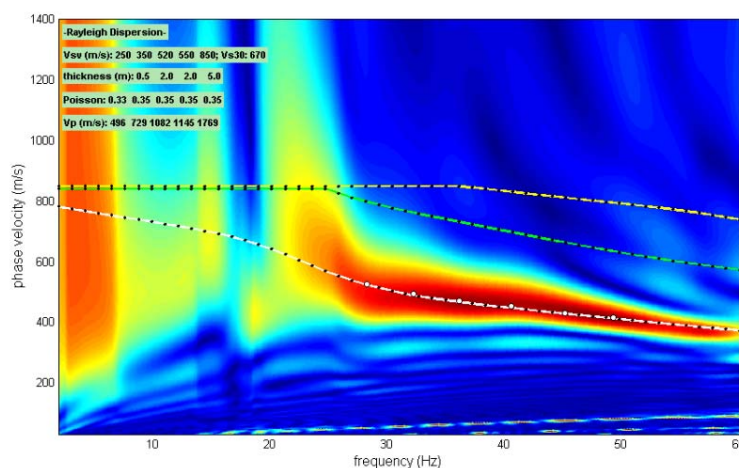
**RIF. MASW**  
**362/21**



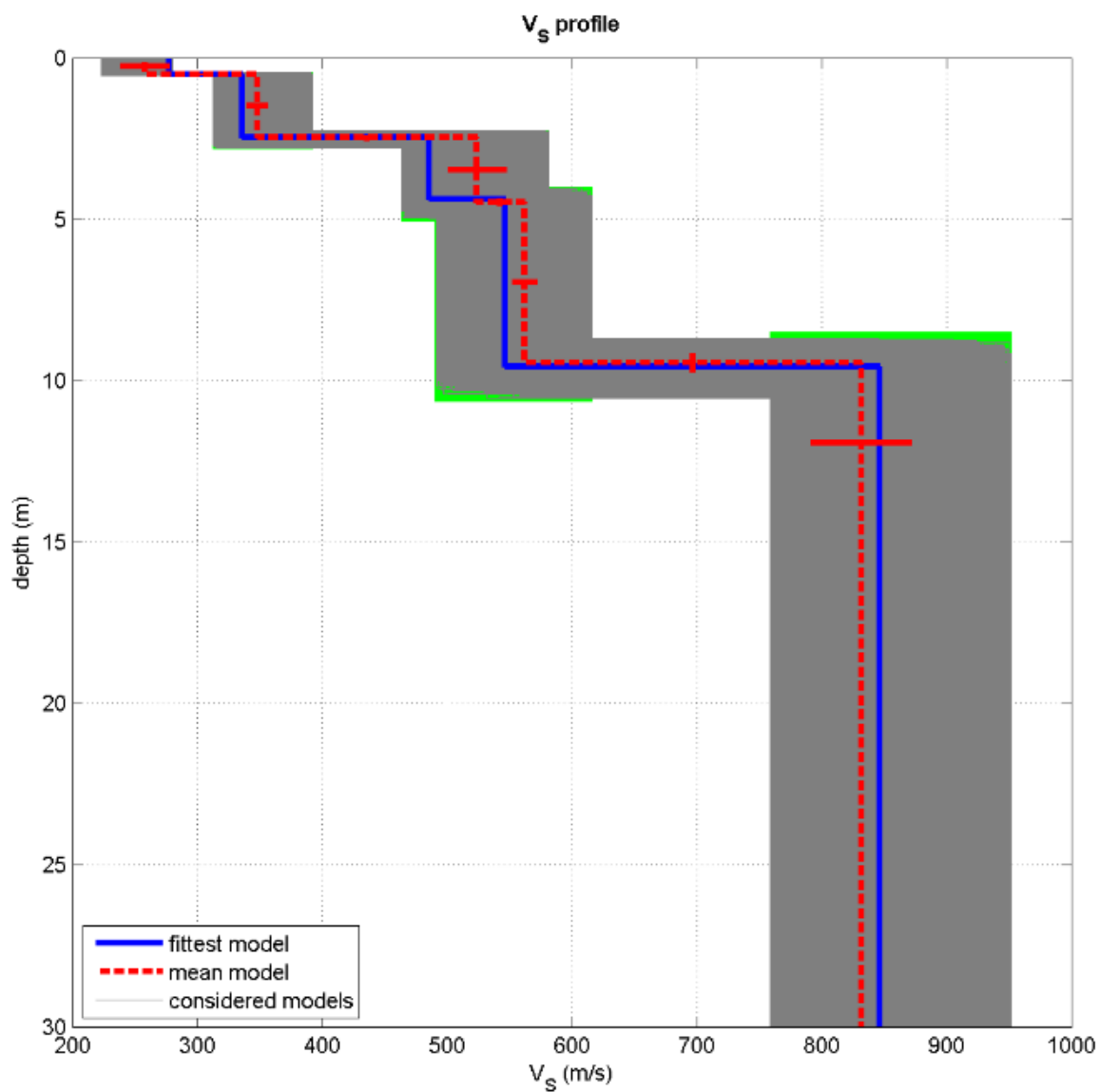
**UBICAZIONE DELLO STENDIMENTO SISMICO IMPIEGATO**



## SPETTRO RELATIVO ALLE VELOCITÀ DI FASE REGISTRATE NEL DOMINIO DELLE FREQUENZE



## MODELLO $V_{s30}$ DERIVATO DALL'INDAGINE MASW ESEGUITA



dataset: 1081.dat

dispersion curve: pick.cdp

$V_{s30}$  (best model): 664 m/s

$V_{s30}$  (mean model): 667 m/s

**BEST MODEL**  
 **$V_{s30} = 664$  m/s**



## KERAKOLL SASSUOLO, SASSUOLO HV1

Instrument: TE3-0303/01-17

Data format: 32 bit

Full scale [mV]: 51

Start recording: 14/04/2021 13:39:12 End recording: 14/04/2021 13:59:12

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 78% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

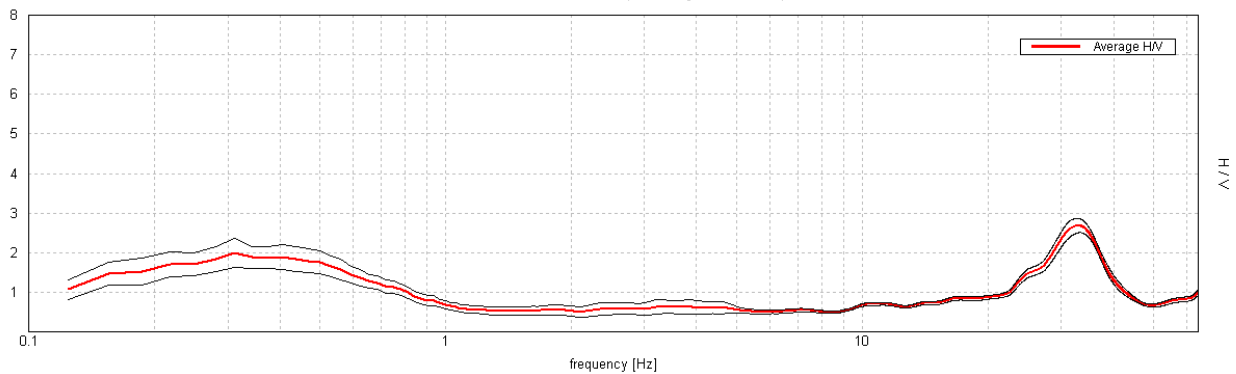
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

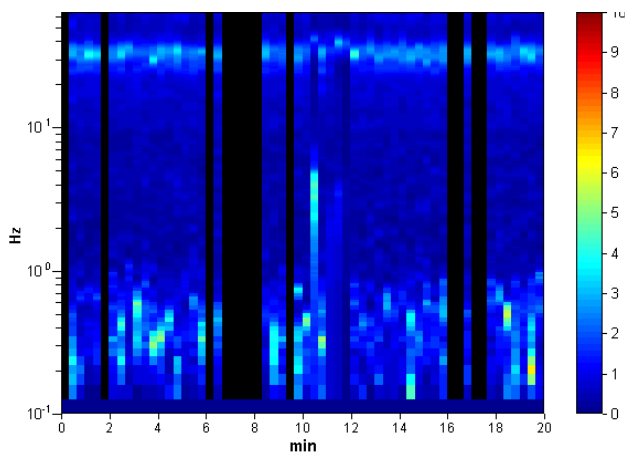
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

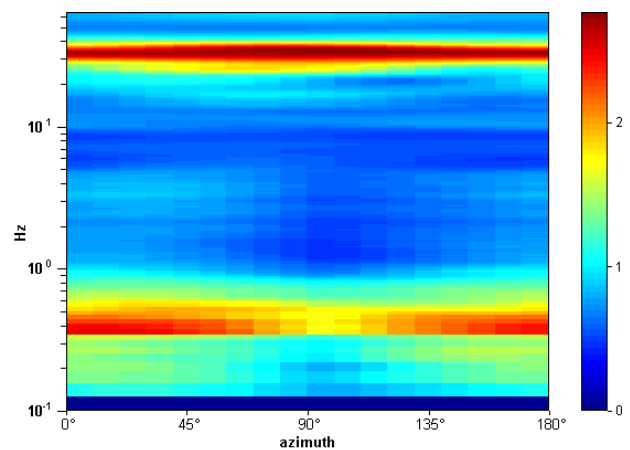
Max. H/V at  $29.97 \pm 13.69$  Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



### H/V TIME HISTORY

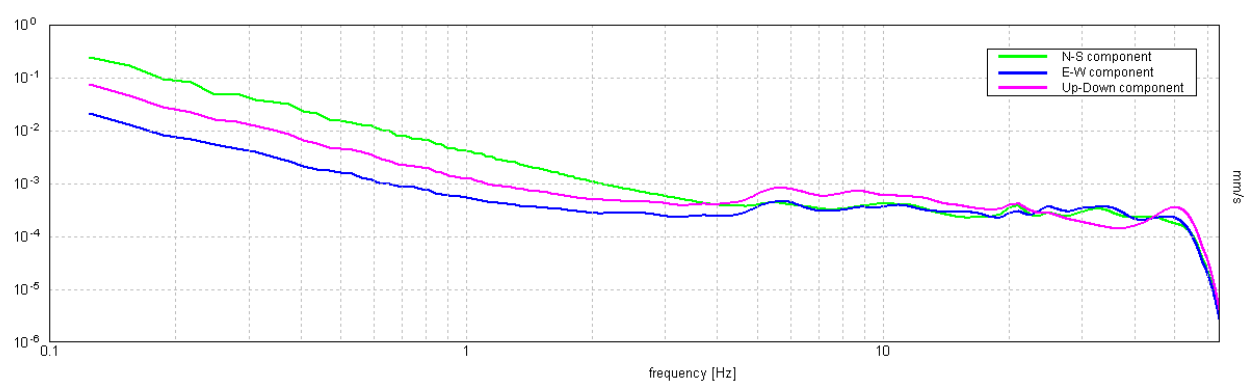


### DIRECTIONAL H/V





## SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

**Max. H/V at  $29.97 \pm 13.69$  Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).**

### Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$29.97 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$28170.6 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1440 times	OK	

### Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	23.281 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	41.156 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.34 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.45675  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$13.6881 < 1.49844$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.189 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## KERAKOLL SASSUOLO, SASSUOLO HV2

Instrument: TE3-0303/01-17

Data format: 32 bit

Full scale [mV]: 51

Start recording: 14/04/2021 14:17:53 End recording: 14/04/2021 14:37:53

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 62% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

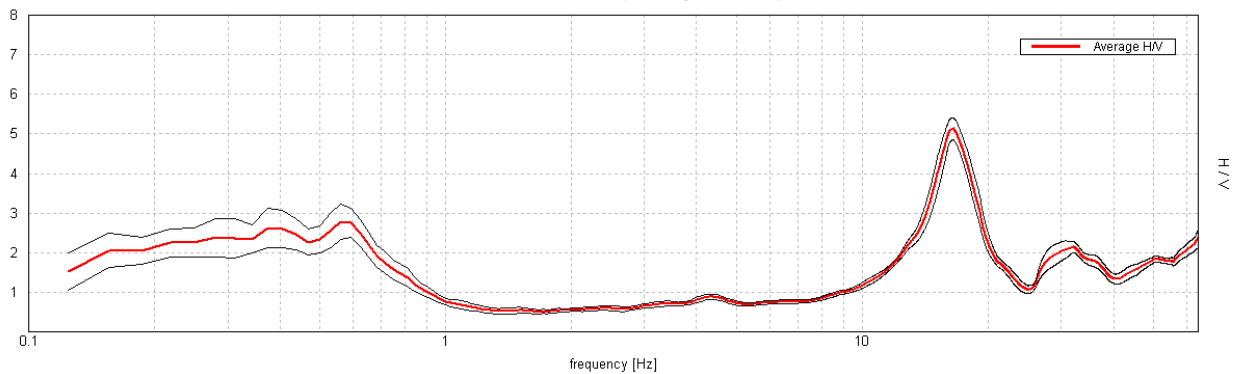
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

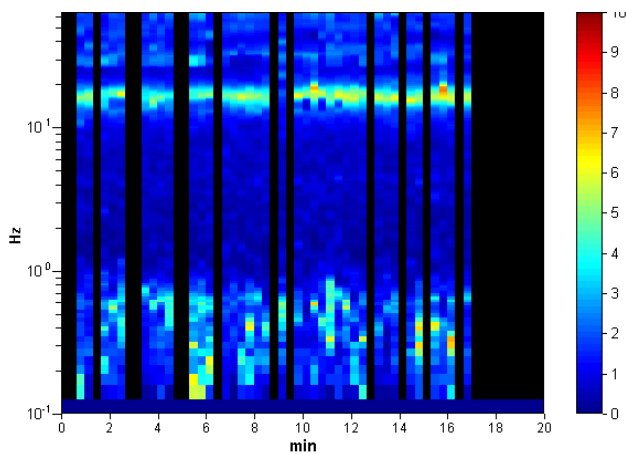
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

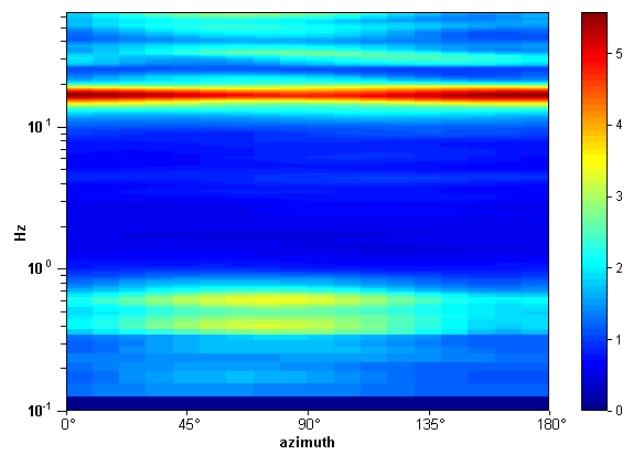
Max. H/V at  $16.47 \pm 0.13$  Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



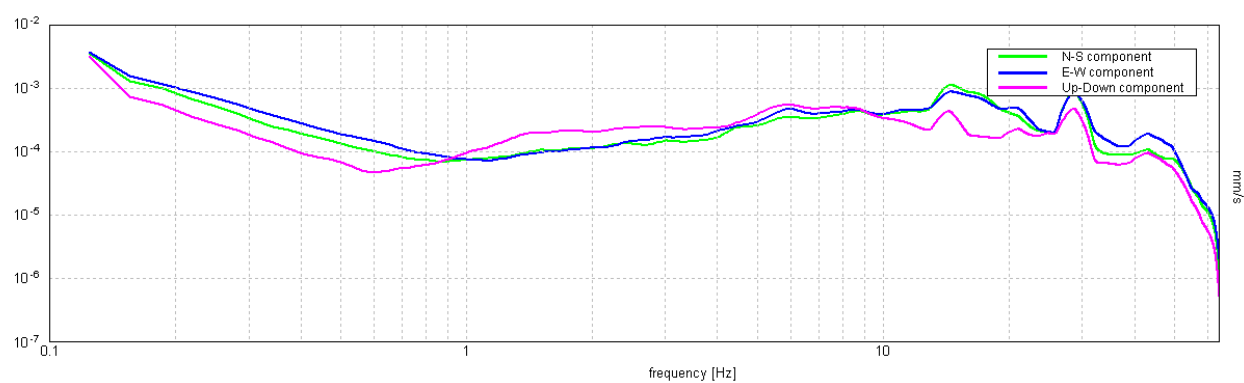
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



# SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

**Max. H/V at  $16.47 \pm 0.13$  Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).**

### Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$16.47 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$12186.9 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 792 times	OK	

### Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	13.656 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	19.594 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.13 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00795  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.13088 < 0.82344$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2818 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

**Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche**

**ALLEGATO N° 4**

**SPT**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Descrizione: Località:	
---	--

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 cm²
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 (... *scpt* ecc.)**

**Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) 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  $\alpha$ );
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$  ;
- 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:

<b>Tipo</b>	<b>Sigla di riferimento</b>	<b>peso della massa M (kg)</b>	<b>prof. max indagine battente (m)</b>
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  $\delta = 10$  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  $A=10 \text{ cm}^2$  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  $A=20.27 \text{ cm}^2$  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  $A = 20 \text{ cm}^2$ , rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

## Correlazione con $N_{spt}$

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  $N_{spt}$  ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

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.

$\delta$             passo di avanzamento.

### Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

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

Rpd        resistenza dinamica punta (area A).  
e           infissione media per colpo ( $\delta/N$ ).  
M           peso massa battente (altezza caduta H).  
P           peso totale aste e sistema battuta.

### Calcolo di (N<sub>1</sub>)<sub>60</sub>

(N<sub>1</sub>)<sub>60</sub> è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{v0})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa} \quad (Liao \text{ e } Whitman 1986)$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60      rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.  
C<sub>s</sub>           parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).  
C<sub>d</sub>           funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).  
C<sub>r</sub>           parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

### 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 resistenza 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  $\sigma_{N_{spt}}$  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 m ed immersione  $d = 1$  m.

## **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***

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

$N_{spt}$  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.  $< 5$  m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof.  $< 5$  m per terreni sopra falda e  $< 8$  m 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.  $< 4$  m. sopra falda e  $< 7$  m 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  $< 38^\circ$ .
- 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  $< 38^\circ$ ).
- 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  $> 8$  m sopra falda e  $> 15$  m 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.  $> 8$  m sopra falda e  $> 15$  m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo  $< 5\%$  a profondità  $< 5$  m e con (%) di limo  $> 5\%$  a profondità  $< 3$  m.
- 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***

- 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  $\tau$  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/s)***

- 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/cm<sup>2</sup>) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con  $N_c = 20$  e  $Q_c/N_{spt} = 2$ .
- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cm<sup>2</sup>) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata  $C_u$  (Kg/cm<sup>2</sup>), 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).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - $M_o$  (Eed) (Kg/cm<sup>2</sup>)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buisman- 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 ... Nr.1

Strumento utilizzato...  
Prova eseguita in data  
Falda non rilevata

PROVE SPT IN FORO  
23/04/2021

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
11.50	38
11.65	50
11.80	0

## TERRENI INCOERENTI

### Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	50	11.80	56.75	100	100	80.36

### 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] -	50	11.80	50	41.29	34.29	42	30.73	42.47	42	35-38	42.39	42	48.13	46.62

### 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] -	50	11.80	50	504.73	400.00	590.70	555.00	325.00

### 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] -	50	11.80	50	300.00	130.17	355.00	261.00

### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	50	11.80	50	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

### Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] -	50	11.80	50	Terzaghi-Peck 1948	1.85

### Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] -	50	11.80	50	Terzaghi-Peck 1948	2.15

**Modulo di Poisson**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	50	11.80	50	(A.G.I.)	0.25

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	50	11.80	50	2570.07	1364.52

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	50	11.80	50	Ohta & Goto (1978) Limi	189.59

**Liquefazione**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	50	11.80	50	Seed e Idriss (1971)	--

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] -	50	11.80	50		---

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] -	50	11.80	50		---

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato...  
Prova eseguita in data  
Falda non rilevata

PROVE SPT IN FORO  
23/04/2021

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
14.50	31
14.65	50
14.80	0

## TERRENI INCOERENTI

### Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	50	14.80	52.78	96.71	97.27	80.36

### 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] -	50	14.80	50	41.29	34.29	42	30.24	42.47	41.54	35-38	42.39	42	46.85	46.62

### 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] -	50	14.80	50	504.73	400.00	590.70	555.00	325.00

### 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] -	50	14.80	50	300.00	130.17	355.00	261.00

### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	50	14.80	50	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

### Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] -	50	14.80	50	Terzaghi-Peck 1948	1.85

### Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] -	50	14.80	50	Terzaghi-Peck 1948	2.15

**Modulo di Poisson**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	50	14.80	50	(A.G.I.)	0.25

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	50	14.80	50	2570.07	1364.52

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	50	14.80	50	Ohta & Goto (1978) Limi	198.06

**Liquefazione**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	50	14.80	50	Seed e Idriss (1971)	--

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] -	50	14.80	50		---

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] -	50	14.80	50		---

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato...  
Prova eseguita in data  
Falda non rilevata

PROVE SPT IN FORO  
23/04/2021

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
17.50	42
17.65	50
17.80	0

## TERRENI INCOERENTI

### Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	50	17.80	49.38	90.48	92.68	80.36

### 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] -	50	17.80	50	41.29	34.29	42	29.84	42.47	40.67	35-38	42.39	42	45.58	46.62

### 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] -	50	17.80	50	504.73	400.00	590.70	555.00	325.00

### 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] -	50	17.80	50	300.00	130.17	355.00	261.00

### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	50	17.80	50	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

### Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] -	50	17.80	50	Terzaghi-Peck 1948	1.85

### Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] -	50	17.80	50	Terzaghi-Peck 1948	2.15

### Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	50	17.80	50	(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] -	50	17.80	50	2570.07	1364.52

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	50	17.80	50	Ohta & Goto (1978) Limi	205.25

**Liquefazione**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	50	17.80	50	Seed e Idriss (1971)	--

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] -	50	17.80	50		---

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] -	50	17.80	50		---

**Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche**

## **ALLEGATO N° 5**

### **Prove di laboratorio**

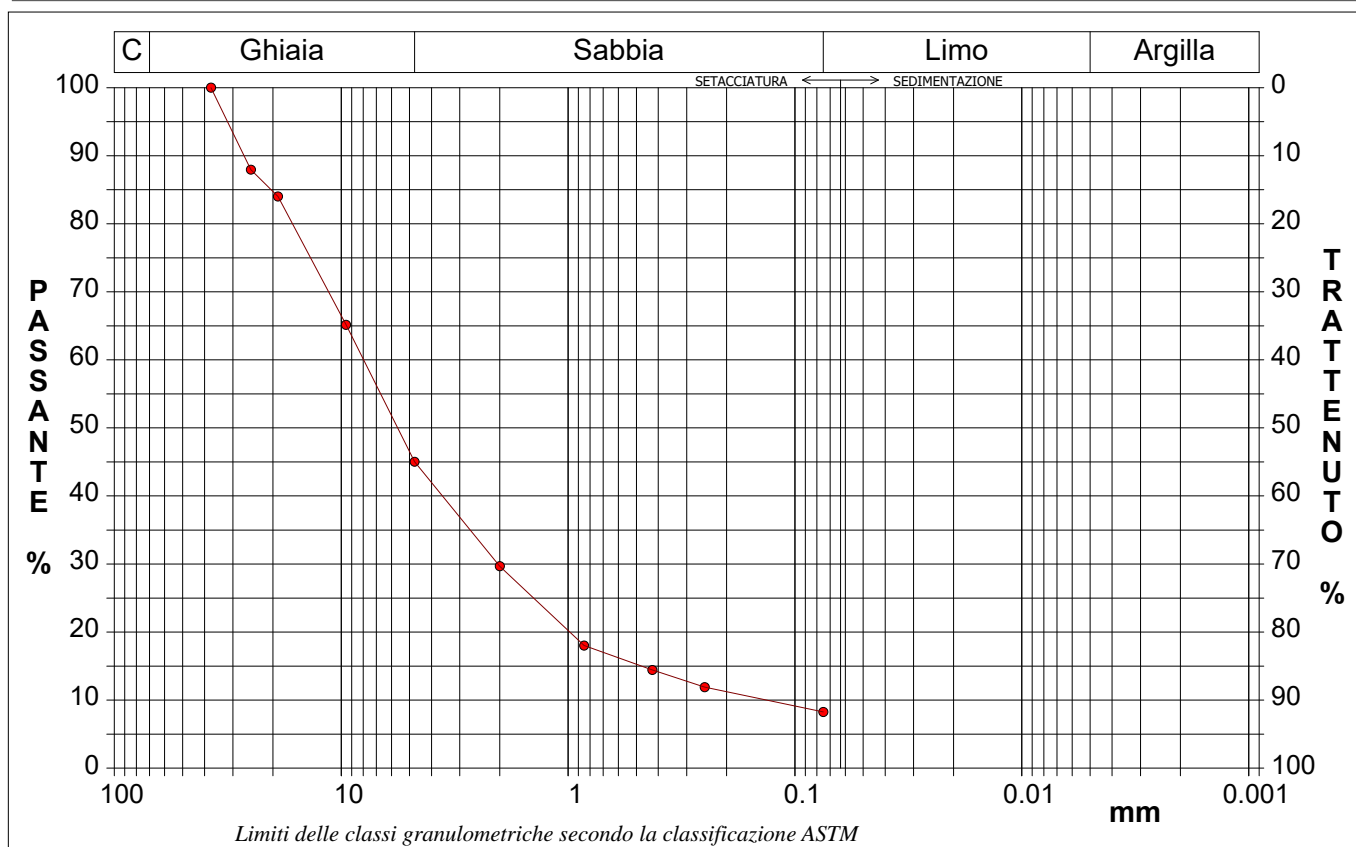
<b>RAPPORTO DI PROVA N°: P01721</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 29/04/21	Inizio analisi: 27/04/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 27/04/2021	Fine analisi: 29/04/21

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Sassuolo (MO), via Circonvallazione - presso Kerakoll
SONDAGGIO: 1      CAMPIONE: 1      PROFONDITA': m 11.30-11.70

## ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Ghiaia	55,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	29,7 %	D10	0,13358 mm
Sabbia	36,7 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	14,4 %	D30	2,03587 mm
				D50	5,63997 mm
				D60	7,96640 mm
				D90	26,79153 mm
Coefficiente di uniformità		59,64	Coefficiente di curvatura		3,89



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
37,5000	100,00	2,0000	29,68						
25,0000	87,94	0,8500	18,03						
19,0000	84,00	0,4250	14,43						
9,5200	65,16	0,2500	11,90						
4,7500	45,03								
								Setacci	9
								Punti sediment.	0

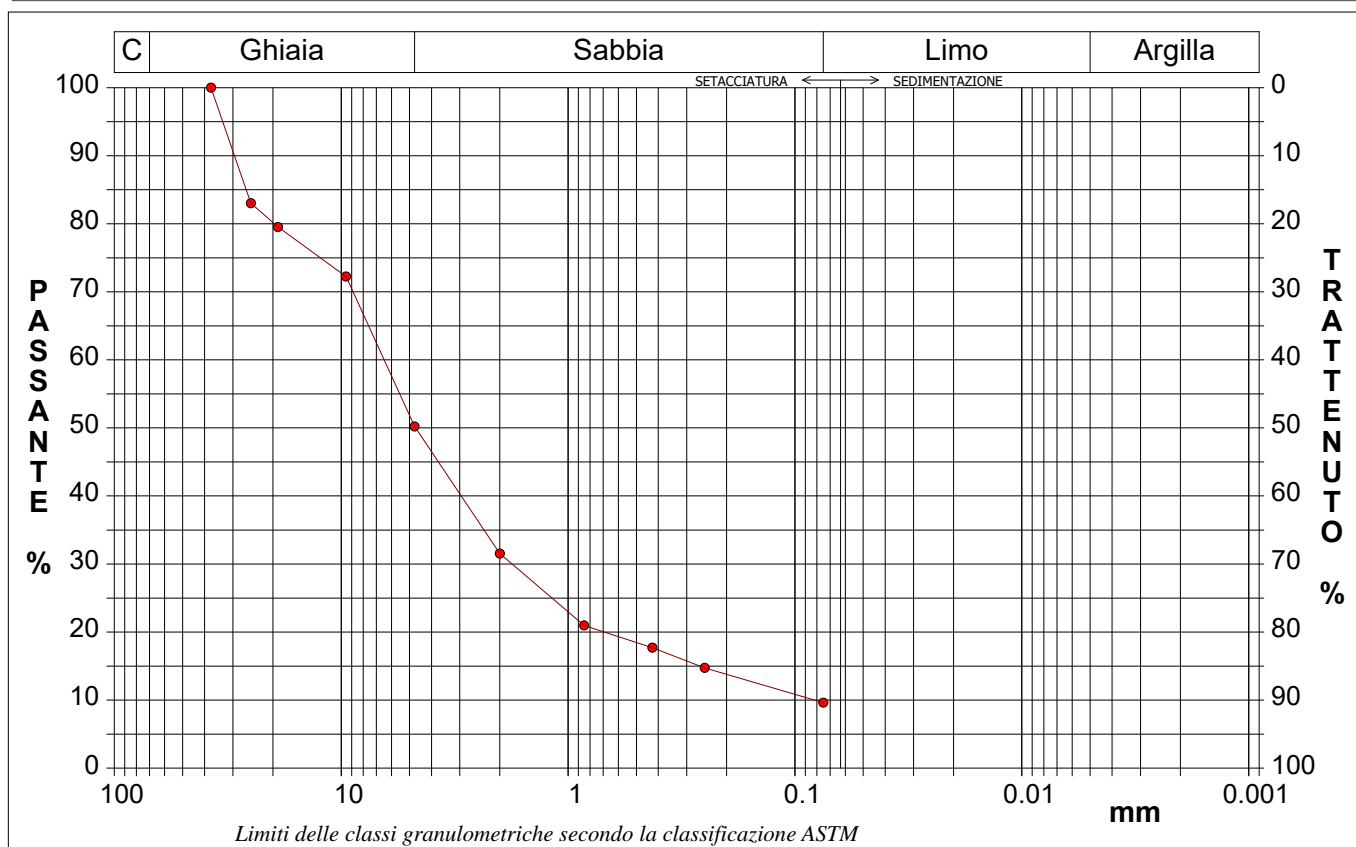
<b>RAPPORTO DI PROVA N°: P01722</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 29/04/21	Inizio analisi: 27/04/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 27/04/2021	Fine analisi: 29/04/21

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Sassuolo (MO), via Circonvallazione - presso Kerakoll
SONDAGGIO: 1                      CAMPIONE: 2                      PROFONDITA': m 16.30 - 16.70

## ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1999), ASTM D421-07, ASTM D422-07, ASTM D1140-17, ASTM D2217-98

Ghiaia	49,8 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	31,5 %	D10	0,08183 mm
Sabbia	40,6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	17,6 %	D30	1,76422 mm
				D50	4,70246 mm
				D60	6,46712 mm
				D90	29,53286 mm
Coefficiente di uniformità		79,03	Coefficiente di curvatura		5,88



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
37,5000	100,00	2,0000	31,55						
25,0000	83,02	0,8500	20,99						
19,0000	79,52	0,4250	17,71						
9,5200	72,26	0,2500	14,74					Setacci	9
4,7500	50,22							Punti sediment.	0