

*PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO  
UNICO REGIONALE (PAUR) EX L.R. 4/2018*

*PERMESSO DI COSTRUIRE*

*AZIENDA AGRICOLA DALLAVALLE ANGELO E FIGLIO SOCIETÀ AGRICOLA*

*REALIZZAZIONE DI RICOVERI ZOOTECNICI*

*PER L'ALLEVAMENTO DI SUINI NELLA FASE DI INGRASSO*

*DISTRETTO DEL CIBO – CONSORZIO SALUMI DOP PIACENTINI*

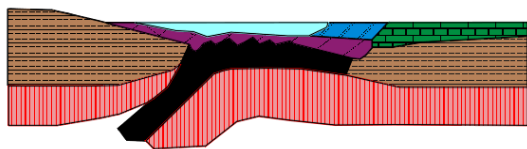
PC\_R02\_Relazione\_geologica



STUDIO CAVALLI

Chiostri del Duomo, 17 – 29121 Piacenza

tel. 0523.324845 – mail [studiocavalli@studiocavalli.com](mailto:studiocavalli@studiocavalli.com)



**MASSIMO dr. MANNINI**  
**GEOLOGIA**

**Indagini Geofisiche - Geotecniche**

Via Caduti di Cefalonia, 9 29017 Fiorenzuola d'Arda (Pc)  
Tel. 3452353055  
e-mail: [info@manninimassimo.it](mailto:info@manninimassimo.it)

**Relazione Geologica-Sismica  
per il progetto di realizzazione di strutture  
zootecniche per ricovero per suini all'ingrasso**

in Località "Cascina Solarolo di Cadeo (Pc)"

Committente: "Dallavalle Angelo e Figlio Società Agricola"

# INDICE

<b>1.0 - PREMESSA</b>	<b>2</b>
<b>2.0 - INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO</b>	<b>2</b>
<b>3.0 - GEOLOGIA E MORFOLOGIA</b>	<b>3</b>
<b>3.1 - GEOLOGIA</b>	<b>3</b>
<b>3.2 - MORFOLOGIA</b>	<b>3</b>
<b>4.0 - IDRO (GEO) LOGIA</b>	<b>3</b>
<b>5.0 - ESONDABILITA' AREA INTERVENTO</b>	<b>5</b>
<b>6.0 - INDAGINI SVOLTE</b>	<b>5</b>
<b>7.0 - CARATTERISTICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI</b>	<b>6</b>
<b>7.1 - MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DI RIFERIMENTO</b>	<b>8</b>
<b>8.0 - TERRENI DI FONDAZIONE</b>	<b>10</b>
<b>6.0 - INQUADRAMENTO SISMICO</b>	<b>14</b>
<b>7.0 - MICROZONAZIONE SISMICA AREALE</b>	<b>14</b>
<b>7.1 - PIANO STRUTTURALE COMUNALE DI CADEO</b>	<b>14</b>
<b>7.2 - SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</b>	<b>15</b>
<b>7.3 - PRIMA FASE - INDIVIDUAZIONE DELLE AREE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI</b>	<b>18</b>
<b>7.4 - SECONDA FASE - ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO</b>	<b>19</b>
<b>7.5 - ACCELERAZIONE MASSIMA ORIZZONTALE DI PICCO AL SUOLO</b>	<b>22</b>
<b>7.6 - SCUOTIMENTO SISMICO</b>	<b>23</b>
<b>8.0 - CONCLUSIONI</b>	<b>28</b>

## ALLEGATI:

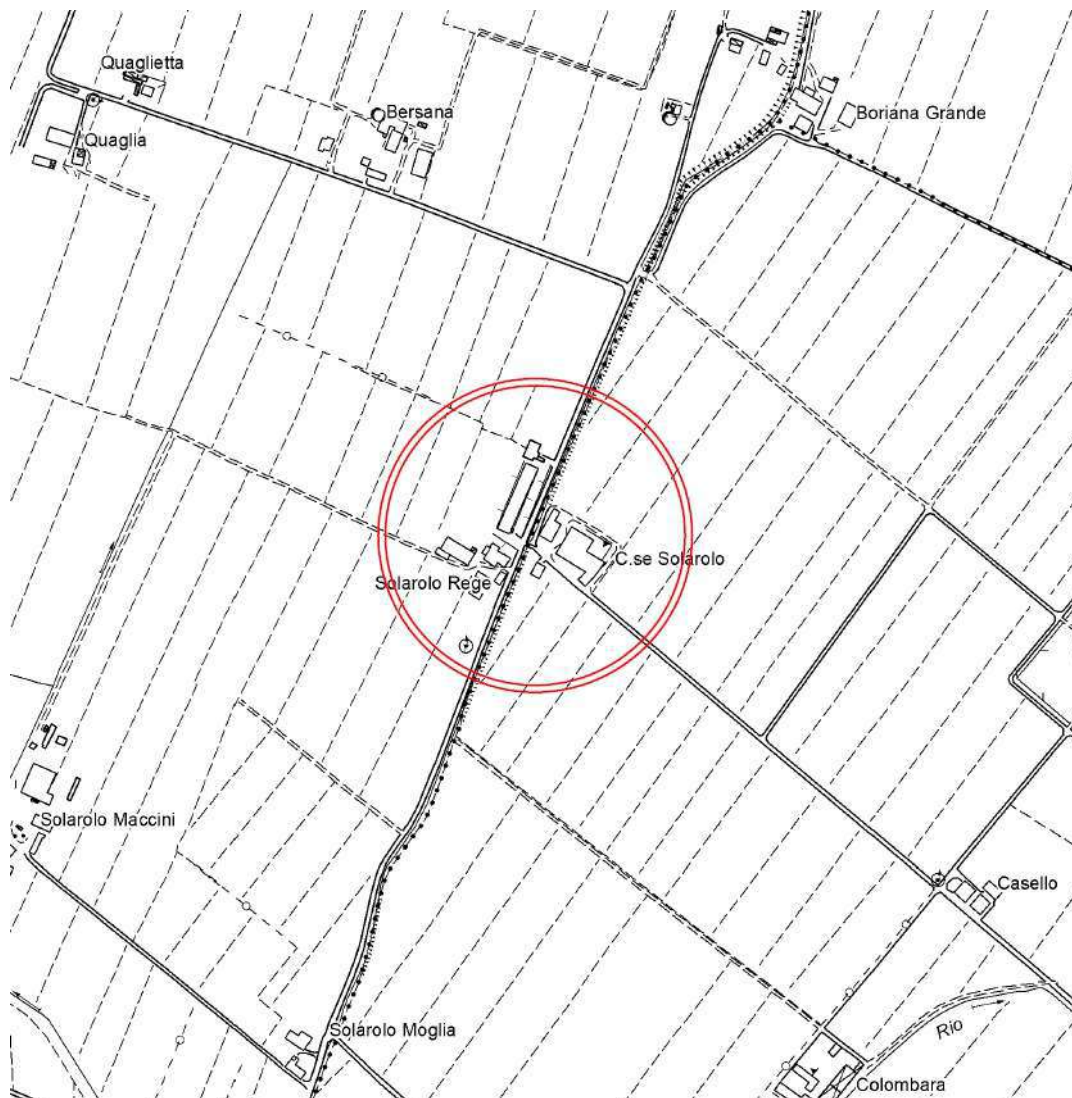
Report prove penetrometriche  
Relazione sismica

## **1.0 - PREMESSA**

Il presente studio geologico-sismico è associato al progetto di realizzazione di strutture per ricovero di suini nella fase di ingrasso.

## **2.0 - INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO**

Il terreno interessato dalla presente indagine è ubicato nel settore nord-est dell'area comunale di Cadeo, in località Cascina Solarolo. Catastralmente il lotto è associato al Foglio n.20, Mappale n.203 del Comune di Cadeo.



Inquadramento corografico – C.T.R. Sezione 180031.

### **3.0 - GEOLOGIA E MORFOLOGIA**

#### **3.1 - GEOLOGIA**

L'unità geologica caratterizzante l'area in oggetto corrisponde alle "coperture quaternarie" appartenenti all'Unità di Modena tipico di ambiente di pianura, "AES8a": costituito da ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua: depositi alluvionali intra vallivi, terrazzati, e di conoide. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm). Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri. *Periodo: Olocene.*

All'interno dell'areale aziendale è presente un pozzo idrico, la cui successione litostratigrafica è la seguente:

0.0-16.0: argilla  
16.0-26.0: ghiaia e sabbia  
26.0-32.0: argilla e sabbia  
32.0-36.0: ghiaia  
36.0-58.0: argilla e ghiaia  
58.0-60.0: ghiaia  
60.0-72.0: argilla e ghiaia  
72.0-74.0: ghiaia  
74.0-82.0: argilla

Da cui emerge una copertura argillosa, e solamente a profondità superiori i 16.0 metri dal p.c. un arricchimento di sabbia con ghiaia.

#### **3.2 - MORFOLOGIA**

Morfologicamente l'area in studio si trova entro un settore di pianura, le pendenze medie morfologiche sono dell'ordine del 1-2% verso n-n-e. La quota s.l.m. è di circa 57.50 metri.

### **4.0 – IDRO (GEO) LOGIA**

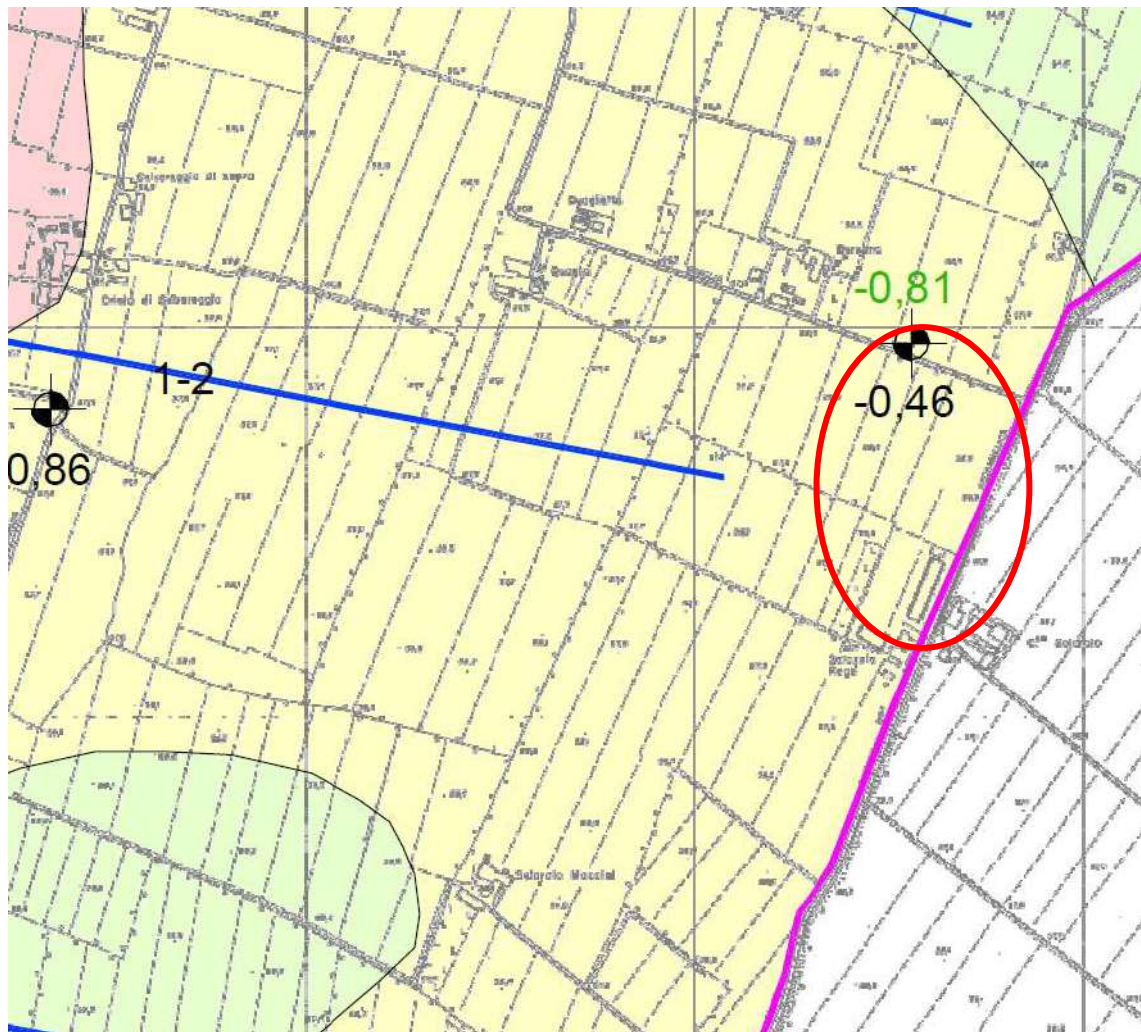
L'idrografia superficiale (regime idrologico) è regimata dalla pendenza del terreno che determina il gradiente del deflusso idrico superficiale. Il sottosuolo è costituito da un'alternanza di depositi di granulometria argillosa limosa impermeabile superficiali, cui segue, in questo settore a profondità maggiori di 19.0 metri alternanze di ghiaie e sabbie.

Tale successione litostratigrafica è potenzialmente associata a possibili rinvenimenti di falde pensili instaurate entro interstratificazioni costituite da arricchimenti limosi superficiali e sabbiosi e ghiaiosi alterati e/o calcificazioni.



La circolazione acquifera sotterranea (regime idrogeologico) è costituita da una successione monotona di falde acquifere che si trovano instaurate entro le litologie ghiaiose più permeabili in profondità. Variazioni del livello delle falde superficiali possono essere indotte anche dal regime pluviometrico incidente direttamente sul terreno, che porta ad un'escursione media annua che può oscillare di qualche metro.

Dalla Carta QC27 estratta dal PSC comunale "Carta Idrogeologica" questo settore è caratterizzato da una soggiacenza della prima falda tra 1.0 e 2.0 metri, con isopieza dei 56.0 metri che attraversa l'area baricentricamente; pertanto, considerando una quota s.l.m. del sito pari a 57.5 metri si ha una profondità della prima falda a 1.50 metri dal p.c. Sono possibili risalite del livello acquifero a profondità prossime il p.c. in determinati periodi particolarmente piovosi.



Estratto della Tavola QC.27 "Idrogeologia", da PSC Comunale.

## **5.0 – ESONDABILITA' AREA INTERVENTO**

Nella cartografia del **Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale** 2007, confermata da quella del PTAV (Tavola A1-2 "Tutela Ambientale Paesistica e storico culturale"), l'area non si trova entro fasce di tutela fluviale.

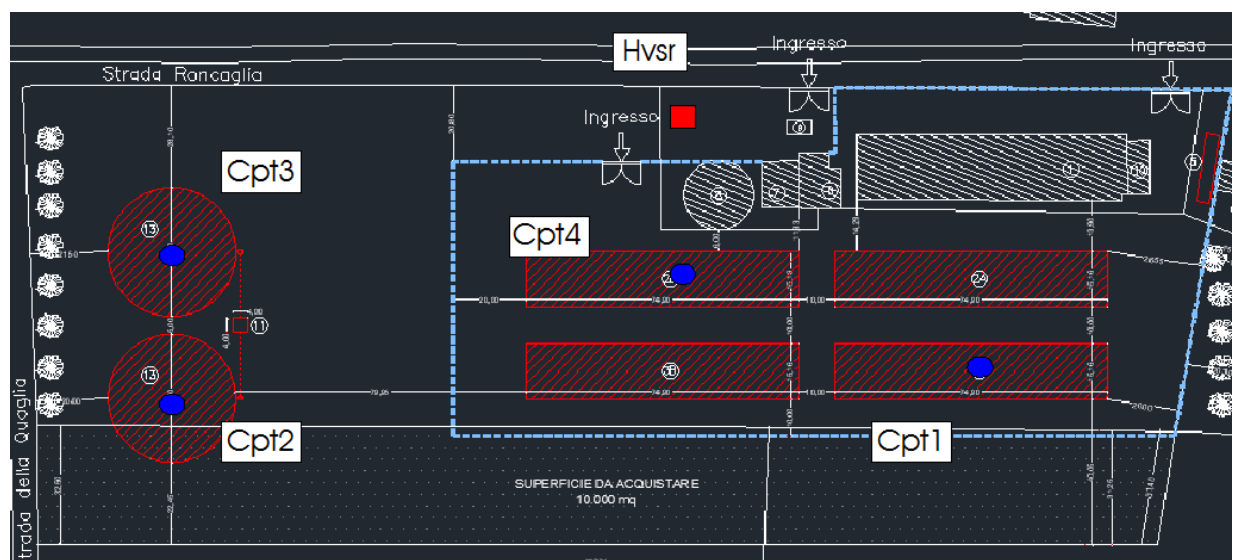
Dall'aggiornamento del Piano Gestione del Rischio Alluvioni, anno 2022 l'areale è associato alla classe di pericolosità idraulica P2-M (alluvioni poco frequenti, media probabilità con tempo di ritorno da 100 a 200 anni) per il reticolo secondario di pianura (RSP).

Si rimanda alle norme tecniche di attuazione, sia del PSC, che del PTCP/PTAV con riferimento alla zonizzazione dell'areale in oggetto, con eventuali prescrizioni tecniche-idrauliche.

Per una eventuale verifica analitica del rischio idraulico, occorrerebbe eseguire uno studio idraulico di dettaglio da parte di un Ingegnere Idraulico, tali considerazioni esulano dalla presente relazione.

## **6.0 - INDAGINI SVOLTE**

Per l'inquadramento geotecnico e sismico dell'area in oggetto sono state eseguite quattro prove penetrometriche di tipo statico, ed un rilievo sismico passivo con tecnica tromografica per la delineazione delle Vs30eq di sito.



*Planimetria con ubicazione sondaggi geognostici eseguiti in sito:*

*Hvsr: indagine sismica passiva*

*Cpt: prove penetrometriche statiche.*

## **7.0 - CARATTERISTICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI**

I valori del numero dei colpi o della resistenza di punta del penetrometro all'avanzamento possono essere empiricamente correlati, oltreché alla granulometria, anche ad alcune delle caratteristiche geotecniche del terreno indagato: i dati ricavati da tali correlazioni sono riportati nelle allegate schede redatte per la prova SCPT, ove si sono altresì riportati i valori medi di  $q_c$  ed  $f_s$  relativi ad ogni strato omogeneo individuato.

Di seguito sono definiti i parametri geotecnici significativi medi degli orizzonti litologici.

Dall'analisi dei risultati è stato possibile risalire con una certa approssimazione alla natura litologica dei terreni attraversati, utilizzando come discriminante il metodo suggerito da Schmertmann (1978); quest'ultimo considera come indicativo della litologia il rapporto fra la resistenza alla punta  $R_p$  ed il rapporto  $Fr$  (figura seguente).

Tuttavia, si rammenta che, sebbene l'indagine penetrometrica tipo SCPT fornisca dati geotecnici attendibili, le informazioni sulla natura litologica e granulometrica dei terreni derivano sostanzialmente da correlazioni del tipo empirico. Nell'interpretazione dei risultati, le prove penetrometriche sono state assimilate a prove rapide in condizioni di drenaggio impedito (condizioni non drenate) e, nella definizione del comportamento geotecnico, è stata adottata una distinzione fondamentale fra terreni incoerenti (resistenza al taglio caratterizzata dal solo angolo di attrito) e terreni fini (resistenza al taglio caratterizzata soprattutto dall'esistenza di legami coesivi).

Per quanto concerne la definizione dei parametri geotecnici, utilizzando le più note e diffuse correlazioni basate sui dati SCPT, si è proceduto al calcolo di:

- Peso di volume specifico ( $\gamma$ ), coesione non drenata ( $C_u$ ) e modulo edometrico ( $E_d$ ) per i terreni coesivi.
- Peso di volume specifico ( $\gamma$ ), angolo di attrito interno di picco ( $\phi_p$ ), densità relativa ( $D_r$ ) e modulo di deformazione elastico (Young)/edometrico ( $E_d$ ) per i terreni incoerenti.

I metodi utilizzati per il calcolo dei parametri geotecnici sono di seguito illustrati.

### **COESIONE NON DRENATA - $C_u$ .**

E' stato utilizzato il metodo empirico proposto da Lunne e Eide:



### **Coesione Non Drenata**

Coesione non drenata (Lunne & Eide)

$$c_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = (R_p - \sigma'_{v0}) / (20.7 - 0.18 \text{ IP})$$

dove IP è l'indice di plasticità media dello strato

### **MODULO EDOMETRICO - Ed**

#### **Modulo Edometrico-Confina~~ro~~**

Mitchell - Gardnerr (1975) Mo (E<sub>ed</sub>) per limi e argille.

$$E_{ed} \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \alpha_m q_c$$

dove  $\alpha_m$  è funzione di argille di bassa plasticità (CL) e limi di bassa plasticità (ML)

Metodo generale del modulo edometrico.

$$E_{ed} \text{ (kg/cm}^2\text{)} = R_p (-2.3 R_p + 6.61)$$

Buisman correlazione valida per **limi e argille di media plasticità – Alluvioni attuali argille plastiche – suoli organici (W 90-130)**

Buisman e Sanglerat valida per litotipi **argille compatte**

### **PESO DI VOLUME NATURALE - $\gamma_n$ .**

#### **Peso di Volume Gamma**

Peso di volume terreni coesivi (t/m<sup>3</sup>) (Meyerhof)

$$\gamma = 1.6 + 0.168 \log (c_u) + 0.373$$

Peso di volume saturo terreni coesivi (t/m<sup>3</sup>) (Meyerhof)

$$\gamma_s = \gamma + 0.08$$

### **ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO - $\phi$**

Per stimare questo parametro sono stati utilizzati differenti metodi in cui l'angolo di attrito è calcolato in funzione della resistenza alla punta e della tensione verticale efficace, successivamente confrontati fra loro; in particolare:

Metodo di CAQUOT:  $\phi = 9.8 + 4.96 \cdot \ln(q_c / \sigma'v)$

Metodo di KOPPEJAN:  $\phi = 5.8 + 5.21 \cdot \ln(q_c / \sigma'v)$

Metodo di DE BEER:  $\phi = 5.9 + 4.76 \cdot \ln(q_c / \sigma'v)$

### **DENSITÀ RELATIVA - DR**

Definisce il grado di addensamento dei terreni attraversati; sono stati utilizzati i seguenti metodi:

HARMAN: questa correlazione è valida per tutti i tipi di sabbia e prevede di valutare la densità relativa in funzione della resistenza alla punta e della tensione verticale efficace.

$$Dr = 34.36 \cdot \ln(qc/12.3 \cdot \sigma'v^{0.7})$$

In cui:

$\sigma'v$  : tensione verticale efficace

$qc$  : resistenza alla punta (correlata)

$$\text{Lancellotta (1983): } Dr = 1.292 + 0.268 \times \ln(qc/\sigma v^{0.5})$$

#### MODULO DI DEFORMAZIONE - E

Definisce il valore del modulo di Young elastico utilizzando la seguente correlazione empirica di Schmertmann:

$$E \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 2,5 * Rp$$

Una ulteriore formula di calcolo che viene utilizzata per il calcolo del modulo edometrico (assimilando un confinamento laterale impedito anche per terreni granulari, con alta densità relativa e qc):

$$Ed \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 0.03 \times qc + 11.7 \times \sigma + 0.79 \times Dr$$

### **7.1 - MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DI RIFERIMENTO**

Le risultanze delle penetrometrie eseguite hanno delineato una copertura di terreno a natura argillosa limosa pedogenizzato (**Orizzonte O**), per circa 0.80 metri, seguito da limo argilloso (**Orizzonte A**) fino a profondità di circa 1.40 metri dal p.c., cui segue da una litologia limosa sabbiosa (**Orizzonte B**) fino a circa 6.00/7.00 metri. A maggiori profondità si ha sabbia limosa (**Orizzonte C**) sino a circa 19.00 metri, per poi trovare arricchimenti ghiaiosi in matrice sabbiosa (**Orizzonte D**), sino a 20.00/21.00 metri, oltre le quali si ha sabbia ghiaiosa (**Orizzonte E**) sino alle massime profondità indagate, oltre le quali difficoltà di infissione delle aste penetrometriche non hanno permesso il proseguimento delle prove – rifiuto geotecnico.

Esclusivamente in corrispondenza della prova Cpt1 (settore sud-ovest) è stato delineato un arricchimento limoso con ridotti parametri geotecnici (**Orizzonte B1**) tra i 3.20 ed i 4.50 metri ed un orizzonte maggiormente sabbioso e resistente (**Orizzonte B2**) a profondità tra i 5.50 ed i 7.00 metri, entro l'Orizzonte B, con carattere estremamente locale e senza continuità latero-verticale: desunta dalle risultanze delle altre prove penetrometriche eseguite e dal pozzo presente.

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno, segue una tabella in cui sono riassunti i principali parametri geotecnica nominali derivati direttamente dalle prove penetrometriche alle varie profondità.

- Orizzonte O:** terreno copertura pegogenizzata antropica  
Profondità: dal piano di cantiere a 0.60-0.80 metri
- Orizzonte A:** limo argilloso  
Profondità: da 0.80 a circa 1.40 metri  
(Coesione)  $C_u = 0.85$  [Kg/cm<sup>2</sup>]  
(Peso di Volume)  $\gamma = 1.80$  [Ton/m<sup>3</sup>]  
(Modulo Edometrico)  $E_u = 56$  [Kg/cm<sup>2</sup>]
- Orizzonte B:** limo e sabbia  
Profondità: da 1.40 a 6.00-7.00 metri  
(Coesione)  $C_u = 1.10$  [Kg/cm<sup>2</sup>]  
(Peso di Volume)  $\gamma = 1.95$  [Ton/m<sup>3</sup>]  
(Modulo Edometrico)  $E_u = 78$  [Kg/cm<sup>2</sup>]
- Orizzonte C:** sabbia limosa  
Profondità: da 6.00-7.00 a 19.00 metri  
(Coesione)  $C_u = 1.52$  [Kg/cm<sup>2</sup>]  
(Peso di Volume)  $\gamma = 2.00$  [Ton/m<sup>3</sup>]  
(Modulo Edometrico)  $E_u = 110$  [Kg/cm<sup>2</sup>]
- Orizzonte D:** sabbia e ghiaietto  
Profondità: da 19.00 a 20.0-21.0.00 metri  
(Densità Relativa)  $D_r = 60\%$   
(Angolo d'attrito interno di picco)  $\phi = 30^\circ$   
(Peso di Volume)  $\gamma = 2.05$  [Ton/m<sup>3</sup>]  
(Modulo Elastico)  $E' = 310$  [Kg/cm<sup>2</sup>]
- Orizzonte E:** sabbia e ghiaia  
Profondità: da 20.00-21.00 alle massime profondità indagate  
(Densità Relativa)  $D_r = 70\%$   
(Angolo d'attrito interno di picco)  $\phi = 32^\circ$   
(Peso di Volume)  $\gamma = 2.10$  [Ton/m<sup>3</sup>]  
(Modulo Elastico)  $E' = 470$  [Kg/cm<sup>2</sup>]
- Orizzonte B1:** limo  
Profondità: da 3.20 a 4.50 metri (solo su CPT1)  
(Coesione)  $C_u = 0.50$  [Kg/cm<sup>2</sup>]  
(Peso di Volume)  $\gamma = 1.90$  [Ton/m<sup>3</sup>]  
(Modulo Edometrico)  $E_u = 45$  [Kg/cm<sup>2</sup>]
- Orizzonte B2:** sabbia  
Profondità: da 5.50 a 7.00 metri (solo su CPT1)  
(Densità Relativa)  $D_r = 80\%$   
(Angolo d'attrito interno di picco)  $\phi = 36^\circ$   
(Peso di Volume)  $\gamma = 2.00$  [Ton/m<sup>3</sup>]  
(Modulo Elastico)  $E' = 300$  [Kg/cm<sup>2</sup>]

Dalle prove penetrometriche eseguite nell'anno 2025 è stato delineato un livello acquifero naturale minimo a circa 1.90 metri dall'attuale p.c.

Dal pozzo presente in sito emerge la seguente successione litostratigrafica:

0.0-2.0: argilla

2.0-8.0: sabbia

8.0-23.0: sabbia e ghiaia

## **8.0 - TERRENI DI FONDAZIONE**

Le NTC '18 hanno introdotto un sisma di progetto non per ogni comune come da NTC05, ma per ogni punto del territorio, (punti di ancoraggio nodali di un reticolo di 4 Km di lato). Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

I caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale a campo aperto sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica Pvr probabilità di superamento nel periodo di riferimento Tr:

ag = accelerazione massima al sito di riferimento;

Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

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

Nei confronti delle azioni sismiche, gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Ciascun stato limite corrisponde ad un'azione sismica.

Seguono le caratteristiche del sito in esame in funzione delle coordinate geografiche di riferimento baricentriche, ed i relativi parametri sismici, ipotizzati sulla struttura e del sito in oggetto: categoria litologica e topografica.

E' stata ipotizzata una classe topografica T1 per la presenza di terreno pianeggiante, e classe litologica di tipo C, alla luce della successione litologica presente in sito entro i primi 30.0 metri emersa dalle stratigrafie da pozzi idrici presenti in questo settore, dallo stendimento sismico passivo eseguito in sito (Tromografo) che delinea una Vseq30 pari a 310 m/s.

Si rimane a disposizione di qualunque variante ritenuta necessaria da parte del tecnico progettista alle ipotesi sopra indicate.

### **Parametri Sismici**

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	35anni
Coefficiente cu:	0,7
Operatività (SLO):	
Probabilità di superamento:	81 %
Tr:	30 [anni]
ag:	0,033 g
Fo:	2,541
Tc*:	0,209 [s]
Danno (SLD):	
Probabilità di superamento:	63 %
Tr:	35 [anni]
ag:	0,035 g
Fo:	2,551
Tc*:	0,216 [s]
Salvaguardia della vita (SLV):	
Probabilità di superamento:	10 %
Tr:	332 [anni]
ag:	0,080 g
Fo:	2,561
Tc*:	0,288 [s]
Prevenzione dal collasso (SLC):	
Probabilità di superamento:	5 %
Tr:	682 [anni]
ag:	0,102 g
Fo:	2,551
Tc*:	0,298 [s]

#### **Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii**

SLO:	
Ss:	1,500
Cc:	1,760
St:	1,000
Kh:	0,010
Kv:	0,005
Amax:	0,488
Beta:	0,200

SLD:

Ss: 1,500  
Cc: 1,740  
St: 1,000  
Kh: 0,011  
Kv: 0,005  
Amax: 0,516  
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,500  
Cc: 1,580  
St: 1,000  
Kh: 0,024  
Kv: 0,012  
Amax: 1,178  
Beta: 0,200

SLC:

Ss: 1,500  
Cc: 1,570  
St: 1,000  
Kh: 0,037  
Kv: 0,018  
Amax: 1,506  
Beta: 0,240

Considerando la profondità significativa, ai fini delle definizioni della superficie di rottura al di sotto della fondazione di progetto, sono stati ricavati i relativi parametri geotecnici caratteristici e di progetto entro il terreno per la soluzione fondazionale, in aggiunta alla profondità di incasso della fondazione dal p.c. (in accordo con la profondità di rottura pari a  $1-2 \times B$  fondazione a seconda di fondazioni e del bulbo di pressione per la determinazione dei cedimenti assoluti), in riferimento alla coesione non drenata ed angolo di attrito derivato dalle prove penetrometriche realizzate, considerando il lungo e breve termine, per il volume di terreno significativo per la fondazione di progetto.

Inoltre, nell'elaborazione statistica dei dati geotecnici, ai fini della definizione del volume significativo, una fondazione continua è assimilata ad una piccola superficie e risente maggiormente delle variazioni dei valori geotecnici stessi, assimilando il valore di progetto al valore minimo della serie, mentre per grandi superfici (fondazioni a platea), si può avere compensazione dei valori geotecnici, pertanto il valore caratteristico della serie, si avvicina maggiormente al valore medio della serie stessa.

Di seguito vengono calcolati i relativi valori geotecnici caratteristici, a cui occorre applicare i relativi parametri correttivi secondo i differenti possibili approcci di progetto, come da NTC 18', per la verifica dei vari SLU e SLE, per ricavare i parametri di progetto.



**Orizzonte A:** limo argilloso

Profondità: da 0.80 a circa 1.40 metri  
(Coesione)  $C_{uk} = 0.68-0.76$  [Kg/cm<sup>2</sup>]  
(Peso di Volume)  $\gamma = 1.80$  [Ton/m<sup>3</sup>]  
(Modulo Edometrico)  $E_{uk} = 50-53$  [Kg/cm<sup>2</sup>]

**Orizzonte B:** limo e sabbia

Profondità: da 1.40 a 6.00-7.00 metri  
(Coesione)  $C_{uk} = 0.89-1.00$  [Kg/cm<sup>2</sup>]  
(Peso di Volume)  $\gamma = 1.95$  [Ton/m<sup>3</sup>]  
(Modulo Edometrico)  $E_{uk} = 66-72$  [Kg/cm<sup>2</sup>]

**Orizzonte C:** sabbia limosa

Profondità: da 6.00-7.00 a 19.00 metri  
(Coesione)  $C_{uk} = 1.32-1.42$  [Kg/cm<sup>2</sup>]  
(Peso di Volume)  $\gamma = 2.00$  [Ton/m<sup>3</sup>]  
(Modulo Edometrico)  $E_{uk} = 96-102$  [Kg/cm<sup>2</sup>]

**Orizzonte D:** sabbia e ghiaietto

Profondità: da 19.00 a 20.0-21.0.00 metri  
(Densità Relativa)  $D_r = 60\%$   
(Angolo d'attrito interno di picco)  $\phi_k = 28^\circ-30^\circ$   
(Peso di Volume)  $\gamma = 2.05$  [Ton/m<sup>3</sup>]  
(Modulo Elastico)  $E'_k = 245-280$  [Kg/cm<sup>2</sup>]

**Orizzonte E:** sabbia e ghiaia

Profondità: da 20.00-21.00 alle massime profondità indagate  
(Densità Relativa)  $D_r = 70\%$   
(Angolo d'attrito interno di picco)  $\phi_k = 29^\circ-31^\circ$   
(Peso di Volume)  $\gamma = 2.10$  [Ton/m<sup>3</sup>]  
(Modulo Elastico)  $E'_k = 380-422$  [Kg/cm<sup>2</sup>]

**Orizzonte B1:** limo

Profondità: da 3.20 a 4.50 metri (solo su CPT1)  
(Coesione)  $C_{uk} = 0.42-0.48$  [Kg/cm<sup>2</sup>]  
(Peso di Volume)  $\gamma = 1.90$  [Ton/m<sup>3</sup>]  
(Modulo Edometrico)  $E_u = 36-40$  [Kg/cm<sup>2</sup>]

**Orizzonte B2:** sabbia

Profondità: da 5.50 a 7.00 metri (solo su CPT1)  
(Densità Relativa)  $D_r = 80\%$   
(Angolo d'attrito interno di picco)  $\phi_k = 32^\circ-33^\circ$   
(Peso di Volume)  $\gamma = 2.00$  [Ton/m<sup>3</sup>]  
(Modulo Elastico)  $E'_k = 214-244$  [Kg/cm<sup>2</sup>]

## **9.0 - INQUADRAMENTO SISMICO**

Per la verifica della compatibilità sismica dell'area all'intervento in progetto sono state prese in considerazione la successione litostratigrafica emersa dal pozzo idrico presente in sito, oltre che dall'inquadramento sismico con sviluppo di uno stendimento sismico passivo con tecnica tromografica eseguita in sito, a conferma delle risultanze emerse in questo settore – segue Relazione sismica interpretativa.

Dall'indagine sismica eseguita per l'inquadramento sismico emerge per questo settore di Roveleto di Cadeo è associato ad una  $V_{s30eq}$  pari a 310 m/s con relativa classe litologica di tipo C. L'area di Roveleto di Cadeo è caratterizzato dalla presenza di depositi superficiali Olocenici con profondità del bedrock sismico maggiore di 100 metri dal p.c.

## **10.0 – MICROZONAZIONE SISMICA AREALE**

### **10.1 – Piano Strutturale Comunale di Cadeo**

Dalla cartografia tematica estratta dal Quadro Conoscitivo del PSC del Comune di Cadeo – Tavola QCB32 "Carta della Pericolosità Sismica Locale" questo settore di Roveleto di Cadeo è associata a depositi alluvionali in cui non sussiste il rischio di liquazione per la presenza di terreni granulari sabbiosi a profondità maggiori di 20.0 metri dal p.c.

Dalla Tavola G-POC-01 "Carta Comunale delle aree suscettibili di effetti locali" questo settore non risulta compreso entro effetti di sito potenziali.

Dalla Tavola 02 "Carta Geologica-tecnica" estratta dallo studio di microzonazione sismica del territorio Comunale di Cadeo, emerge che questo settore è associato alla formazione geologica dell'Unità di Modena – AES8a, deposito di canale, argine e rotta fluviale.

Come terreno di copertura, questo settore è al contatto tra i limi organici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità (MLpi) nel settore meridionale, e le sabbie limose, miscela di sabbia e limo (SMpi).

Dalla Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), Cascina Solarolo non è stata caratterizzata, tuttavia il settore più meridionale in corrispondenza dell'infrastruttura principale con asse ovest-est, associata al settore più orientale dell'area, in corrispondenza dell'asse viario in cui si trova Cascina Solarolo, la Zona 1 "2001" come zone stabili suscettibili di amplificazioni locali:

successione stratigrafica costituita da alternanze di orizzonti a tessitura grossolana (ghiaio-sabbiosi) e orizzonti a tessitura fine (argille e limi), ricoperte da una coltre prevalentemente limosa argillosa con spessore variabile tra 10 e 20 metri.

Anche dalle sezioni litologiche interpretative associate allo Studio di Microzonazione Sismica del territorio Comunale di Cadeo, emerge che il primo sottosuolo, fino a profondità normalmente comprese tra 10 e 20 m, è caratterizzato, dalla presenza di una copertura di depositi prevalentemente fini (limi e argille) o medio fini (sabbie e limi); al disotto della coltre suddetta sono presenti depositi prevalentemente ghiaiosi strutturati in strati con spessori variabili (dell'ordine di qualche metro), in alternanza a depositi fini.

## **10.2 – SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE**

Scenari di pericolosità sismica locale possono essere dati da faglie, instabilità gravitative, liquefazione sabbie sature, amplificazioni sismiche, addensamento terreni a grana grossa, subsidenza terreni molli a grana fina.

Nel sito di riferimento non si hanno condizioni topografiche e/o strutturali tettoniche, solamente dal punto di vista litologico si possono avere effetti che portano ad una amplificazione dell'azione sismica.

Dalle coordinate geografiche di riferimento e dalla caratterizzazione litosismica e topografica del sito si ricavano i relativi spettri elastici di risposta sismica del sito cui il progettista applicherà il coefficiente di struttura in funzione della dilatanza della struttura stessa ricavando i relativi spettri di risposta inelastici sito-struttura.

Lo spettro elastico fornisce le forze sismiche necessarie per garantire un comportamento elastico, mentre lo spettro di progetto fornisce le forze sismiche di progetto ridotte corrispondenti ad un livello di plasticizzazione compatibile con la sopravvivenza della struttura.

In accordo con la Delibera Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n.112 del 02-05-2007, e dal successivo D.G.R. n.2193/2015, D.G.R. n.630/2019 e DGR 476 e 564/2021, sono stati illustrati i Criteri per la individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la Microzonazione sismica del territorio.

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica.

Gli studi della pericolosità sismica di base e della pericolosità locale hanno come obiettivo:

- l'individuazione delle aree dove in occasione di terremoti possono verificarsi effetti locali;
- la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine;
- la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale (micro zonazione sismica).

Dalla Tavola A46 "Carta delle aree suscettibili di effetti sismici locali" estratta dal PTCP si evince che il settore in oggetto è caratterizzato dal contatto tra i depositi detritici, depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o indifferenziati, substrato roccioso con  $V_s < 800$  m/s ed assimilabili (D), che necessitano di un II livello di approfondimento in base alla Del. RER n.112. Alla luce dell'esclusione della potenziale liquefazione dei sedimenti in sito nel settore nord (in corrispondenza di arricchimenti argillosi superficiali, almeno nei primi 10-20 metri dal p.c.). Nella porzione meridionale si ha il passaggio con arricchimenti sabbiosi limosi superficiali, nei primi 10-20 metri dal p.c., associabili a depositi alluvionali sabbiosi (S).

Dalla successione litostratigrafica emersa dal pozzo idrico e dalle prove penetrometriche eseguite, emerge la prevalenza di terreni di copertura (sino a 16.0-19.0 metri di profondità) di natura limosa prevalente.

La microzonazione sismica è la suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico e ai possibili effetti indotti dallo scuotimento (risposta sismica locale)

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento in funzione delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

Per la microzonazione sismica si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del moto sismico, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno).

L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolti a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti

indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato.

Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili, compresi quelli con coperture di spessore circa costante e acclività  $\leq 15^\circ$ , vale a dire in tutte le zone non interessate da instabilità nelle quali il modello stratigrafico può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale, si ritiene sufficiente **un'analisi semplificata** (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche e prove geotecniche in sito di tipo standard e l'amplificazione del moto sismico può essere stimata attraverso abachi e formule. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione litostratigrafica e geofisica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

b) **un'analisi più approfondita** (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta per la definizione di indici di rischio nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- aree soggette a liquefazione e densificazione;
- aree instabili e potenzialmente instabili;
- aree con rapida variazione della profondità del substrato rigido, come ad esempio le valli strette e profondamente incise, il cui modello stratigrafico non può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale; in questo caso sono raccomandate analisi bidimensionali.

La prima fase, o primo livello di approfondimento (individuazione delle aree potenzialmente soggette ad effetti locali), viene attuata già nell'ambito della pianificazione a scala di area vasta (es. provinciale), relativamente all'intero territorio, ed è recepita e integrata, ad una scala di maggior dettaglio, nella pianificazione urbanistica comunale,

limitatamente alle zone da indagare di cui al par. 2.1 del DGR 2193/2015.

La seconda fase (analisi della risposta sismica locale e microzonazione sismica del territorio) è richiesta per la predisposizione e approvazione degli strumenti di pianificazione urbanistica comunale e deve interessare le aree già urbanizzate e quelle indicate come suscettibili di urbanizzazione, i corridoi infrastrutturali e gli agglomerati posti in territorio rurale che possano considerarsi significativi, per dimensione e/o interesse insediativo, in rapporto alla realtà territoriale locale, ricadenti nelle aree potenzialmente soggette ad effetti locali individuate nella prima fase.

### **10.3 - PRIMA FASE - INDIVIDUAZIONE DELLE AREE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI**

#### Primo livello di approfondimento

Il primo livello di approfondimento ha le seguenti finalità:

- individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica;
- definire il tipo di effetti attesi;
- indicare, per ogni area, il livello di approfondimento necessario;
- descrivere le caratteristiche delle unità geologiche del sottosuolo, in termini di litologia, stratigrafia, tettonica e geometria per definire il modello geologico di base per la microzonazione sismica.

Per lo studio in oggetto sono stati predisposte le seguenti cartografie:

- 1) Carta delle indagini;
- 2) Carta geologico-tecnica
- 3) Carta delle frequenze naturali dei terreni, derivata da indagini sveditive di sismica passiva (HVSR sulle vibrazioni ambientali)
- 4) Carta delle aree suscettibili di effetti locali.

Per l'areale in oggetto si ipotizzano zone suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico per effetto dell'assetto litostratigrafico, in cui si ritiene sufficiente un approfondimento di secondo livello (analisi semplificata con seconda fase). L'areale in oggetto è caratterizzato da depositi alluvionali.

Per la caratterizzazione del sito in questa fase è stata eseguita una indagine sismica passiva con tecnica tromografica (HVSR), per la delineazione, sia delle Vs30eq di sito, che della frequenza fondamentale del sottosuolo.



La litologia emersa dall'inquadramento geologico associa a tale settore (molto limitato con carattere estremamente locale), un modello geologico costituito da coperture quaternarie appartenenti al tipico di ambiente di pianura "AES8a".

Non si hanno elementi geomorfologici caratteristici, ne tantomeno, con differenze all'interno dell'area di studio, che presenta un andamento sub pianeggiante, con assenza di rilievi, scarpate, ecc.

L'areale in oggetto presenta una potenziale amplificazione del moto sismico, indotta esclusivamente dalla condizione litologica di sito – amplificazione sismica o effetto sismico di sito per effetti litologici, come confermato dall'attuale cartografia sismica del PSC approvato. Dalla carta del PSC questo settore non è associato a scenari di potenziale liquefazione dei sedimenti presenti nel sottosuolo, per la presenza di litologia sabbiose a profondità superiori i 19.0 metri dal p.c., assetto confermato dalla successione litostratigrafica emersa dal pozzo idrico presente in sito.

Anche dalla seguente Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna (edizione 2017), si evince che il settore in oggetto non è interessato da lineamenti tettonici critici.

Dall'analisi sismica passiva eseguita in sito, emerge il valore della  $V_{seq}$  (30) pari a 310 m/s caratteristica per l'areale in oggetto, pertanto con omogeneità areale. La cartografia viene considerata superflua, sia per il carattere estremamente locale dell'area, che per l'omogeneità del parametro; la frequenza fondamentale risulta di 17 Hz.

Anche la carta degli effetti sismici locali per l'areale (carattere estremamente locale) risulta associata alla amplificazione litologica omogenea per tutto il settore in oggetto. La cartografia viene considerata superflua, sia per il carattere estremamente locale dell'area, che per l'omogeneità del parametro.

#### **10.4 - SECONDA FASE - ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO**

La seconda fase ha come obiettivo la valutazione della risposta sismica locale e la micro zonazione sismica del territorio indagato.

##### Secondo livello di approfondimento – analisi semplificata

Per la definizione dell'amplificazione ove è ritenuta sufficiente l'analisi semplificata si utilizzeranno gli abachi, le formule e le procedure indicate nell'Allegato A2.

Per tale fase di approfondimento sono state elaborate:

- 1) Carta delle velocità delle onde di taglio S ( $V_s$ ).
- 2) Carte dei fattori di amplificazione.

La stima dell'amplificazione tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule) è possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione sarà quantificata in termini di parametri FAPGA, FA0,1-0,5s, FA0,5-1s, FA0,5-1,5s che esprimono l'amplificazione per motivi stratigrafici, eventualmente incrementati con il fattore di amplificazione per cause topografiche ST. Tali coefficienti di amplificazione vengono stimati impiegando le tabelle e le formule dell'Allegato A2 (punti A2.1 e A2.2)

I FA rappresentano il rapporto fra lo scuotimento sismico, espresso con i parametri sotto indicati, valutato per la condizione geo-litologica specifica e il corrispondente scuotimento relativo alla categoria di sottosuolo A. Quest'ultimo è definito nella tabella 3.2.II delle Norme Tecniche per le Costruzioni, NTC (2008), come segue:

*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.*

I FA sono relativi a due parametri rappresentativi dello scuotimento sismico.

Il primo è l'accelerazione di picco orizzontale (**PGA**), il secondo è l'intensità spettrale.

E' stato considerato uno smorzamento  $\xi = 5 \%$  e tre intervalli di periodo proprio  $T_0$  ottenendo tre valori di intensità spettrale:

**SI1** :  $0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$

**SI2** :  $0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$

**SI3** :  $0.5s \leq T_0 \leq 1.5s$

Come si evince dalla seguente figura che segue per l'areale in oggetto, si considera il seguente scenario:

al contatto tra Pianura 2 e 1 prevalente.

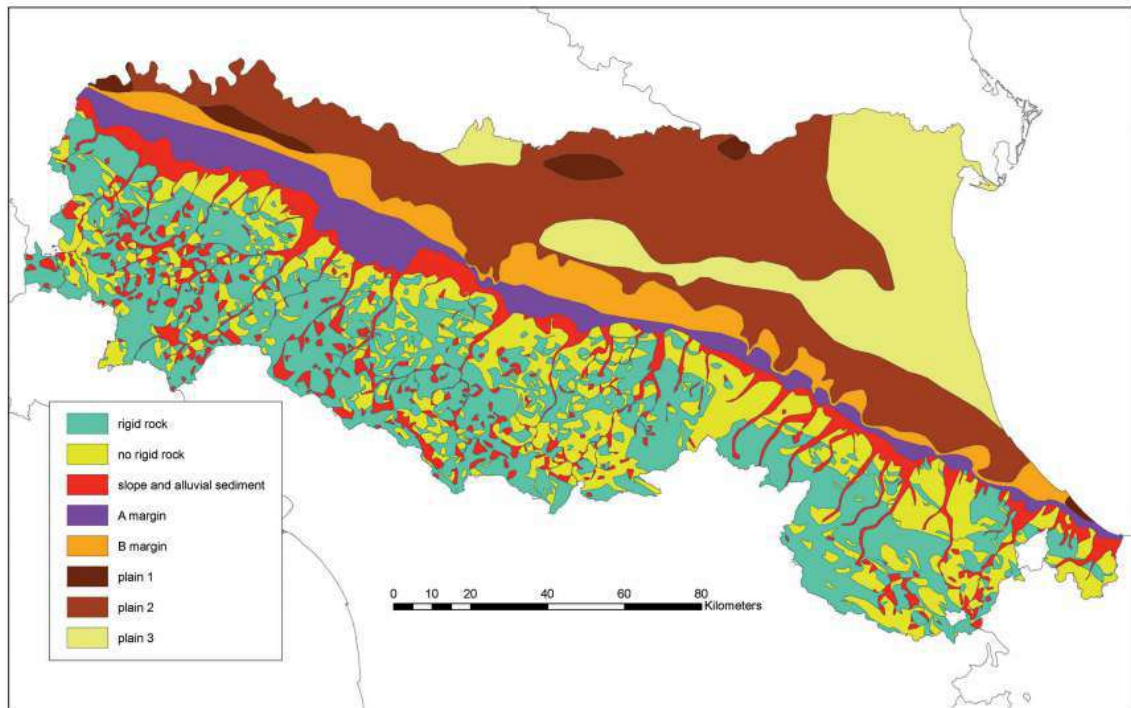


Fig. 11 - Emilia-Romagna map of the geologic macrozones for seismic studies.

PIANURA 1: settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di un' importante discontinuità stratigrafica responsabile di un contrasto di impedenza significativo, tale da essere considerato coincidente con il tetto del substrato rigido, a profondità  $\leq 100$  m da p.c.

La cartografia, sia per le velocità delle onde sismiche, che per i fattori di amplificazione viene considerata superflua, sia per il carattere estremamente locale dell'area, che per l'omogeneità del parametro.

$V_{s30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

Da cui emerge che, per una  $V_{s30eq} = 310$  m/s, si ha un FA PGA di 1.60.

$V_{s30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5
SA2	2,6	2,5	2,4	2,2	2,0	1,9
SA3	3,2	3,2	3,0	2,7	2,5	2,2
SA4	3,1	3,0	2,7	2,4	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SA1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ), **SA2** ( $0,4s \leq T \leq 0,8s$ ), **SA3** ( $0,7s \leq T \leq 1,1s$ ),  
**SA4** ( $0,5s \leq T \leq 1,5s$ )

$V_{s30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	1,9	1,9	1,9	1,8	1,6	1,5
SI2	3,0	2,9	2,7	2,5	2,3	2,1
SI3	3,4	3,2	2,8	2,5	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ), **SI2** ( $0,5s \leq T \leq 1,0s$ ), **SI3** ( $0,5s \leq T \leq 1,5s$ )

Lo stesso procedimento viene applicato per gli altri fattori di amplificazione sismica.

## 10.5 - ACCELERAZIONE MASSIMA ORIZZONTALE DI PICCO AL SUOLO

Dal sito dell'INGV si ricava la seguente caratterizzazione per il sito in oggetto: con classe di accelerazione orizzontale massima al suolo: classe 0.100-0.125.

### Calcolo magnitudo e distanza epicentrale.

Dalla Carta dei Meccanismi Focali della nuova classificazione della Regione Emilia-Romagna si evidenzia la seguente griglia di punti delle accelerazioni massime attese al suolo (arefg con 10% di probabilità di superamento in 50 anni corrispondente al periodo di ritorno di 475 anni).

Evidenziando l'areale in oggetto, si ha un punto della griglia prossimo a Roveleto di Cadeo a nord-est, con relativo valore di Aref(g). I dati sono relativi ai punti di una griglia con passo 0.05 gradi, ed i valori sono stati elaborati da INGV2.

$$Aref(g) = 0.1074$$

Dalla Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della R.E.R. del 2 maggio 2007 n.112 inerente i nuovi indirizzi di micro zonazione sismica in Emilia Romagna, vengono definiti per ciascun Comune della Regione i valori di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo (All. A della Del. 112/2007) espressa in funzione dell'accelerazione di gravità g ( $a_{refg}$ ), ed al Comune di Cadeo si ha un valore di 0.110g.

## 10.6 – SCUOTIMENTO SISMICO

In valore assoluto lo scuotimento sismico atteso al sito (accelerazione in cm/sec<sup>2</sup>) è evidenziato dal parametro:

$$H_{SM} = (ASI_{UHS}/\Delta T) \times FA$$

dove:

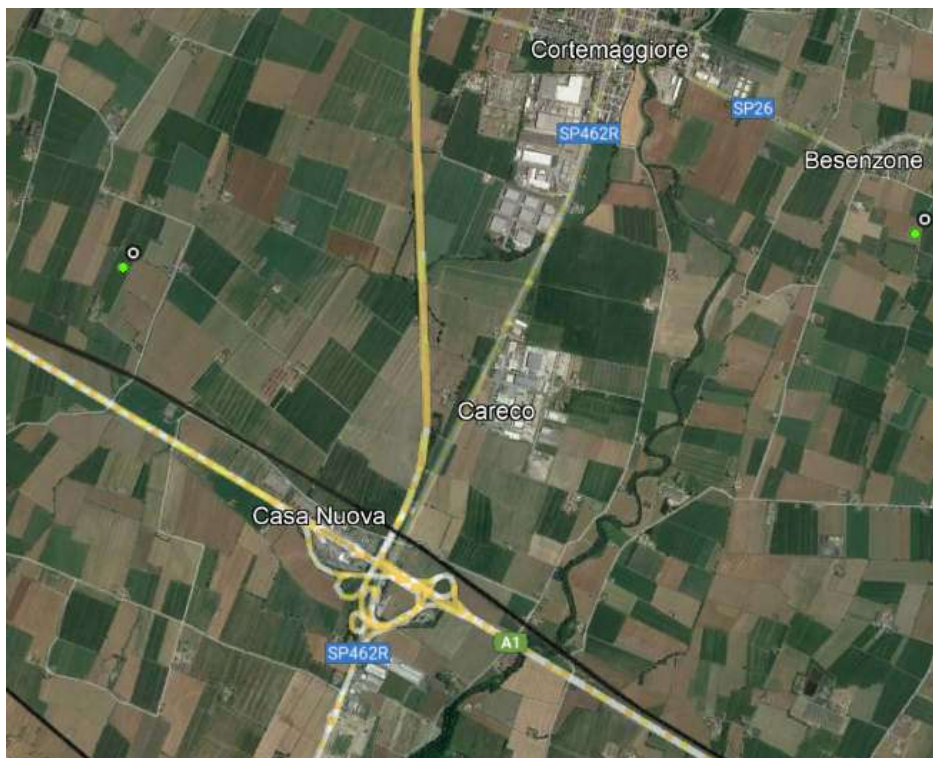
$ASI_{UHS}$ : integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato nell'intervallo  $0.1 \leq T \leq 0.5s$

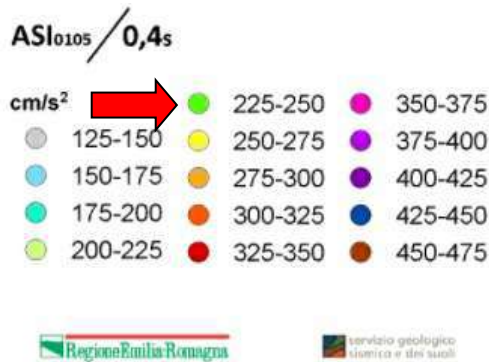
$\Delta T$  = tempo (la delibera di riferimento indica 0.4 s)

I valori del rapporto ( $ASI_{UHS}/\Delta T$ ) sono stati calcolati per ogni punto della griglia INGV e sono disponibili nel data base della regione E.R. di cui si riporta uno stralcio della relativa carta:

Il lotto in esame è interno alla griglia quadrata in cui i vertici sono caratterizzati da un  $ASI_{UHS}/\Delta T$  pari a 225 – 250, con un valore puntuale di un vertice prossimo al sito in oggetto pari a 237.  
ne deriva:

$$H_{SM} = (ASI_{UHS}/\Delta T) \cdot FA = 237 \times 1.6 = 379 \text{ cm/sec}^2$$





## 10.7 – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Dall'analisi delle mappe interattive di pericolosità sismica estratte dal sito dell'INGV si estrae per l'area in oggetto una Magnitudo Mw pari a 6.14.

La suscettibilità alla liquefazione dei sedimenti alluvionali che caratterizzano il sito in oggetto rappresenta un parametro molto importante da valutare nelle analisi di pericolosità sismica soprattutto a scala locale.

Per liquefazione si intende l'annullamento di resistenza al taglio di terreni granulari saturi sotto sollecitazioni di taglio cicliche ed in conseguenza delle quali il sedimento raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso. Il meccanismo di liquefazione è governato da molti fattori e tra questi i principali sono:

- caratteristiche dell'impulso sismico; (magnitudo  $M > 5,0$ );
- densità relativi  $\nu$  ( $DR < 50 \div 60\%$ );
- pressioni di confinamento (non sono riportati casi in letteratura di liquefazione in strati granulari profondi oltre 15-20 metri);
- fuso granulometrico;
- falda superficiale.

In condizioni di sisma vi possono anche essere effetti di "riordino" dei sedimenti, con possibilità di cedimenti significativi che possono coinvolgere sia i depositi granulari poco addensati e recenti (olocenici), sia i sedimenti fini poco coesivi.

Nell'ultimo decennio sono state elaborate procedure di stima delle potenziali deformazioni post-sisma anche nei sedimenti fini (limi e argille a comportamento "non drenato") provocate da perdite di resistenza. Quest'ultimo fenomeno è noto con il termine "cyclic softening" (Idriss & Boulanger, 2004-2007).



Per quanto detto, per le stime preliminari di progetti caratterizzati da un maggior impegno prestazionale, le verifiche della suscettibilità alla liquefazione e dei cedimenti potenziali indotti da sisma possono essere valutati utilizzando correlazioni empiriche basate sui risultati delle prove CPT (es. P.K Robertson 1990; 1998; 2009-2010).

Il vantaggio dell'uso delle penetrometrie statiche è da ricercarsi nella maggiore accuratezza e ripetibilità della CPT/CPTe rispetto ad altre prove, nella sua relativa economicità e soprattutto nella possibilità di avere profili continui con la profondità e che forniscono informazioni dettagliate anche sulla stratigrafia. I dati ricavati dalle prove CPTe/U sono stati elaborati secondo le procedure semplificate di verifica della liquefacibilità e stima dei cedimenti sismici attualmente più accreditate per le prove CPT, basate sulle esperienze di Seed e Idriss (1971) e di Robertson & Wride (1998), recentemente aggiornate dallo stesso P.K. Robertson (2009-2010). Le analisi espletate seguono, inoltre, le note procedure di riferimento dettate dall'NCEER. Questo approccio valuta la propensione alla liquefazione e stima i cedimenti post sisma sia nei sedimenti granulari saturi e insaturi, sia nei sedimenti fini, poco coesivi. Si è quindi riproceduto al calcolo automatico della liquefacibilità e dei cedimenti post sisma con il software "Cliq", sviluppato dalla GeoLogismiki Geotechnical Engineers in collaborazione con lo stesso P.K. Robertson, utilizzando i dati di input: magnitudo media del terremoto  $M = 6.14$  (INGV);  $a_{max}$  al suolo pari a  $0,1074g \times 1,5$  (classe C) =  $0,1611g$ . A ulteriore cautela la simulazione ha tenuto di una quota piezometrica indotta da sisma fino a 2.00 m.

La figura sottostante riporta i diagrammi di verifica della liquefacibilità con i relativi indici del fattore di sicurezza  $F_s$  ( $CCR/CSR$ ) e dell'ILP indice di potenziale liquefazione.

I metodi si basano sul rapporto che intercorre fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto; hanno perciò bisogno di valutare i parametri relativi sia all'evento sismico sia al deposito, determinati questi ultimi privilegiando metodi basati su correlazioni della resistenza alla liquefazione con parametri desunti da prove in situ. La resistenza del deposito alla liquefazione viene quindi valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione.

$FS = CCR / CSR$  dove CRR (Cyclic Resistance Ratio) indica la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico e CSR (Cyclic Stress Ratio) la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma.

Il potenziale di liquefazione PL di uno strato esprime con un numero compreso tra 0 e 1, la pericolosità di liquefazione dello strato nei confronti dell'evento sismico atteso.

$LP = F(z) \times w(z)$  dove:  $F(z)$  = funzione che esprime il potenziale di liquefazione di ogni strato in rapporto al FS calcolato  $w(z)$  = funzione che tiene conto della profondità dello strato,  
con  $F = 0$  per  $FS = 1$   $F = 0,1 - FS$  per  $FS < 1$   $w(z) = 10^{-0,5 z}$  per tenere conto del fatto che in superficie si risente dell'effetto cumulativo della liquefacibilità degli strati sottostanti, Iwasaki et al. (1978) introducono l'indice di liquefazione potenziale LPI:

$$LPI = \int_{z_{crit}=20}^0 F(z) \times w(z) \times dz$$

Le classi di pericolosità di liquefazione sono:

<i>LPI</i>	<i>Pericolosità di liquefazione</i>
0	Nulla
$0 \div 2$	Bassa
$2 \div 5$	Moderata
$5 \div 15$	Alta
$> 15$	Molto alta

Le verifiche non evidenziano possibilità di liquefazione per l'intervallo di indagine sulla prova eseguita.

Le condizioni che portano ad una maggiore propensione alla potenziale liquefazione sono indotte sia dal fuso granulometrico del terreno (sabbioso) e principalmente dalla sua densità relativa ( $Dr\%$ ). Dalla prova penetrometrica significativa CPT2 eseguita in sito si possono ricavare tali parametri indirettamente da formule, mentre una analisi diretta dei terreni tramite sondaggi diretti potrebbe portare a delinearne direttamente il fuso granulometrico e verificare la reale percentuale di fine presente (maggiore è la percentuale di fine e minore è la probabilità alla potenziale liquefazione dei terreni).

Dall'elaborazione della prova penetrometrica significativa all'interno dell'area (Cpt2), risultano fattori di sicurezza nei confronti di potenziale liquefazione dei terreni, di sicurezza.



GeoLogismiki  
Geotechnical Engineers  
Merahias 56  
<http://www.geologismiki.gr>

## LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

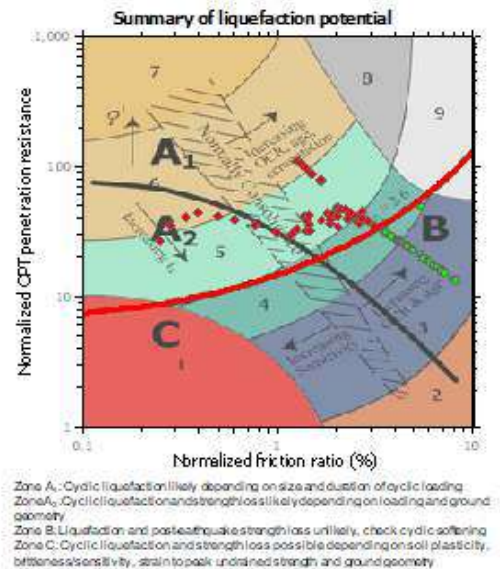
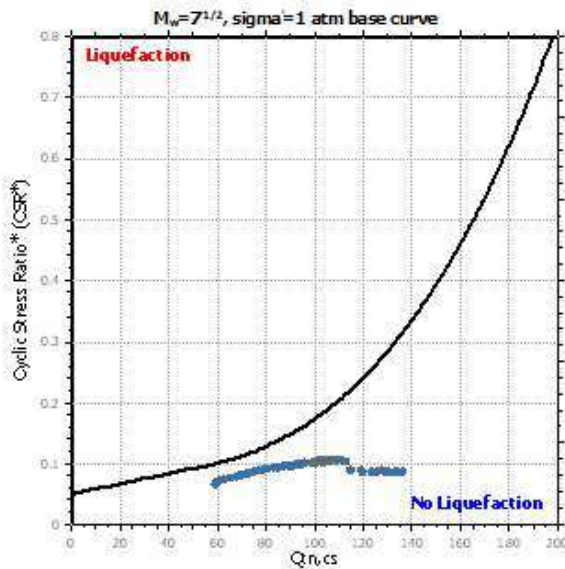
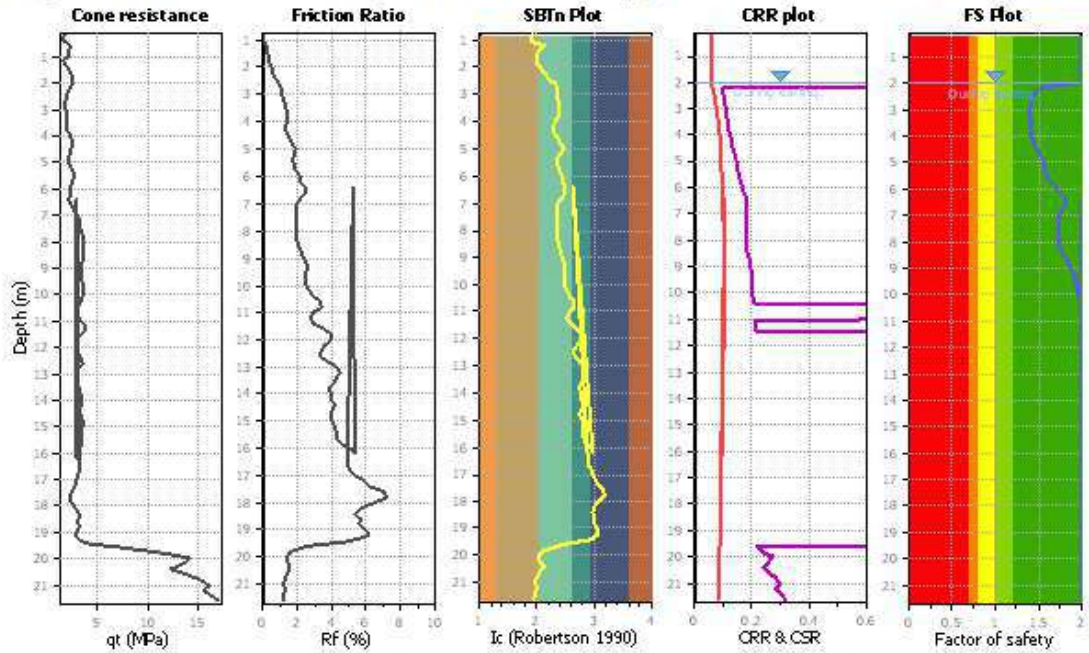
Project title:

Location:

CPT file: Foglio1

Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	1.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	2.00 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	No
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	N/A
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	$K_0$ applied:	Yes	MSF method:	Method based



## **11.0 – CONCLUSIONI**

Alla luce delle risultanze delle prove penetrometriche eseguite in sito, emerge la possibilità di avere locali e senza alcuna continuità latero-verticale, con presenza di arricchimenti sabbiosi superficiali e livelli con spessori metrici di terreno con ridotte caratteristiche geotecniche superficiali, associati probabilmente alla frangia capillare: condizione che porta ad avere dei cicli di saturazione ed essiccamento del reticolo cristallino dei terreni limosi. Nel caso, il piano di posa delle strutture corrispondesse ad uno di tali livelli si raccomanda di superarlo, anche con del magrone o con fondazioni profonde, al fine di non innescare pericolosi cedimenti differenziali nelle strutture in elevazione (con particolare attenzione alle strutture con fondazioni "strette" che risentono maggiormente di queste eventuali disomogeneità nel sottosuolo. A tal proposito si consiglia di utilizzare fondazioni a platea "larghe" per compensare queste condizioni litologiche.

Seguono alcuni accorgimenti tecnici:

- Si consiglia la presenza del geologo durante le fasi di scavo: nel caso si rinvenissero differenze litologiche significative rispetto al modello geologico emerso dalla presente relazione, potrebbero essere apportate modifiche alle scelte progettuali.
- Si consiglia di impermeabilizzare e drenare le pareti a contatto con il terreno. La realizzazione di piani interrati è sconsigliata per la possibilità di avere importanti oscillazioni del livello freatico naturale, sino al p.c.
- Si raccomanda di evitare qualsiasi dispersione o infiltrazione d'acqua nel sottosuolo, sia durante sia al termine dei lavori, specie in prossimità delle opere di fondazione, adottando una scrupolosa raccolta di tutte le acque di scolo superficiali che dovranno essere smaltite entro recapiti autorizzati.
- Si consiglia di realizzare gli scavi fondazionali in periodi particolarmente secchi con livelli freatici più profondi.
- Occorre prestare particolare attenzione a scavi a ridosso di strutture esistenti, soprattutto se a profondità superiori il piano di posa fondazionale. Questa condizione può indurre rilasci tensionali che si possono riflettere nella stabilità delle strutture in elevazione.
- La realizzazione di aree centripete, capaci di insaccare ed infiltrare le acque meteoriche sia nel sottosuolo che a contatto con la struttura in elevazione dovranno essere opportunamente valutate in fase realizzativa e, se possibile, escluse. Il terreno superficiale argilloso permette un assorbimento di acque ma

difficoltà di drenaggio della stessa.

- Si raccomanda di impostare le fondazioni di progetto ad una profondità tale da superare lo strato di terreno pedogenizzato che risente maggiormente delle variazioni di temperatura e contenuto di acqua stagionale, presente in sito a profondità di circa 0.80 metri dal p.c. – Orizzonte O.
- La litologia limosa presente ha la caratteristica di poter variare di volume in funzione del contenuto d'acqua naturale stagionale, pertanto sono possibili inneschi di cedimenti ulteriori di "polmonamento" dell'argilla con effetti stagionali difficilmente valutabili (ritiro nei periodi secchi e rigonfiamento nei periodi umidi).
- Si raccomanda di verificare durante le fasi di scavo la reale successione lito-stratigrafica, perchè potrebbero emergere locali variazioni litologiche anche a differenti profondità dal piano di campagna. Inoltre, è possibile rinvenire "lenti" litologiche di terreni relativamente coesivi sciolti, associati soprattutto al passaggio tra differenti litologie. Nel caso il piano di posa fondazionale corrispondesse a tali livelli, si consiglia di approfondirlo fino a raggiungere il sottostante orizzonte portante, anche con del magrone.
- Le operazioni di scavo dovranno essere attentamente monitorate e dovranno essere realizzate le opportune opere di contenimento, atte alla messa in sicurezza degli scavi (anche fondazionali). La condizione critica, deriva dal passaggio tra differenti litologie, dalla presenza di terreni a componente granulare con minore grado di stabilità delle pareti del fronte di scavo e/o da venute di acque sui fronti di scavo. Ulteriori apporti instabilizzanti derivano da vibrazioni esterne (traffico veicolare o di cantiere), sovraccarichi sul ciglio di scarpata.
- Un ulteriore aspetto critico, deriva dalla possibilità di avere oscillazioni del livello freatico naturale importanti associate agli eventi meteorici. Questa condizione di oscillazione del livello freatico naturale, porta sia a effetti di sotto-spinge idrauliche differenziali sulla struttura di progetto, che a variazioni dello stato tensionale dei terreni di fondazione (per periodi in cui si ha la presenza di falda, ed altri senza tale livello freatico), con ripercussione su possibili inneschi di cedimenti differenziali nelle strutture in elevazione.

Nel caso di scavi occorre tenere conto di svariate condizioni naturali che si possono riscontrare sul fronte di scavo, e che diminuiscono la stabilità generale del pendio/fronte creato:

- circolazioni acquifere, che portano sia a ammolimenti della matrice dei terreni, con successiva riduzione dei parametri geotecnici, che a retro-pressioni e "lubrificazioni" delle superfici lito-stratigrafiche, anche con carattere effimero. Anche sversamenti idrici sia sul ciglio che alla base dell'eventuale fronte di scavo dovranno essere attentamente evitati;
- passaggio tra differenti litologie, anche con buoni parametri geotecnici, tali passaggi stratigrafici corrispondono a discontinuità deposizionali con possibili potenziali piani di scivolamento;
- sovraccarichi sul ciglio superiore del fronte di scavo creato, indotti, sia da camion di cantiere, strutture varie, che dal traffico veicolare e dalle operazioni di cantiere con sviluppo di vibrazioni instabilizzanti. In questo caso la presenza della struttura esistente comporta lo sviluppo di sovraccarichi elevati su qualunque fronte di scavo, che dovrà essere affrontato con opportune opere di contenimento progettate dal tecnico progettista.

Si raccomanda di realizzare gli eventuali scavi in un periodo secco privo di precipitazioni meteoriche, inoltre, sviluppare gli scavi a settori in modo da aumentare la stabilizzazione dell'intero fronte, senza creare interferenze che possono amplificare locali fenomeni d'instabilità.

Risultano d'estrema importanza monitoraggi continui per rilevare:

- 1) *eventuali formazioni di fessurazioni, leggere rotazioni del fronte;*
- 2) *rigonfiamenti del fronte di scavo creato, questo indica una fase di rilascio del terreno;*
- 3) *formazioni di fratture nel terreno, soprattutto al tetto del fronte di sbancamento, fessure di tension-crack sub-parallele al fronte stesso;*
- 4) *formazioni di piccoli sollevamenti del terreno nelle aree limitrofe al fronte, soprattutto alla base (la prima fase di cedimento del terreno di imposta fondazionale comporta uno schiacciamento lungo la verticale della struttura e conseguente rilascio tensionale verso la superficie con conseguente sollevamento del terreno);*
- 5) *espulsione di acqua dal fronte di sbancamento, la creazione di un fronte di scavo costituisce una "via di fuga" per l'acqua con possibili schiacciamenti degli orizzonti cui viene a mancare l'acqua tra i pori, sostituita da aria la cui capacità di compressione è*

*maggiore. Si possono avere abbassamenti di vari centimetri che minano la stabilità della struttura superficiale.*

6) *Eventuale presenza sul fronte di scavo di disomogeneità litologiche con presenza di materiale ghiaioso. Questa condizione porta a potenziali rilasci tensionale del terreno a componente granulare. In tal caso occorrerà realizzare opere di contenimento opportune sul fronte stesso.*

7) Lo sviluppo di fessurazioni sul terreno del fronte di scavo, che può riscontrarsi qualche ora od anche qualche giorno dopo eseguito lo scavo, riduce notevolmente i valori geotecnici del terreno. Pertanto, occorre tenere monitorato il fronte su tale dinamica, e mantenerlo aperto per il minore tempo possibile. In caso di formazione di fessurazione occorrerà stabilizzare il fronte di scavo con opportune opere di contenimento.

Nel caso si verificasse una delle condizioni sopra riportate, o nel caso di instabilizzazioni, anche parziali in determinati settori; bisognerà al più presto chiudere il fronte od approntare tutte le opere di contenimento dello stesso con opere; si consiglia pertanto di mantenere il fronte creato a cielo aperto per il minor tempo possibile o realizzare strutture di contenimento.

La condizioni a "breve termine" in fase di cantiere della presenza del fronte di scavo, permette di considerare la parametrizzazione geotecnica dei terreni in condizioni non drenate derivate dalle prove penetrometriche eseguite in sito.

Nel caso di mantenimento del fronte di scavo aperto per tempi più lunghi, occorrerà verificare la stabilità dello stesso con parametri geotecnici dei terreni non più in condizioni non drenate, ma drenate; condizione che comporterebbe una riduzione dei fattori di sicurezza dello stesso fronte di scavo.

Si raccomanda di coprire i fronti di scavo, come il ciglio superiore ed il piede con teli in modo da tutelarsi nei confronti di eventi meteorici incidenti direttamente sul terreno, scongiurando saturazioni idriche che potrebbero diminuire le caratteristiche geotecniche dei terreni e di conseguenza la stabilità dei fronti stessi.

Si raccomanda di non andare a creare sovraccarichi al ciglio superiore dei fronti di scavo creati.

Dalla presente relazione tecnica esulano tutte le eventuali prescrizioni ed imposizioni inerenti i dettati normativi sulla sicurezza dei cantieri con particolare ai fronti di scavo, relative altezze ed operatività degli operatori edili, che rimangono a carico della ditta esecutrice che dovrà verificarne le compatibilità.

Per quanto riguarda gli aspetti normativi, si rimanda ai tecnici progettisti la verifica della compatibilità dell'intervento di progetto con le norme tecniche di attuazione sia del PSC vigente comunale, che degli strumenti di pianificazione sovraordinata (PTCP/PTAV, PAI).

*Nel dichiararmi a disposizione per eventuali chiarimenti, colgo l'occasione per porgere i più distinti saluti.*

A circular professional stamp for Massimo Mannini, a geologist in the Emilia-Romagna region. The stamp contains the text "ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA ROMAGNA", "DOTT. MASSIMO MANNINI", "Emilia-Romagna", "GEOLOGO", "SEZA", and "ALBO. P. 793". A handwritten signature is written over the stamp.

Fiorenzuola d'Arda  
15 luglio 2025  
Massimo Mannini Geologo



--

<b>Geologo Massimo Mannini</b> <b>C.FISC: nd</b> <b>P.IVA: 01268290333</b>	<b>Via: via caduti di cefalonia, 7/9</b> <b>29017 Fiorenzuola d'Arda (PC) -</b>  <b>Tel: -</b> <b>Fax:</b> <b>Email: info@manninimassimo.it</b> <b>Web:</b>
--	---

	<b>Data: novembre 2018</b>
	<b>Il committente</b>
	<b>IL Tecnico</b>
	<b>Il Progettista</b>
<b>Indagine geofisica tramite tecnica HVSR</b>	

### **Cenni sulla teoria della tecnica HVSR**

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo Vs30 attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo Vs30.

## Dati generali

Nome progetto:  
Committente:  
Cantiere:  
Località: Chiavenna Landi - Pc

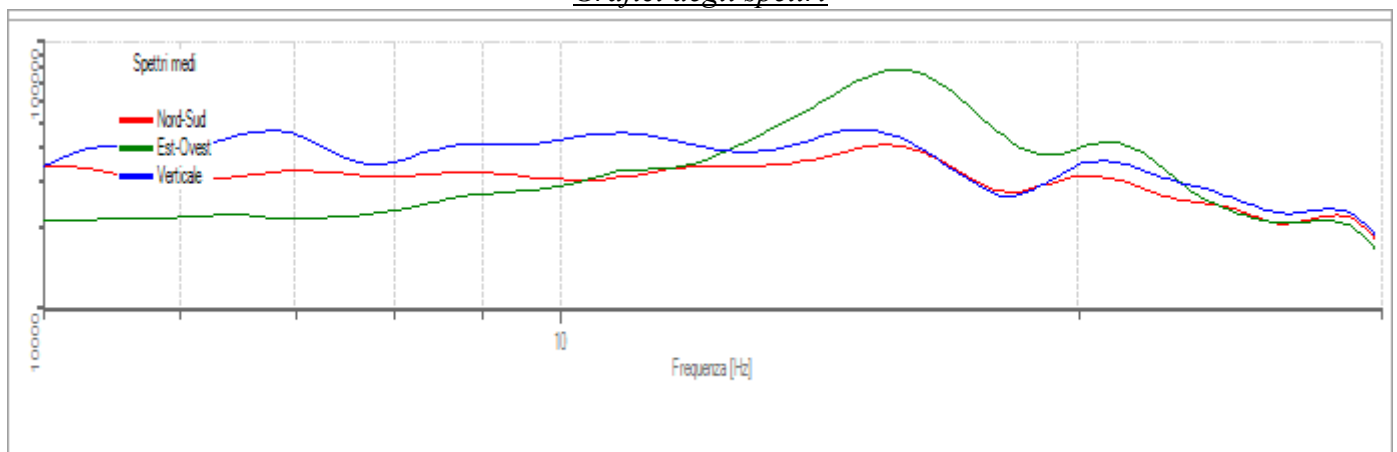
Operatore: Mannini  
Responsabile: Mannini  
Data: 24/05/2018 00:00:00  
Zona: III  
Latitudine:  
Longitudine:

## Tracce in input

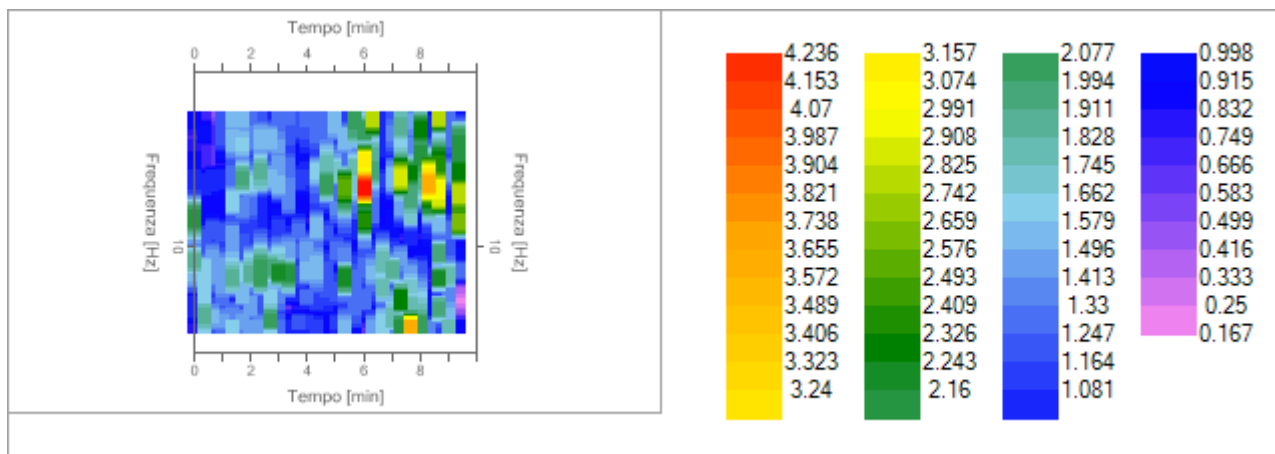
### Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	600 s
Frequenza di campionamento:	155.00 Hz
Numero campioni:	93000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

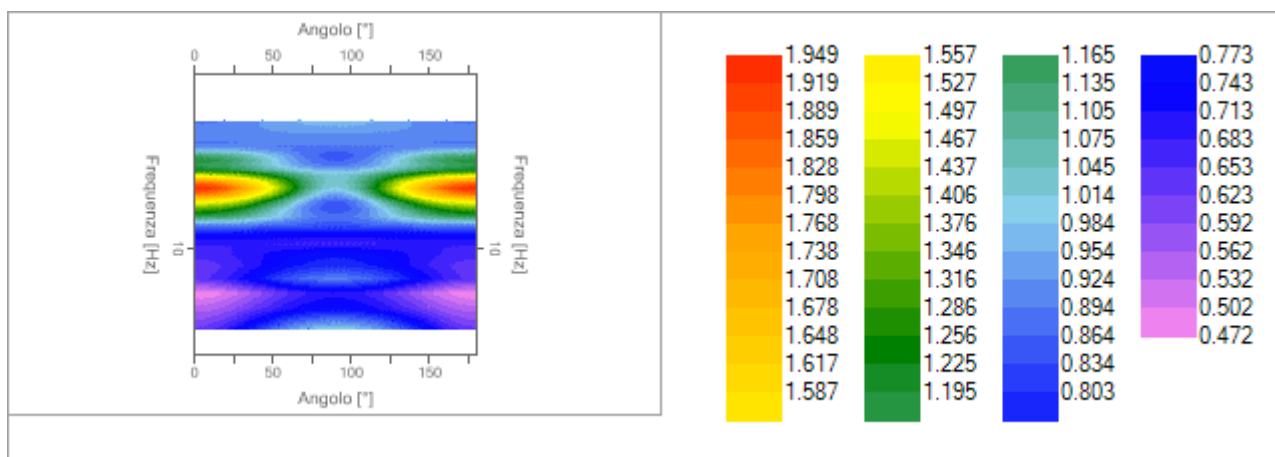
### Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

## Rapporto spettrale H/V

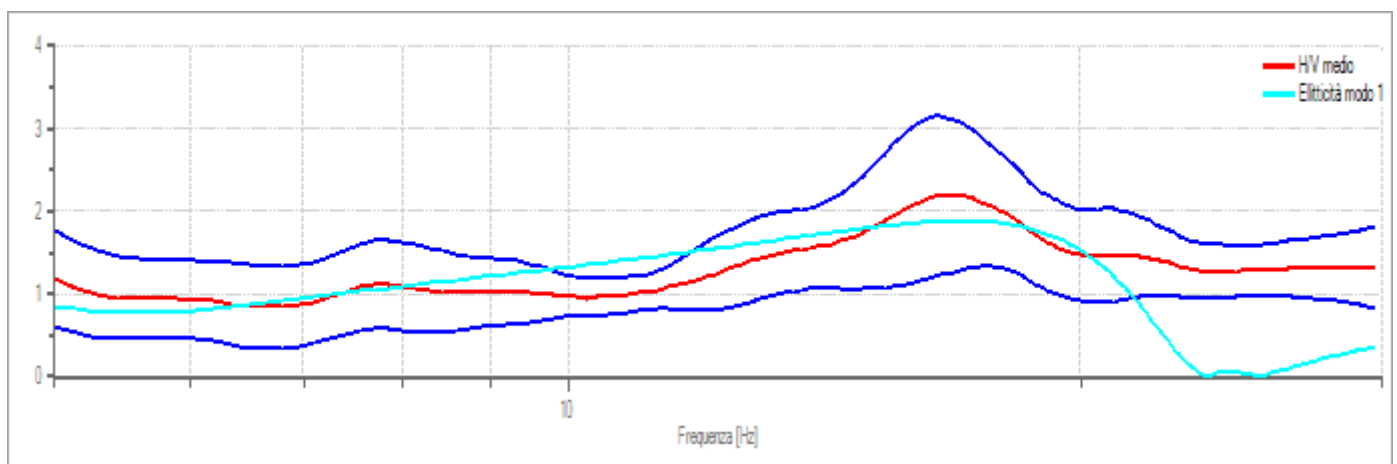
### Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 30.00 Hz  
 Frequenza minima: 5.00 Hz  
 Passo frequenze: 0.15 Hz  
 Tipo lisciamiento:: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di lisciamiento: 10.00 %  
 Tipo di somma direzionale: Media geometrica

### Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 16.70 Hz  $\pm$  0.43 Hz

### Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

### Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Non superato
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

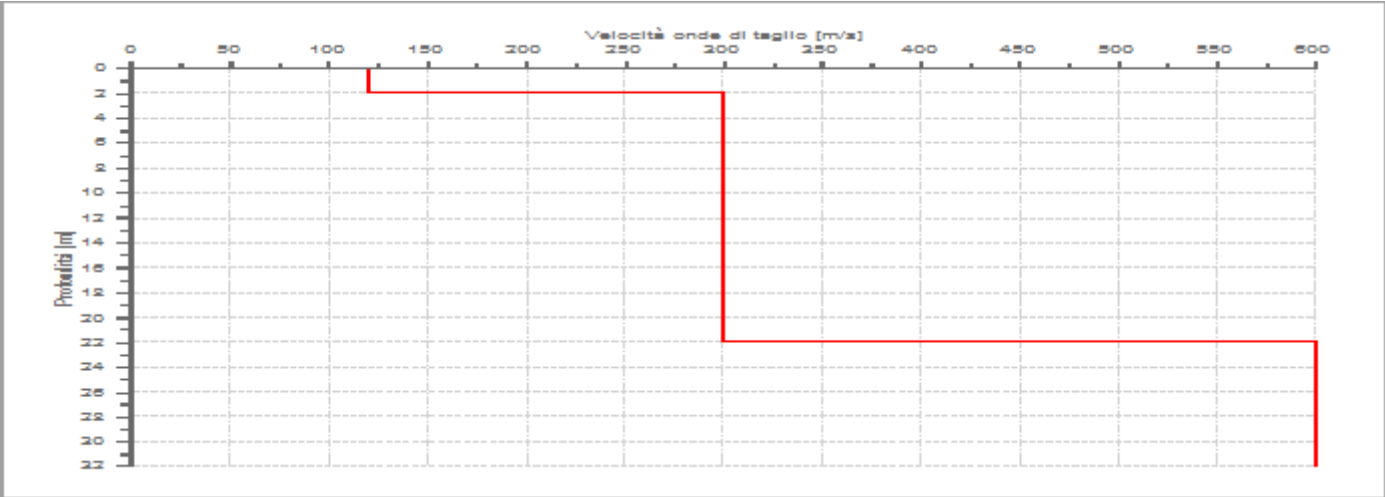
# Modello stratigrafico

Dati riepilogativi:

Numero strati: 3  
Frequenza del picco dell'ellitticità: 17.00 Hz  
Valore di disadattamento: 0.54  
Valore Vs30: 310.34 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m^3]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	2	18	0.44	120
2	2	20	19	0.35	300
3	22	10	20	0.3	600



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

# PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente:	
Cantiere:	
Località:	

## Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63 (200 kN)

<b>Rif. Norme</b>	<b>ASTM D3441-86</b>
<b>Diametro Punta conica meccanica</b>	<b>35.7</b>
<b>Angolo di apertura punta</b>	<b>60</b>
<b>Area punta</b>	<b>10</b>
<b>Superficie manicotto</b>	<b>150</b>
<b>Passo letture (cm)</b>	<b>20</b>
<b>Costante di trasformazione Ct</b>	<b>10</b>

PROVA ... Nr.1

Committente:  
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)  
 Prova eseguita in data: 14/07/2025  
 Profondità prova: 10.00 mt  
 Località:

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	28.00	40.0	28.0	0.8	35.0	2.9
0.40	28.00	40.0	28.0	1.266667	22.105	4.5
0.60	24.00	43.0	24.0	2.2	10.909	9.2
0.80	22.00	55.0	22.0	1.866667	11.786	8.5
1.00	15.00	43.0	15.0	1.733333	8.654	11.6
1.20	15.00	41.0	15.0	1.6	9.375	10.7
1.40	14.00	38.0	14.0	0.733333	19.091	5.2
1.60	17.00	28.0	17.0	0.8	21.25	4.7
1.80	17.00	29.0	17.0	0.333333	51.0	2.0
2.00	13.00	18.0	13.0	0.4	32.5	3.1
2.20	21.00	27.0	21.0	0.666667	31.5	3.2
2.40	13.00	23.0	13.0	0.466667	27.857	3.6
2.60	17.00	24.0	17.0	0.533333	31.875	3.1
2.80	16.00	24.0	16.0	0.4	40.0	2.5
3.00	13.00	19.0	13.0	0.533333	24.375	4.1
3.20	9.00	17.0	9.0	0.333333	27.0	3.7
3.40	9.00	14.0	9.0	0.333333	27.0	3.7
3.60	9.00	14.0	9.0	0.4	22.5	4.4
3.80	7.00	13.0	7.0	0.266667	26.25	3.8
4.00	8.00	12.0	8.0	0.266667	30.0	3.3
4.20	6.00	10.0	6.0	0.266667	22.5	4.4
4.40	5.00	9.0	5.0	0.2	25.0	4.0
4.60	17.00	20.0	17.0	0.333333	51.0	2.0

4.80	23.00	28.0 23.0		0.466667	49.286	2.0
5.00	12.00	19.0	12.0	0.2	60.0	1.7
5.20	24.00	27.0 24.0		0.333333	72.0	1.4
5.40	32.00	37.0 32.0		0.533333	60.0	1.7
5.60	143.00	151.0 143.0		2.133333	67.031	1.5
5.80	188.00	220.0 188.0		0.933333	201.429	0.5
6.00	89.00	103.0 89.0		1.266667	70.263	1.4
6.20	139.00	158.0 139.0		4.133333	33.629	3.0
6.40	122.00	184.0 122.0		2.533333	48.158	2.1
6.60	169.00	207.0	169.0 1.4		120.714	0.8
6.80	114.00	135.0 114.0		0.666667	171.0	0.6
7.00	102.00	112.0	102.0 2.8		36.429	2.7
7.20	79.00	121.0	79.0 1.2		65.833	1.5
7.40	17.00	35.0	17.0	0.8	21.25	4.7
7.60	17.00	29.0 17.0		0.933333	18.214	5.5
7.80	21.00	35.0 21.0		1.333333	15.75	6.3
8.00	27.00	47.0 27.0		1.666667	16.2	6.2
8.20	32.00	57.0	32.0	1.6	20.0	5.0
8.40	33.00	57.0	33.0	2.0	16.5	6.1
8.60	36.00	66.0 36.0		2.333333	15.429	6.5
8.80	44.00	79.0 44.0		2.133333	20.625	4.8
9.00	44.00	76.0 44.0		2.133333	20.625	4.8
9.20	43.00	75.0 43.0		2.133333	20.156	5.0
9.40	46.00	78.0 46.0		2.133333	21.563	4.6
9.60	35.00	67.0 35.0		1.866667	18.75	5.3
9.80	35.00	63.0 35.0		1.866667	18.75	5.3
10.00	35.00	63.0 35.0		0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm²)	fs Media (Kg/cm²)	Gamma Medio (t/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.80	25.5	1.533334	1.9	Coesivo	Copertura argilla limosa
3.00	15.54545	0.745455	1.9	Coesivo	Limo
4.40	7.571429	0.295238	1.8	Coesivo	Limo
5.40 21.6		0.373333		1.9 Incoerente	Limo sabbioso
7.20	127.2222	1.896296	2.0	Incoerente	Sabbia
10.00	33.21429	1.638095	2.0	Incoerente- Coesivo	Sabbia limosa

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Nr.1

### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimentale	Lunne T.- Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 1	0.80	25.5	1.533334	1.23	1.61	1.69	1.50	1.27
Strato 2	3.00	15.54545	0.745455	0.73	1.06	1.01	0.89	0.80
Strato 3	4.40	7.571429	0.295238	0.34	0.52	0.46	0.40	0.36
Strato 6	10.00	33.21429	1.638095	1.56	1.86	2.10	1.86	1.66

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buisman	Buisman Sanglerat
Strato 1	0.80	25.5	1.533334	63.75	51.00	76.50
Strato 2	3.00	15.54545	0.745455	77.73	48.25	93.27
Strato 3	4.40	7.571429	0.295238	37.86	37.12	45.43



Strato 6	10.00	33.21429	1.638095	83.04	66.43	99.64	99.64				
Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm²)											
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)						
Strato 1	0.80	25.5	1.533334	953.40	38.10						
Strato 2	3.00	15.54545	0.745455	569.42	23.40						
Strato 3	4.40	7.571429	0.295238	264.58	11.40						
Strato 6	10.00	33.21429	1.638095	1208.71	49.80						
Modulo di deformazione a taglio											
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm²)						
Strato 1	0.80	25.5	1.533334	Imai & Tomauchi	202.56						
Strato 2	3.00	15.54545	0.745455	Imai & Tomauchi	149.70						
Strato 3	4.40	7.571429	0.295238	Imai & Tomauchi	96.46						
Strato 6	10.00	33.21429	1.638095	Imai & Tomauchi	238.06						
Grado di sovraconsolidazione											
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Stress-History							
Strato 1	0.80	25.5	1.533334		7.8						
Strato 2	3.00	15.54545	0.745455		1						
Strato 3	4.40	7.571429	0.295238		<0.5						
Strato 6	10.00	33.21429	1.638095		0.79						
Peso unità di volume											
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)						
Strato 1	0.80	25.5	1.533334	Meyerhof	2.01						
Strato 2	3.00	15.54545	0.745455	Meyerhof	1.93						
Strato 3	4.40	7.571429	0.295238	Meyerhof	1.80						
Strato 6	10.00	33.21429	1.638095	Meyerhof	2.05						
Peso unità di volume saturo											
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)						
Strato 1	0.80	25.5	1.533334	Meyerhof	2.09						
Strato 2	3.00	15.54545	0.745455	Meyerhof	2.01						
Strato 3	4.40	7.571429	0.295238	Meyerhof	1.88						
Strato 6	10.00	33.21429	1.638095	Meyerhof	2.13						
TERRENI INCOERENTI I											
Densità relativa (%)											
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	Schmertman n	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkowsk i 1985			
Strato 4	5.40	21.6	0.373333	29.2	27.65	30.96	29.71	25.84			
Strato 5	7.20	127.2222	1.896296	76.78	87.23	87.13	77.71	69.15			
Strato 6	10.00	33.21429	1.638095	34.82	30.9	34.57	35.39	21.3			
Angolo di resistenza al taglio (°)											
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Durguno uglu- Mitchell 1973	Caquot	Koppejan	De Beer	Schmert mann	Robertso n & Campane lla 1983	Herminie r	Meyerho f 1951
Strato 4	5.40	21.6	0.373333	31.32	27.44	24.32	22.82	31.87	34.68	23.46	26.7
Strato 5	7.20	127.2222	1.896296	38.94	35.25	32.53	30.32	40.21	43.37	31.85	45
Strato 6	10.00	33.21429	1.638095	31.3	27.26	24.15	22.66	32.33	34.47	23.42	31.91
Modulo di Young (Kg/cm²)											
	Prof. Strato	qc	fs	Schmertmann	Robertson &	ISOPT-1 1988					

	(m)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )		Campanella (1983)	Ey(50)
Strato 4	5.40	21.6	0.373333	54.00	43.20	273.93
Strato 5	7.20	127.2222	1.896296	318.06	254.44	703.84
Strato 6	10.00	33.21429	1.638095	83.04	66.43	408.27

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

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Robertson & Campanella da Schmertman n	Lunne- Christofferse n 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy- Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 4	5.40	21.6	0.373333	29.71	84.73	158.37	43.20	108.00
Strato 5	7.20	127.2222	1.896296	81.53	269.52	1026.67	190.83	190.83
Strato 6	10.00	33.21429	1.638095	36.90	130.29	246.51	66.43	99.64

#### Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 4	5.40	21.6	0.373333	Imai & Tomauchi	183.02
Strato 5	7.20	127.2222	1.896296	Imai & Tomauchi	540.81
Strato 6	10.00	33.21429	1.638095	Imai & Tomauchi	238.06

#### Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Stress-History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 4	5.40	21.6	0.373333	0.81	6.65	<0.5	6.08
Strato 5	7.20	127.2222	1.896296	3.93	>9	0.92	>9
Strato 6	10.00	33.21429	1.638095	0.79	>9	<0.5	4.98

#### Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ko
Strato 4	5.40	21.6	0.373333	Kulhawy & Mayne (1990)	0.31
Strato 5	7.20	127.2222	1.896296	Kulhawy & Mayne (1990)	0.85
Strato 6	10.00	33.21429	1.638095	Kulhawy & Mayne (1990)	0.30

#### Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 4	5.40	21.6	0.373333	0.12857	0.01671
Strato 5	7.20	127.2222	1.896296	0.09399	0.01222
Strato 6	10.00	33.21429	1.638095	0.11797	0.01534

#### Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 4	5.40	21.6	0.373333	Meyerhof	1.80
Strato 5	7.20	127.2222	1.896296	Meyerhof	1.90
Strato 6	10.00	33.21429	1.638095	Meyerhof	1.80

#### Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 4	5.40	21.6	0.373333	Meyerhof	2.10
Strato 5	7.20	127.2222	1.896296	Meyerhof	2.20
Strato 6	10.00	33.21429	1.638095	Meyerhof	2.10

#### Liquefazione - Accelerazione sismica massima (g)=0.15

	Prof. Strato	qc	fs	Correlazione	Fattore di sicurezza
--	--------------	----	----	--------------	----------------------

	(m)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	a liquefazione		
Strato 4	5.40	21.6	0.373333	Robertson & Wride	0.918	
				1997		
Strato 5	7.20	127.2222	1.896296	Robertson & Wride	20.956	
				1997		
Strato 6	10.00	33.21429	1.638095	Robertson & Wride	3.074	
				1997		

#### Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	0.80	25.5	1.533334	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 2	3.00	15.54545	0.745455	Piacentini-Righi 1988	3.0698E-09
Strato 3	4.40	7.571429	0.295238	Piacentini-Righi 1988	2.655872E-07
Strato 4	5.40	21.6	0.373333	Piacentini-Righi 1988	1.332573E-03
Strato 5	7.20	127.2222	1.896296	Piacentini-Righi 1988	2.872859E-03
Strato 6	10.00	33.21429	1.638095	Piacentini-Righi 1988	2.796358E-10

#### Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm <sup>2</sup> /s)
Strato 1	0.80	25.5	1.533334	Piacentini-Righi 1988	7.65E-07
Strato 2	3.00	15.54545	0.745455	Piacentini-Righi 1988	1.431643E-04
Strato 3	4.40	7.571429	0.295238	Piacentini-Righi 1988	6.032624E-03
Strato 4	5.40	21.6	0.373333	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 5	7.20	127.2222	1.896296	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 6	10.00	33.21429	1.638095	Piacentini-Righi 1988	2.786371E-05

#### PROVA ... Nr.2

Committente:

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 14/07/2025

Profondità prova: 22.00 mt

Località:

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	18.00	34.0	18.0	1.066667	16.875	5.9
0.40	18.00	34.0 18.0		1.066667	16.875	5.9
0.60	15.00	31.0	15.0	0.8	18.75	5.3
0.80	39.00	51.0 39.0		0.933333	41.786	2.4
1.00	13.00	27.0	13.0	0.8	16.25	6.2
1.20	17.00	29.0 17.0		0.866667	19.615	5.1
1.40	19.00	32.0 19.0		1.066667	17.812	5.6
1.60	28.00	44.0 28.0		0.866667	32.308	3.1
1.80	25.00	38.0 25.0		0.733333	34.091	2.9
2.00	25.00	36.0 25.0		0.666667	37.5	2.7
2.20	24.00	34.0 24.0		0.733333	32.727	3.1
2.40	22.00	33.0 22.0		0.733333	30.0	3.3
2.60	18.00	29.0 18.0		0.733333	24.545	4.1

2.80	16.00	27.0 16.0		0.733333	21.818	4.6
3.00	19.00	30.0 19.0		0.933333	20.357	4.9
3.20	21.00	35.0 21.0		0.666667	31.5	3.2
3.40	19.00	29.0 19.0		0.733333	25.909	3.9
3.60	18.00	29.0 18.0		0.733333	24.545	4.1
3.80	22.00	33.0 22.0		0.933333	23.571	4.2
4.00	24.00	38.0	24.0	1.0	24.0	4.2
4.20	24.00	39.0 24.0		0.933333	25.714	3.9
4.40	28.00	42.0 28.0		0.666667	42.0	2.4
4.60	25.00	35.0 25.0		1.133333	22.059	4.5
4.80	18.00	35.0	18.0	0.8	22.5	4.4
5.00	24.00	36.0 24.0		0.933333	25.714	3.9
5.20	22.00	36.0 22.0		1.133333	19.412	5.2
5.40	27.00	44.0	27.0	1.2	22.5	4.4
5.60	31.00	49.0 31.0		1.266667	24.474	4.1
5.80	21.00	40.0 21.0		0.466667	45.0	2.2
6.00	25.00	32.0 25.0		1.066667	23.437	4.3
6.20	25.00	41.0	25.0 1.6		15.625	6.4
6.40	23.00	47.0 23.0		0.866667	26.538	3.8
6.60	20.00	33.0 20.0		0.933333	21.429	4.7
6.80	28.00	42.0 28.0		1.466667	19.091	5.2
7.00	33.00	55.0	33.0	1.2	27.5	3.6
7.20	32.00	50.0 32.0		1.533333	20.87	4.8
7.40	34.00	57.0 34.0		1.533333	22.174	4.5
7.60	34.00	57.0 34.0		1.866667	18.214	5.5
7.80	35.00	63.0	35.0 1.6		21.875	4.6
8.00	37.00	61.0 37.0		1.733333	21.346	4.7
8.20	39.00	65.0 39.0		0.933333	41.786	2.4
8.40	38.00	52.0 38.0		1.866667	20.357	4.9
8.60	37.00	65.0 37.0		1.333333	27.75	3.6
8.80	37.00	57.0	37.0	2.0	18.5	5.4
9.00	35.00	65.0 35.0		1.466667	23.864	4.2
9.20	33.00	55.0 33.0		0.933333	35.357	2.8
9.40	34.00	48.0 34.0		2.133333	15.938	6.3
9.60	35.00	67.0 35.0		1.533333	22.826	4.4
9.80	39.00	62.0 39.0		1.333333	29.25	3.4
10.00	35.00	55.0	35.0 1.6		21.875	4.6
10.20	37.00	61.0 37.0		1.533333	24.13	4.1
10.40	33.00	56.0	33.0 1.8		18.333	5.5
10.60	28.00	55.0 28.0		1.466667	19.091	5.2
10.80	28.00	50.0	28.0 1.2		23.333	4.3
11.00	34.00	52.0	34.0 1.8		18.889	5.3
11.20	43.00	70.0 43.0		2.266667	18.971	5.3
11.40	38.00	72.0 38.0		1.733333	21.923	4.6
11.60	29.00	55.0 29.0		1.066667	27.187	3.7
11.80	26.00	42.0 26.0		1.133333	22.941	4.4
12.00	29.00	46.0 29.0		0.533333	54.375	1.8
12.20	29.00	37.0 29.0		0.866667	33.462	3.0
12.40	38.00	51.0 38.0		1.466667	25.909	3.9
12.60	37.00	59.0 37.0		2.066667	17.903	5.6
12.80	33.00	64.0 33.0		1.066667	30.937	3.2
13.00	26.00	42.0 26.0		0.266667	97.5	1.0
13.20	37.00	41.0 37.0		1.466667	25.227	4.0
13.40	32.00	54.0 32.0		1.666667	19.2	5.2
13.60	31.00	56.0 31.0		2.133333	14.531	6.9
13.80	31.00	63.0	31.0 1.8		17.222	5.8
14.00	40.00	67.0 40.0		2.333333	17.143	5.8
14.20	31.00	66.0 31.0		2.066667	15.0	6.7
14.40	32.00	63.0 32.0		2.266667	14.118	7.1
14.60	35.00	69.0 35.0		2.266667	15.441	6.5
14.80	36.00	70.0 36.0		2.133333	16.875	5.9
15.00	38.00	70.0 38.0		2.533333	15.0	6.7
15.20	32.00	70.0 32.0		1.133333	28.235	3.5
15.40	34.00	51.0 34.0		2.533333	13.421	7.5
15.60	37.00	75.0	37.0	2.0	18.5	5.4
15.80	34.00	64.0 34.0		2.266667	15.0	6.7

16.00	30.00	64.0 30.0		2.133333	14.063	7.1
16.20	26.00	58.0	26.0 1.8		14.444	6.9
16.40	32.00	59.0	32.0	2.0	16.0	6.3
16.60	32.00	62.0 32.0		2.266667	14.118	7.1
16.80	34.00	68.0 34.0		1.866667	18.214	5.5
17.00	29.00	57.0 29.0		2.133333	13.594	7.4
17.20	28.00	60.0 28.0		1.933333	14.483	6.9
17.40	28.00	57.0 28.0		1.866667	15.0	6.7
17.60	25.00	53.0 25.0		2.333333	10.714	9.3
17.80	20.00	55.0 20.0		2.066667	9.677	10.3
18.00	27.00	58.0	27.0 1.6		16.875	5.9
18.20	35.00	59.0	35.0 2.4		14.583	6.9
18.40	31.00	67.0 31.0		1.933333	16.034	6.2
18.60	34.00	63.0 34.0		2.133333	15.938	6.3
18.80	30.00	62.0 30.0		1.933333	15.517	6.4
19.00	33.00	62.0 33.0		1.933333	17.069	5.9
19.20	28.00	57.0 28.0		1.533333	18.261	5.5
19.40	30.00	53.0 30.0		1.333333	22.5	4.4
19.60	54.00	74.0	54.0	1.6	33.75	3.0
19.80	139.00	163.0	139.0	0.4	347.5	0.3
20.00	165.00	171.0	165.0	2.0	82.5	1.2
20.20	124.00	154.0	124.0	0.4	310.0	0.3
20.40	115.00	121.0	115.0 2.6		44.231	2.3
20.60	129.00	168.0	129.0 1.4		92.143	1.1
20.80	177.00	198.0 177.0		1.533333	115.435	0.9
21.00	148.00	171.0 148.0		4.866667	30.411	3.3
21.20	158.00	231.0 158.0		4.933333	32.027	3.1
21.40	160.00	234.0	160.0 5.2		30.769	3.3
21.60	176.00	254.0 176.0		5.666667	31.059	3.2
21.80	200.00	285.0 200.0		5.666667	35.294	2.8
22.00	200.00	285.0 200.0		0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm²)	fs Media (Kg/cm²)	Gamma Medio (t/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.80	22.5	0.966667	2.0	Incoerente-Coesivo	Copertura limosa
1.40	16.33333	0.911111 2.0		Coesivo	Limo
7.00	23.39286	0.92381 2.0		Incoerente-Coesivo	Limo sabbioso
19.60	33.14286	1.731217		2.0 Coesivo	Sabbia limosa
21.60	149.1	2.9 2.2		Incoerente	Sabbia e ghiaietto
22.00 200.0		2.833333		2.2 Incoerente	Sabbia e ghiaia

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Nr.2

### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimenta le	Lunne T.- Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 1	0.80	22.5	0.966667	1.08	1.46	1.49	1.32	1.18	1.12
Strato 2	1.40	16.33333	0.911111	0.78	1.12	1.07	0.95	0.85	0.82

Strato 3	7.00	23.39286	0.92381	1.09	1.45	1.50	1.33	1.19	1.17
Strato 4	19.60	33.14286	1.731217	1.52	1.80	2.03	1.79	1.60	1.66

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

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buismann	Buismann Sanglerat
Strato 1	0.80	22.5	0.966667	56.25	45.00	67.50	67.50
Strato 2	1.40	16.33333	0.911111	81.67	47.79	98.00	49.00
Strato 3	7.00	23.39286	0.92381	58.48	46.78	70.18	70.18
Strato 4	19.60	33.14286	1.731217	82.86	66.28	99.43	99.43

#### Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	0.80	22.5	0.966667	840.75	33.60
Strato 2	1.40	16.33333	0.911111	604.25	24.60
Strato 3	7.00	23.39286	0.92381	846.48	35.10
Strato 4	19.60	33.14286	1.731217	1177.98	49.80

#### Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	0.80	22.5	0.966667	Imai & Tomauchi	187.65
Strato 2	1.40	16.33333	0.911111	Imai & Tomauchi	154.29
Strato 3	7.00	23.39286	0.92381	Imai & Tomauchi	192.16
Strato 4	19.60	33.14286	1.731217	Imai & Tomauchi	237.75

#### Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Stress-History
Strato 1	0.80	22.5	0.966667	6.54
Strato 2	1.40	16.33333	0.911111	1.73
Strato 3	7.00	23.39286	0.92381	0.66
Strato 4	19.60	33.14286	1.731217	<0.5

#### Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	0.80	22.5	0.966667	Meyerhof	1.99
Strato 2	1.40	16.33333	0.911111	Meyerhof	1.94
Strato 3	7.00	23.39286	0.92381	Meyerhof	1.99
Strato 4	19.60	33.14286	1.731217	Meyerhof	2.05

#### Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	0.80	22.5	0.966667	Meyerhof	2.07
Strato 2	1.40	16.33333	0.911111	Meyerhof	2.02
Strato 3	7.00	23.39286	0.92381	Meyerhof	2.07
Strato 4	19.60	33.14286	1.731217	Meyerhof	2.13

#### TERRENI INCOERENTI I

##### Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	Schmertman n	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkowsk i 1985
Strato 1	0.80	22.5	0.966667	59.39	84.1	81.5	60.16	96.92
Strato 3	7.00	23.39286	0.92381	27.42	22.92	26.86	27.92	30.64
Strato 5	21.60	149.1	2.9	64.34	60.94	63.88	65.15	38.01
Strato 6	22.00	200.0	2.833333	71.88	70.17	72.62	72.76	44.65

Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Durguno uglu-Mitchell 1973	Caquot	Koppejan	De Beer	Schmertmann	Robertson & Campanella 1983	Herminier	Meyerhof 1951
Strato 1	0.80	22.5	0.966667	40.71	37.77	35.18	32.74	39.77	45	36.6	27.1
Strato 3	7.00	23.39286	0.92381	30.42	26.42	23.26	21.85	31.21	33.39	23.08	27.5
Strato 5	21.60	149.1	2.9	34.33	30.12	27.14	25.4	36.53	37.91	25.33	45
Strato 6	22.00	200.0	2.833333	35.49	31.29	28.38	26.53	37.82	39.24	26.4	45

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

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 1	0.80	22.5	0.966667	56.25	45.00	132.93
Strato 3	7.00	23.39286	0.92381	58.48	46.79	309.95
Strato 5	21.60	149.1	2.9	372.75	298.20	1295.26
Strato 6	22.00	200.0	2.833333	500.00	400.00	1515.92

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

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Robertson & Campanella da Schmertmann	Lunne-Christoffersen 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy-Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 1	0.80	22.5	0.966667	68.05	88.26	176.71	45.00	112.50
Strato 3	7.00	23.39286	0.92381	28.40	91.76	177.61	46.79	116.96
Strato 5	21.60	149.1	2.9	81.63	312.43	1182.15	223.65	223.65
Strato 6	22.00	200.0	2.833333	92.14	412.27	1599.82	300.00	300.00

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	0.80	22.5	0.966667	Imai & Tomauchi	187.65
Strato 3	7.00	23.39286	0.92381	Imai & Tomauchi	192.16
Strato 5	21.60	149.1	2.9	Imai & Tomauchi	595.87
Strato 6	22.00	200.0	2.833333	Imai & Tomauchi	713.00

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Stress-History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 1	0.80	22.5	0.966667	6.54	>9	0.66	>9
Strato 3	7.00	23.39286	0.92381	0.66	>9	<0.5	7.43
Strato 5	21.60	149.1	2.9	1.4	>9	1.99	>9
Strato 6	22.00	200.0	2.833333	1.77	>9	1.57	>9

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ko
Strato 1	0.80	22.5	0.966667	Kulhawy & Mayne (1990)	1.19
Strato 3	7.00	23.39286	0.92381	Kulhawy & Mayne (1990)	0.27
Strato 5	21.60	149.1	2.9	Kulhawy & Mayne (1990)	0.44
Strato 6	22.00	200.0	2.833333	Kulhawy & Mayne (1990)	0.51

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 1	0.80	22.5	0.966667	0.12611	0.01639
Strato 3	7.00	23.39286	0.92381	0.12385	0.0161
Strato 5	21.60	149.1	2.9	0.09557	0.01242

Strato 6	22.00	200.0	2.833333	0.11386	0.0148
Peso unità di volume					
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	0.80	22.5	0.966667	Meyerhof	1.80
Strato 3	7.00	23.39286	0.92381	Meyerhof	1.80
Strato 5	21.60	149.1	2.9	Meyerhof	1.80
Strato 6	22.00	200.0	2.833333	Meyerhof	1.90
Peso unità di volume saturo					
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	0.80	22.5	0.966667	Meyerhof	2.10
Strato 3	7.00	23.39286	0.92381	Meyerhof	2.10
Strato 5	21.60	149.1	2.9	Meyerhof	2.10
Strato 6	22.00	200.0	2.833333	Meyerhof	2.20
Liquefazione - Accelerazione sismica massima (g)=0.15					
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 1	0.80	22.5	0.966667	Robertson & Wride 1997	12.055
Strato 3	7.00	23.39286	0.92381	Robertson & Wride 1997	1.843
Strato 5	21.60	149.1	2.9	Robertson & Wride 1997	55.871
Strato 6	22.00	200.0	2.833333	Robertson & Wride 1997	86.839
Permeabilità					
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	0.80	22.5	0.966667	Piacentini-Righi 1988	2.086249E-08
Strato 2	1.40	16.33333	0.911111	Piacentini-Righi 1988	5.303528E-11
Strato 3	7.00	23.39286	0.92381	Piacentini-Righi 1988	1.061394E-07
Strato 4	19.60	33.14286	1.731217	Piacentini-Righi 1988	4.507089E-11
Strato 5	21.60	149.1	2.9	Piacentini-Righi 1988	3.51512E-04
Strato 6	22.00	200.0	2.833333	Piacentini-Righi 1988	3.582702E-03
Coefficiente di consolidazione					
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm <sup>2</sup> /s)
Strato 1	0.80	22.5	0.966667	Piacentini-Righi 1988	1.408218E-03
Strato 2	1.40	16.33333	0.911111	Piacentini-Righi 1988	2.598728E-06
Strato 3	7.00	23.39286	0.92381	Piacentini-Righi 1988	7.448714E-03
Strato 4	19.60	33.14286	1.731217	Piacentini-Righi 1988	4.481335E-06
Strato 5	21.60	149.1	2.9	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 6	22.00	200.0	2.833333	Piacentini-Righi 1988	0



PROVA ... Nr.3

Committente:

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 14/07/2025

Profondità prova: 20.00 mt

Località:

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	28.00	45.0	28.0	1.133333	24.706	4.0
0.40	28.00	45.0	28.0	1.533333	18.261	5.5
0.60	30.00	53.0	30.0	0.866667	34.615	2.9
0.80	59.00	72.0	59.0	1.266667	46.579	2.1
1.00	16.00	35.0	16.0	0.866667	18.462	5.4
1.20	20.00	33.0	20.0	0.8	25.0	4.0
1.40	25.00	37.0	25.0	1.4	17.857	5.6
1.60	25.00	46.0	25.0	1.533333	16.304	6.1
1.80	26.00	49.0	26.0	1.2	21.667	4.6
2.00	27.00	45.0	27.0	1.533333	17.609	5.7
2.20	27.00	50.0	27.0	1.733333	15.577	6.4
2.40	25.00	51.0	25.0	1.466667	17.045	5.9
2.60	20.00	42.0	20.0	1.333333	15.0	6.7
2.80	16.00	36.0	16.0	1.066667	15.0	6.7
3.00	25.00	41.0	25.0	1.266667	19.737	5.1
3.20	25.00	44.0	25.0	1.066667	23.437	4.3
3.40	29.00	45.0	29.0	1.066667	27.187	3.7
3.60	22.00	38.0	22.0	1.333333	16.5	6.1
3.80	26.00	46.0	26.0	1.666667	15.6	6.4
4.00	27.00	52.0	27.0	1.4	19.286	5.2
4.20	26.00	47.0	26.0	0.866667	30.0	3.3
4.40	27.00	40.0	27.0	1.133333	23.824	4.2
4.60	23.00	40.0	23.0	0.933333	24.643	4.1
4.80	19.00	33.0	19.0	0.933333	20.357	4.9
5.00	23.00	37.0	23.0	0.8	28.75	3.5
5.20	27.00	39.0	27.0	1.0	27.0	3.7
5.40	23.00	38.0	23.0	1.0	23.0	4.3
5.60	17.00	32.0	17.0	0.866667	19.615	5.1
5.80	17.00	30.0	17.0	0.866667	19.615	5.1
6.00	21.00	34.0	21.0	0.866667	24.231	4.1
6.20	19.00	32.0	19.0	1.133333	16.765	6.0
6.40	15.00	32.0	15.0	0.466667	32.143	3.1
6.60	24.00	31.0	24.0	1.2	20.0	5.0
6.80	31.00	49.0	31.0	1.466667	21.136	4.7
7.00	30.00	52.0	30.0	1.333333	22.5	4.4
7.20	32.00	52.0	32.0	1.4	22.857	4.4
7.40	34.00	55.0	34.0	1.466667	23.182	4.3
7.60	34.00	56.0	34.0	1.933333	17.586	5.7
7.80	30.00	59.0	30.0	1.533333	19.565	5.1
8.00	36.00	59.0	36.0	1.6	22.5	4.4
8.20	34.00	58.0	34.0	1.733333	19.615	5.1
8.40	37.00	63.0	37.0	1.8	20.556	4.9
8.60	34.00	61.0	34.0	1.733333	19.615	5.1
8.80	39.00	65.0	39.0	1.866667	20.893	4.8
9.00	32.00	60.0	32.0	1.4	22.857	4.4
9.20	32.00	53.0	32.0	1.466667	21.818	4.6
9.40	35.00	57.0	35.0	1.733333	20.192	5.0
9.60	34.00	60.0	34.0	1.6	21.25	4.7
9.80	36.00	60.0	36.0	1.066667	33.75	3.0
10.00	35.00	51.0	35.0	1.8	19.444	5.1
10.20	40.00	67.0	40.0	2.333333	17.143	5.8
10.40	39.00	74.0	39.0	1.733333	22.5	4.4
10.60	30.00	56.0	30.0	0.733333	40.909	2.4
10.80	28.00	39.0	28.0	1.0	28.0	3.6
11.00	30.00	45.0	30.0	1.6	18.75	5.3

11.20	31.00	55.0	31.0	0.933333	33.214	3.0
11.40	34.00	48.0	34.0 1.4		24.286	4.1
11.60	35.00	56.0	35.0	2.0	17.5	5.7
11.80	31.00	61.0	31.0	0.933333	33.214	3.0
12.00	29.00	43.0	29.0 0.6		48.333	2.1
12.20	28.00	37.0	28.0	1.533333	18.261	5.5
12.40	35.00	58.0	35.0 1.6		21.875	4.6
12.60	27.00	51.0	27.0	1.933333	13.966	7.2
12.80	28.00	57.0	28.0 1.8		15.556	6.4
13.00	38.00	65.0	38.0	2.266667	16.765	6.0
13.20	30.00	64.0	30.0	1.933333	15.517	6.4
13.40	31.00	60.0	31.0	2.266667	13.676	7.3
13.60	35.00	69.0	35.0	2.133333	16.406	6.1
13.80	32.00	64.0	32.0 2.4		13.333	7.5
14.00	32.00	68.0	32.0	2.466667	12.973	7.7
14.20	35.00	72.0	35.0	2.0	17.5	5.7
14.40	32.00	62.0	32.0	2.333333	13.714	7.3
14.60	34.00	69.0	34.0	1.933333	17.586	5.7
14.80	31.00	60.0	31.0	1.866667	16.607	6.0
15.00	27.00	55.0	27.0	1.933333	13.966	7.2
15.20	30.00	59.0	30.0	2.466667	12.162	8.2
15.40	35.00	72.0	35.0 2.2		15.909	6.3
15.60	32.00	65.0	32.0	2.133333	15.0	6.7
15.80	31.00	63.0	31.0	1.933333	16.034	6.2
16.00	30.00	59.0	30.0	2.066667	14.516	6.9
16.20	26.00	57.0	26.0	2.0	13.0	7.7
16.40	29.00	59.0	29.0	1.933333	15.0	6.7
16.60	28.00	57.0	28.0	2.133333	13.125	7.6
16.80	30.00	62.0	30.0	2.066667	14.516	6.9
17.00	34.00	65.0	34.0	2.066667	16.452	6.1
17.20	29.00	60.0	29.0	1.666667	17.4	5.7
17.40	30.00	55.0	30.0	1.933333	15.517	6.4
17.60	32.00	61.0	32.0 2.2		14.545	6.9
17.80	34.00	67.0	34.0	1.6	21.25	4.7
18.00	31.00	55.0	31.0	2.066667	15.0	6.7
18.20	34.00	65.0	34.0	1.6	21.25	4.7
18.40	28.00	52.0	28.0 2.4		11.667	8.6
18.60	37.00	73.0	37.0	2.466667	15.0	6.7
18.80	42.00	79.0	42.0	2.4	17.5	5.7
19.00	98.00	134.0	98.0	2.933333	33.409	3.0
19.20	126.00	170.0	126.0	1.133333	111.177	0.9
19.40	111.00	128.0	111.0	2.733333	40.61	2.5
19.60	134.00	175.0	134.0	1.466667	91.364	1.1
19.80	162.00	184.0	162.0	2.333333	69.429	1.4
20.00	215.00	250.0	215.0	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.80	36.25	1.2	2.0	Incoerente- Coesivo	Copertura argilla limosa
1.20 18.0		0.833334	2.0	Coesivo	Limo
6.80	23.46428	1.164286	2.0	Coesivo	Limo sabbioso
19.00	33.54099	1.826229	2.0	Coesivo	Sabbia limosa
19.60	123.6667	1.777778	2.1	Incoerente	Sabbia e ghiaietto
20.00 188.5		1.166667	2.0	Incoerente	Sabbia e ghiaia

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Nr.3

#### TERRENI COESIVI

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

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lunne & Eide	Sunda Relazione Speriment	Lunne T.- Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne,	Lunne, Robertson and	Terzaghi
------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------	---------------------------------	--------------------------------	-------------------------------	----------------------------	----------

	ale						Robertson and Powell 1977	Powell 1977	
Strato 1	0.80	36.25	1.2	1.75	2.07	2.41	2.13	1.90	1.81
Strato 2	1.20	18.0	0.833334	0.86	1.21	1.19	1.05	0.94	0.90
Strato 3	6.80	23.46428	1.164286	1.09	1.46	1.51	1.33	1.19	1.17
Strato 4	19.00	33.54099	1.826229	1.53	1.82	2.06	1.82	1.63	1.68

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

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buisman	Buisman Sanglerat
Strato 1	0.80	36.25	1.2	90.63	72.50	108.75	108.75
Strato 2	1.20	18.0	0.833334	90.00	45.90	108.00	54.00
Strato 3	6.80	23.46428	1.164286	58.66	46.93	70.39	70.39
Strato 4	19.00	33.54099	1.826229	83.85	67.08	100.62	100.62

#### Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	0.80	36.25	1.2	1356.37	54.30
Strato 2	1.20	18.0	0.833334	667.50	27.00
Strato 3	6.80	23.46428	1.164286	849.91	35.10
Strato 4	19.00	33.54099	1.826229	1190.66	50.40

#### Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	0.80	36.25	1.2	Imai & Tomauchi	251.13
Strato 2	1.20	18.0	0.833334	Imai & Tomauchi	163.73
Strato 3	6.80	23.46428	1.164286	Imai & Tomauchi	192.52
Strato 4	19.00	33.54099	1.826229	Imai & Tomauchi	239.49

#### Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Stress-History
Strato 1	0.80	36.25	1.2	>9
Strato 2	1.20	18.0	0.833334	2.09
Strato 3	6.80	23.46428	1.164286	0.68
Strato 4	19.00	33.54099	1.826229	<0.5

#### Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	0.80	36.25	1.2	Meyerhof	2.07
Strato 2	1.20	18.0	0.833334	Meyerhof	1.95
Strato 3	6.80	23.46428	1.164286	Meyerhof	1.99
Strato 4	19.00	33.54099	1.826229	Meyerhof	2.05

#### Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	0.80	36.25	1.2	Meyerhof	2.15
Strato 2	1.20	18.0	0.833334	Meyerhof	2.03
Strato 3	6.80	23.46428	1.164286	Meyerhof	2.07
Strato 4	19.00	33.54099	1.826229	Meyerhof	2.13

#### TERRENI INCOERENT I

##### Densità relativa (%)

Prof. Strato	qc	fs	Baldi 1978 - Schmertma	Harman	Lancellotta	Jamiolkows
--------------	----	----	------------------------	--------	-------------	------------

	(m)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	Schmertmann 1976	nn		1983	ki 1985
Strato 1	0.80	36.25	1.2	72.94	100	97.89	73.83	100
Strato 5	19.60	123.6667	1.777778	59.29	54.61	57.92	60.07	34.63
Strato 6	20.00	188.5	1.166667	70.97	69.45	71.88	71.84	45.96

Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Durguno uglu-Mitchell 1973	Caquot	Koppejan	De Beer	Schmertmann	Roberts on & Campanella 1983	Hermini er	Meyerhof 1951
Strato 1	0.80	36.25	1.2	43	40.14	37.67	35.01	42	45	41.52	33.28
Strato 5	19.60	123.6667	1.777778	33.52	29.29	26.27	24.6	35.65	36.93	24.69	45
Strato 6	20.00	188.5	1.166667	35.45	31.27	28.35	26.5	37.72	39.21	26.38	45

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

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 1	0.80	36.25	1.2	90.63	72.50	145.00
Strato 5	19.60	123.6667	1.777778	309.17	247.33	1168.25
Strato 6	20.00	188.5	1.166667	471.25	377.00	1445.04

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

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Robertson & Campanella da Schmertmann 1997	Lunne-Christoffers en 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy-Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 1	0.80	36.25	1.2	81.02	142.20	290.15	72.50	108.75
Strato 5	19.60	123.6667	1.777778	75.32	262.55	975.28	185.50	185.50
Strato 6	20.00	188.5	1.166667	89.61	389.71	1509.24	282.75	282.75

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	0.80	36.25	1.2	Imai & Tomauchi	251.13
Strato 5	19.60	123.6667	1.777778	Imai & Tomauchi	531.53
Strato 6	20.00	188.5	1.166667	Imai & Tomauchi	687.66

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Stress-History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 1	0.80	36.25	1.2	>9	>9	<0.5	>9
Strato 5	19.60	123.6667	1.777778	1.18	8.17	3.04	>9
Strato 6	20.00	188.5	1.166667	1.76	>9	1.58	>9

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ko
Strato 1	0.80	36.25	1.2	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00
Strato 5	19.60	123.6667	1.777778	Kulhawy & Mayne (1990)	0.39
Strato 6	20.00	188.5	1.166667	Kulhawy & Mayne (1990)	0.51

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 1	0.80	36.25	1.2	0.11497	0.01495
Strato 5	19.60	123.6667	1.777778	0.09391	0.01221

Strato 6	20.00	188.5	1.166667	0.10619	0.0138
Peso unità di volume					
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	0.80	36.25	1.2	Meyerhof	1.80
Strato 5	19.60	123.6667	1.777778	Meyerhof	1.90
Strato 6	20.00	188.5	1.166667	Meyerhof	1.90
Peso unità di volume saturo					
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	0.80	36.25	1.2	Meyerhof	2.10
Strato 5	19.60	123.6667	1.777778	Meyerhof	2.20
Strato 6	20.00	188.5	1.166667	Meyerhof	2.20
Liquefazione - <b>Accelerazione sismica massima (g)=0.15</b>					
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 1	0.80	36.25	1.2	Robertson & Wride 1997	13.838
Strato 5	19.60	123.6667	1.777778	Robertson & Wride 1997	17.096
Strato 6	20.00	188.5	1.166667	Robertson & Wride 1997	50.861
Permeabilità					
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	0.80	36.25	1.2	Piacentini-Righi 1988	1.429288E-06
Strato 2	1.20	18.0	0.833334	Piacentini-Righi 1988	5.57446E-09
Strato 3	6.80	23.46428	1.164286	Piacentini-Righi 1988	6.181744E-10
Strato 4	19.00	33.54099	1.826229	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 5	19.60	123.6667	1.777778	Piacentini-Righi 1988	3.610386E-03
Strato 6	20.00	188.5	1.166667	Piacentini-Righi 1988	0.001
Coefficiente di consolidazione					
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm <sup>2</sup> /s)
Strato 1	0.80	36.25	1.2	Piacentini-Righi 1988	0.1554351
Strato 2	1.20	18.0	0.833334	Piacentini-Righi 1988	3.010209E-04
Strato 3	6.80	23.46428	1.164286	Piacentini-Righi 1988	4.351505E-05
Strato 4	19.00	33.54099	1.826229	Piacentini-Righi 1988	1.00623E-06
Strato 5	19.60	123.6667	1.777778	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 6	20.00	188.5	1.166667	Piacentini-Righi 1988	0

PROVA ... Nr.4

Committente:  
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)  
 Prova eseguita in data: 14/07/2025  
 Profondità prova: 10.00 mt  
 Località:

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	14.00	21.0	14.0		0.466667	30.0
0.40	14.00	21.0		14.0 0.6		23.333
0.60	24.00	33.0 24.0			1.066667	22.5
0.80	24.00	40.0 24.0			2.333333	10.286
1.00	22.00	57.0	22.0 1.8			12.222
1.20	18.00	45.0 18.0			1.533333	11.739
1.40	19.00	42.0	19.0 1.2			15.833
1.60	22.00	40.0 22.0			1.333333	16.5
1.80	23.00	43.0 23.0			1.066667	21.562
2.00	22.00	38.0 22.0			0.933333	23.571
2.20	21.00	35.0	21.0	1.2		17.5
2.40	21.00	39.0 21.0			1.133333	18.529
2.60	21.00	38.0	21.0	1.2		17.5
2.80	23.00	41.0 23.0			0.866667	26.538
3.00	19.00	32.0 19.0			0.866667	21.923
3.20	20.00	33.0 20.0			1.333333	15.0
3.40	17.00	37.0	17.0	0.8		21.25
3.60	16.00	28.0 16.0			0.733333	21.818
3.80	23.00	34.0 23.0			1.133333	20.294
4.00	21.00	38.0 21.0			1.266667	16.579
4.20	23.00	42.0	23.0 1.2			19.167
4.40	21.00	39.0 21.0			1.266667	16.579
4.60	23.00	42.0	23.0	1.0		23.0
4.80	20.00	35.0 20.0			0.733333	27.273
5.00	18.00	29.0 18.0			0.733333	24.545
5.20	21.00	32.0	21.0	0.6		35.0
5.40	19.00	28.0 19.0			0.533333	35.625
5.60	22.00	30.0	22.0	1.0		22.0
5.80	30.00	45.0	30.0	1.2		25.0
6.00	29.00	47.0 29.0			1.333333	21.75
6.20	31.00	51.0 31.0			1.666667	18.6
6.40	30.00	55.0 30.0			1.666667	18.0
6.60	33.00	58.0 33.0			1.733333	19.038
6.80	36.00	62.0 36.0			1.533333	23.478
7.00	36.00	59.0 36.0			1.733333	20.769
7.20	35.00	61.0 35.0			1.733333	20.192
7.40	37.00	63.0	37.0 1.8			20.556
7.60	30.00	57.0 30.0			1.666667	18.0
7.80	35.00	60.0 35.0			1.666667	21.0
8.00	35.00	60.0 35.0			1.533333	22.826
8.20	32.00	55.0 32.0			1.533333	20.87
8.40	35.00	58.0	35.0	2.0		17.5
8.60	36.00	66.0 36.0			2.133333	16.875
8.80	43.00	75.0 43.0			2.066667	20.806
9.00	46.00	77.0 46.0			1.733333	26.538
9.20	39.00	65.0	39.0 2.2			17.727
9.40	45.00	78.0 45.0			2.133333	21.094
9.60	46.00	78.0 46.0			1.933333	23.793
9.80	36.00	65.0 36.0			1.933333	18.621
10.00	36.00	65.0	36.0	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.80	19.0	1.116667	2.0	Coesivo	Copertura limosa
1.40	19.66667	1.511111	2.0	Coesivo	Limo
5.60	20.76191	0.996825		2.0 Coesivo	Limo e sabbia
10.00	35.95454	1.678788	2.1	Incoerente-	Sabbia e limo

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Nr.4****TERRENI COESIVI**Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimentale	Lunne T.- Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 1	0.80	19.0	1.116667	0.91	1.27	1.26	1.11	1.00	0.95
Strato 2	1.40	19.66667	1.511111	0.94	1.30	1.30	1.14	1.02	0.98
Strato 3	5.60	20.76191	0.996825	0.97	1.33	1.34	1.18	1.06	1.04
Strato 4	10.00	35.95454	1.678788	1.69	1.98	2.29	2.02	1.81	1.80

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

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buisman	Buisman Sanglerat
Strato 1	0.80	19.0	1.116667	95.00	44.16	114.00	57.00
Strato 2	1.40	19.66667	1.511111	98.33	42.76	118.00	59.00
Strato 3	5.60	20.76191	0.996825	51.90	41.52	62.29	62.29
Strato 4	10.00	35.95454	1.678788	89.89	71.91	107.86	107.86

Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	0.80	19.0	1.116667	709.50	28.50
Strato 2	1.40	19.66667	1.511111	729.25	29.40
Strato 3	5.60	20.76191	0.996825	755.70	31.20
Strato 4	10.00	35.95454	1.678788	1308.47	54.00

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	0.80	19.0	1.116667	Imai & Tomauchi	169.23
Strato 2	1.40	19.66667	1.511111	Imai & Tomauchi	172.83
Strato 3	5.60	20.76191	0.996825	Imai & Tomauchi	178.65
Strato 4	10.00	35.95454	1.678788	Imai & Tomauchi	249.88

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Stress-History
Strato 1	0.80	19.0	1.116667	5.52
Strato 2	1.40	19.66667	1.511111	2.08
Strato 3	5.60	20.76191	0.996825	0.79
Strato 4	10.00	35.95454	1.678788	0.79

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	0.80	19.0	1.116667	Meyerhof	1.96
Strato 2	1.40	19.66667	1.511111	Meyerhof	1.97
Strato 3	5.60	20.76191	0.996825	Meyerhof	1.97
Strato 4	10.00	35.95454	1.678788	Meyerhof	2.07

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	0.80	19.0	1.116667	Meyerhof	2.04
Strato 2	1.40	19.66667	1.511111	Meyerhof	2.05
Strato 3	5.60	20.76191	0.996825	Meyerhof	2.05
Strato 4	10.00	35.95454	1.678788	Meyerhof	2.15

## TERRENI INCOERENT I

Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Baldi 1978 - Schmertma nn 1976	Schmertma nn	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkows ki 1985
Strato 4	10.00	35.95454	1.678788	35.96	31.69	35.41	36.54	24.81

Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Durguno uglu- Mitchell 1973	Caquot	Koppeja n	De Beer	Schmert mann	Roberts on & Campan ella 1983	Hermi ni er	Meyerho f 1951
Strato 4	10.00	35.95454	1.678788	31.32	27.27	24.15	22.67	32.44	34.47	23.45	33.14

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

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 4	10.00	35.95454	1.678788	89.89	71.91	438.54

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

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Robertson & Campanella da Schmertma nn	Lunne- Christoffers en 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy- Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 4	10.00	35.95454	1.678788	38.54	141.04	271.28	71.91	107.86

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 4	10.00	35.95454	1.678788	Imai & Tomauchi	249.88

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Stress- History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 4	10.00	35.95454	1.678788	0.79	>9	<0.5	5.81

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ko
Strato 4	10.00	35.95454	1.678788	Kulhawy & Mayne (1990)	0.30

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 4	10.00	35.95454	1.678788	0.11524	0.01498

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 4	10.00	35.95454	1.678788	Meyerhof	1.80



Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 4	10.00	35.95454	1.678788	Meyerhof	2.10

Liquefazione - **Accelerazione sismica massima (g)=0.15**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 4	10.00	35.95454	1.678788	Robertson & Wride 1997	3.49

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	0.80	19.0	1.116667	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 2	1.40	19.66667	1.511111	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 3	5.60	20.76191	0.996825	Piacentini-Righi 1988	1.872362E-09
Strato 4	10.00	35.95454	1.678788	Piacentini-Righi 1988	1.072621E-09

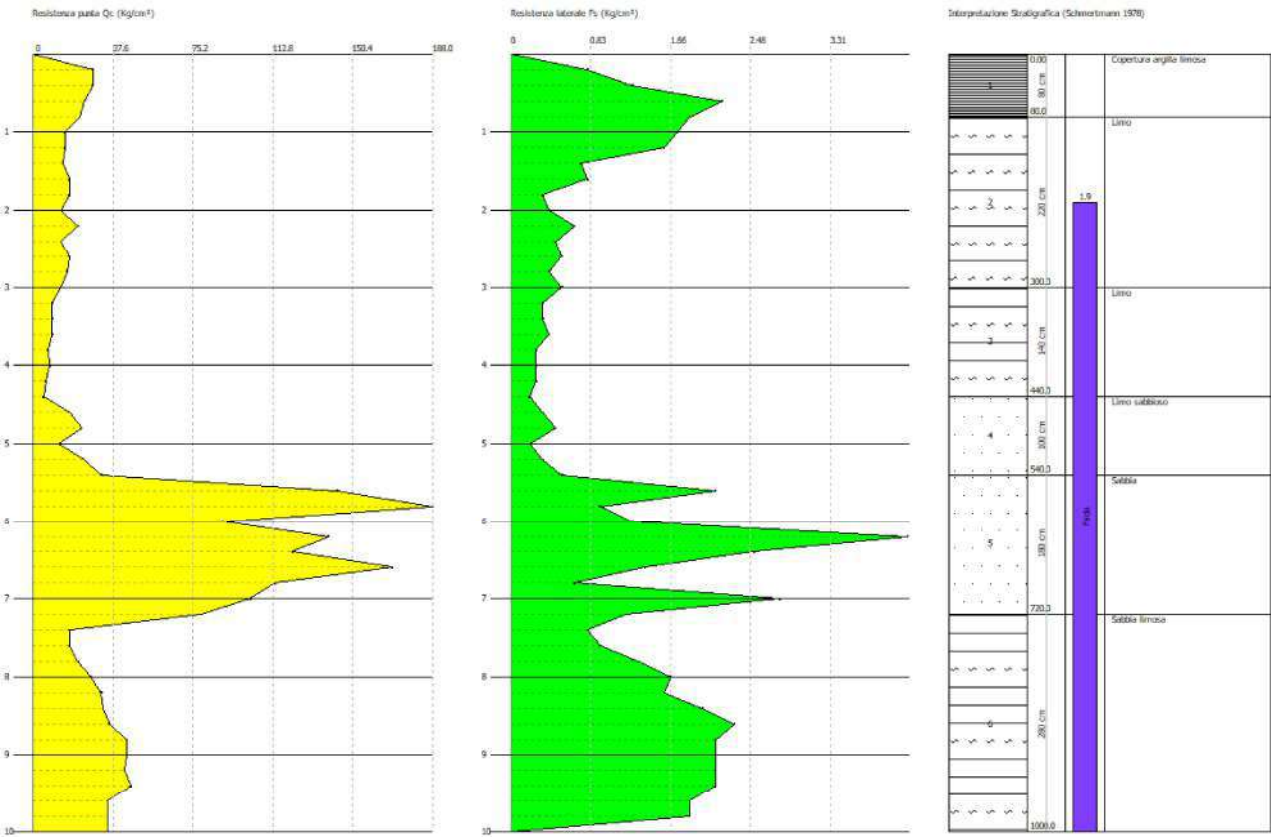
Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm <sup>2</sup> /s)
Strato 1	0.80	19.0	1.116667	Piacentini-Righi 1988	5.7E-07
Strato 2	1.40	19.66667	1.511111	Piacentini-Righi 1988	5.900001E-07
Strato 3	5.60	20.76191	0.996825	Piacentini-Righi 1988	1.166214E-04
Strato 4	10.00	35.95454	1.678788	Piacentini-Righi 1988	1.156968E-04

Probe CPT - Cone Penetration Nr.1  
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente:  
Cantiere:  
Località:

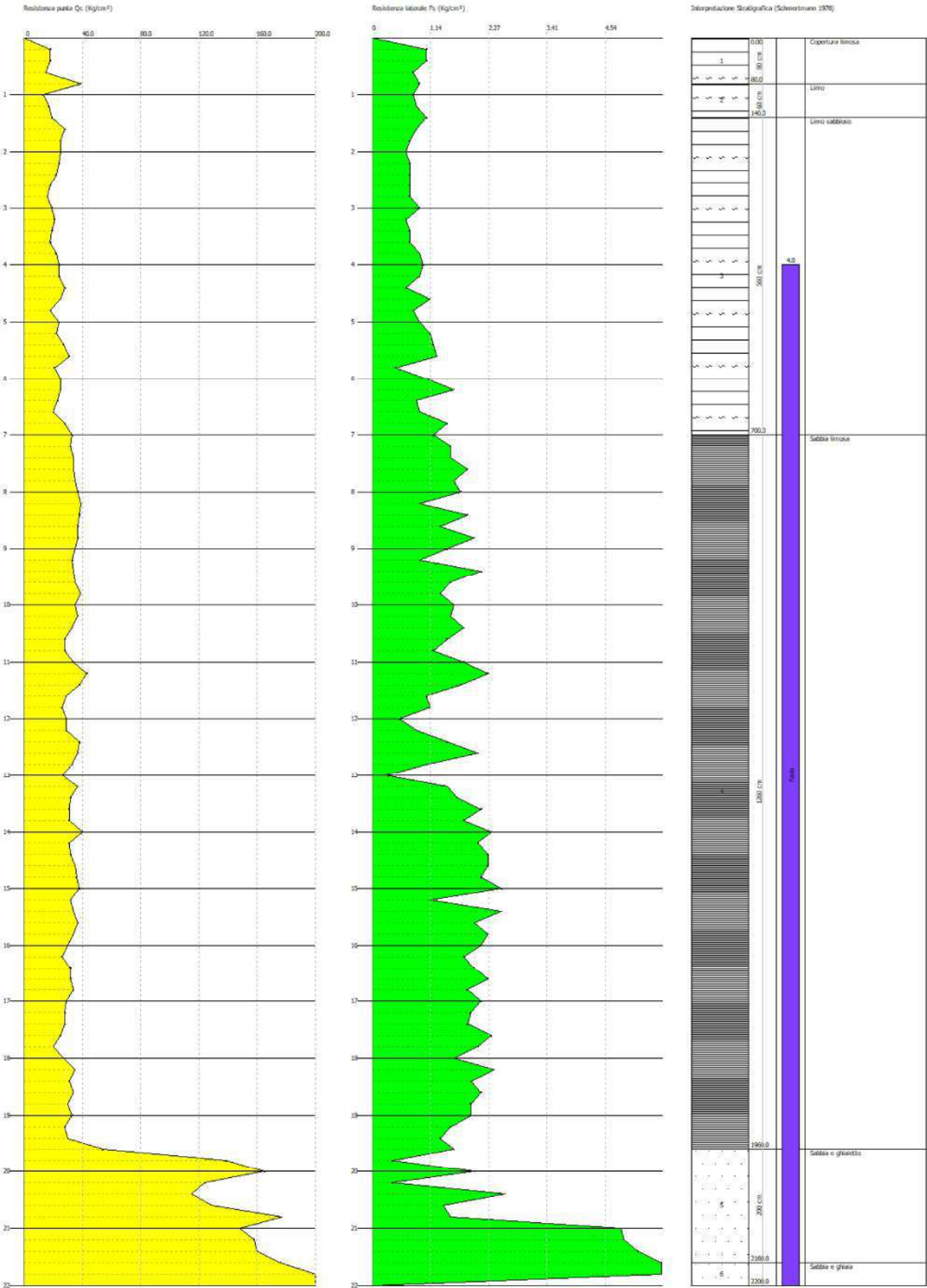
Data: 14/07/2025



Probe CPT - Cone Penetration Nr.2  
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente:  
Cantiere:  
Località:

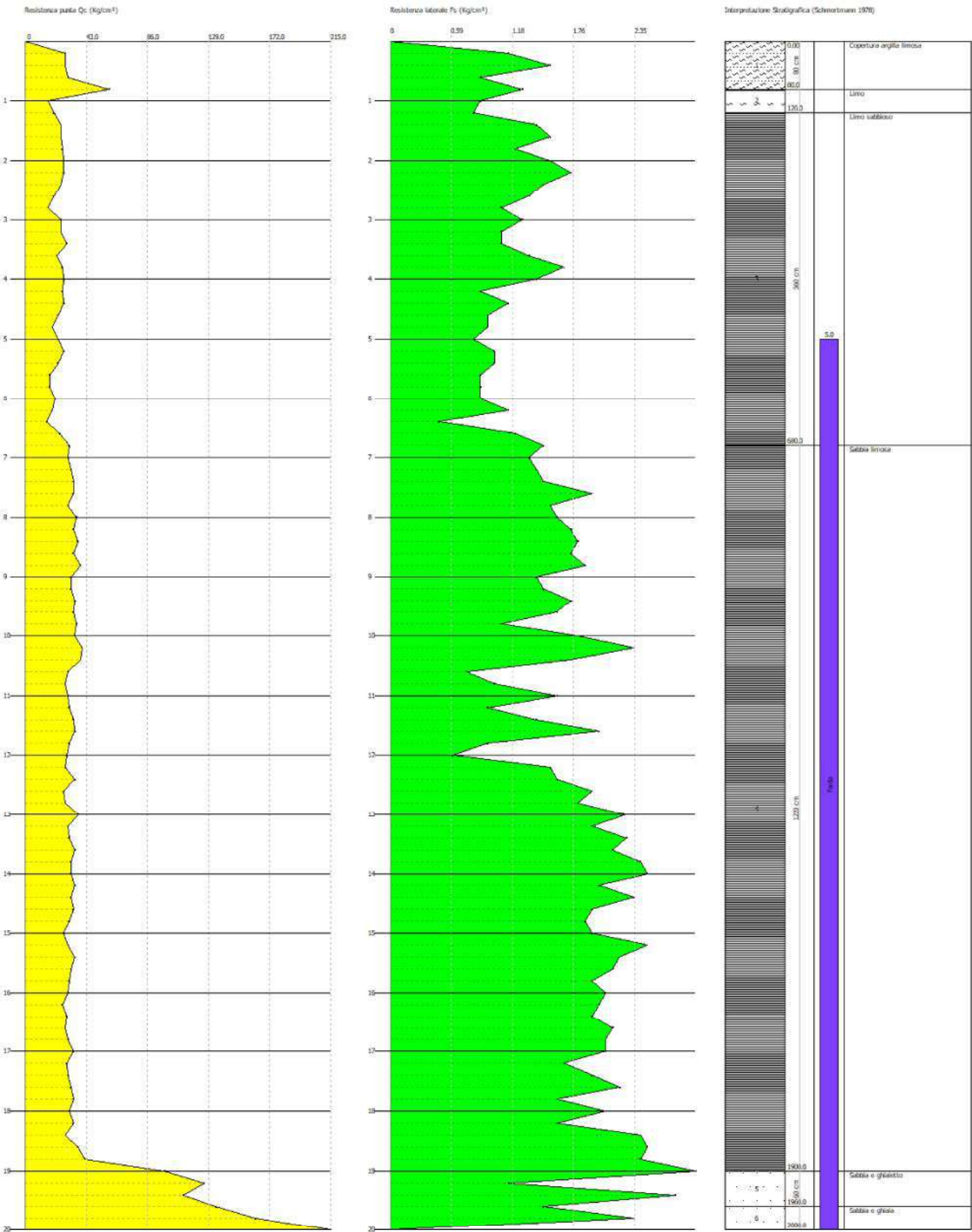
Data: 14/07/2025



Probe CPT - Cone Penetration Nr.3  
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente:  
Cantiere:  
Località:

Data: 14/07/2025



Probe CPT - Cone Penetration Nr.4  
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente:  
Cantiere:  
Località:

Data: 14/07/2025

