

CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA
COMUNE DI SALA BOLOGNESE

COMPARTO D73 – VARIANTE NON SOSTANZIALE AL PUA

IN ATTUAZIONE DELL'ACCORDO TERRITORIALE PER LO SVILUPPO DELLE AREE PRODUTTIVE
SOVRACOMUNALI DELL'ASSOCIAZIONE TERRE D'ACQUA IN VARIANTE ALLA PIANIFICAZIONE
URBANISTICA COMUNALE AI SENSI DELL'ART. 34 DEL DLGS 267/2000 E DEGLI ARTT. 60 e 61 DELLA
L.R. 24/2017



**Progettazione
e Direzione Lavori**

Via Piave 178 | 10014
Caluso TO
info@progecasrl.it
www.progecasrl.it



**THE BLOSSOM
AVENUE**
FOR BETTER HUMAN LIVING

**Urbanistica e progettazione
opere di urbanizzazione**

The Blossom Avenue
Partners, Corso Italia,
13, 20122, Milano,
tbapartners@pec.it

Proponente

Kryalos SGR S.p.A., Via Cordusio n. 1, Milano

Componente ambientale

TEA consulting, Via G. B. Grassi, 15 - 20157 Milano,

Commessa

620_2020

Scala

Data

11/12/2020

Tavola

5.6

Nome file

620_TAV5.6_Rel. Comp. Geo e sism_rev01_R0X

Tipo file

DOC

Agg.to N.	Data	Descrizione	Redatto	Verif.	Approv.
0	07/10/2020	Prima emissione	TBA	TBA	MC
1	11/12/2020	Seconda emissione	TBA	TBA	MC

Relazione di analisi della componente geologica e sismica



CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA COMUNE DI SALA BOLOGNESE (BO)

COMPARTO D73 – VARIANTE NON SOSTANZIALE AL PUA
IN ATTUAZIONE DELL'ACCORDO TERRITORIALE PER LO SVILUPPO DELLE AREE PRODUTTIVE
SOVRACOMUNALI DELL'ASSOCIAZIONE TERRE D'ACQUA IN VARIANTE ALLA PIANIFICAZIONE
URBANISTICA COMUNALE AI SENSI DELL'ART. 34 DEL DLGS 267/2000 E DEGLI ARTT. 60 e 61 DELLA L.R.
24/2017

Studi specialistici
Relazione di analisi della Componente Geologica
(D.M. 17/01/2018)

Novembre 2020

Redatto da: Dott. Filippo Rizzo

INDICE

1	PREMESSA	3
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	4
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO	6
4	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	9
5	SUBSIDENZA	10
6	SISMICITA' STORICA	14
7	PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	17
7.1	<i>Analisi sismica semplificata del secondo livello - amplificazione per caratteristiche litologiche</i>	18
7.2	<i>Terzo livello di approfondimento - Suscettibilità alla liquefazione</i>	19
8	DESCRIZIONE DELL'OPERA IN PROGETTO	24
9	INDAGINE GEOTECNICA E SISMICA	26
9.1	<i>Approfondimenti geotecnici</i>	26
9.2	<i>Approfondimenti sismici</i>	30
10	CONCLUSIONI	34

ALLEGATI:

1. Elaborazione prove penetrometriche con foto postazioni
2. Prova sismica MASW
3. Verifica della suscettibilità alla liquefazione

1 PREMESSA

Nell'ambito del PUA Comparto D7-3 è stata redatta la presente relazione geologica (ai sensi D.M. 17/01/2018) relativa all'area adiacente a via Filippo Turati nel comune di Sala Bolognese (BO) interessata da un futuro intervento di realizzazione di un nuovo insediamento logistico.

La stesura della relazione è stata preceduta da specifiche indagini condotte in ottemperanza a quanto prescritto dal D.M. 17/01/18 "*Aggiornamento delle nuove norme tecniche per le costruzioni*", che rappresenta la più recente applicazione normativa della Legge n. 64 del 1974 e dei successivi D.M. applicativi, con particolare riferimento al D.M. 11/03/88 e 14/01/08.

Per la predisposizione del documento sono state utilizzate le informazioni riportate nei documenti allegati al POC (Piano Operativo Comunale) ed al PSC (Piano Strutturale Comunale) del Comune di Sala Bolognese (BO) e anche dell'Unione Terre d'Acqua ed i dati relativi alla documentazione delle indagini sismico-geotecniche condotte sull'area.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners Corso Italia, 13 20122 – Milano	PUA Componente D7-3 Relazione di analisi della Componente Geologica (D.M. 17/01/2018)	Novembre 2020	3 di 35

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area in oggetto, sita nel Comune di Sala Bolognese (BO) in adiacenza a Via Filippo Turati, ha una superficie totale pari a circa 95.000 mq ed attualmente risulta come area verde inserita in un contesto in parte urbanizzato a destinazione industriale-commerciale, in parte verde-agricolo.

Di seguito si riporta una fotografia aerea di dettaglio dell'area (**Figura 1**).



Figura 1 – Foto aerea con identificazione dell'area in oggetto

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners Corso Italia, 13 20122 – Milano	PUA Componente D7-3 Relazione di analisi della Componente Geologica (D.M. 17/01/2018)	Novembre 2020	4 di 35

L'area in oggetto si presenta interamente pianeggiante con una quota media di circa 24-25 m s.l.m., come desumibile dalla Cartografia Tecnica Regionale della Emilia Romagna (Elemento n. 220044) presente in Figura 2.

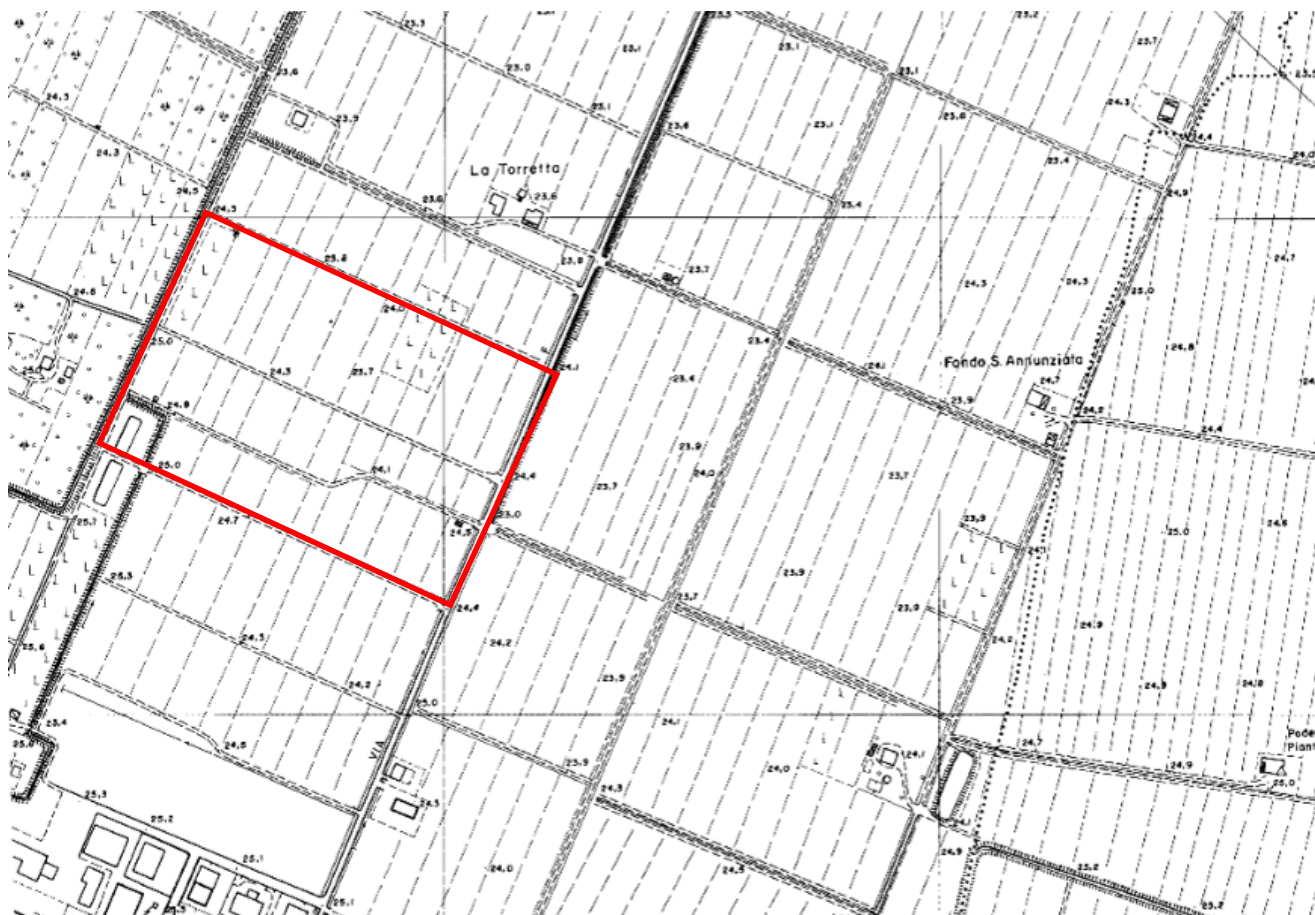


Figura 2 – Stralcio della CTR dell'Emilia Romagna - Elemento 220044

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners Corso Italia, 13 20122 – Milano	PUA Componente D7-3 Relazione di analisi della Componente Geologica (D.M. 17/01/2018)	Novembre 2020	5 di 35

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

L'area in oggetto è caratterizzata da terreni composti da materiali alluvionali depositati dai corsi d'acqua che sfociavano dalle valli appenniniche durante il Quaternario.

Tali processi sedimentari hanno modellato l'assetto morfologico della pianura alluvionale, differenziando le diverse forme deposizionali a seconda dei diversi ambienti sedimentari.

Generalmente le litologie di superficie sono rappresentate da limi, argille e sabbie variamente intercalate tra loro; solo in profondità sono presenti depositi di maggiore granulometria.

I terreni rappresentativi del primo sottosuolo sono costituiti da sedimenti fluviali-palustri depositati dai torrenti Samoggia e Lavino e dal Fiume Reno, formati cioè da strati di materiali a granulometria fine e/o finissima (limi ed argille) intercalati a strati di materiali più grossolani (sabbie e sabbie limose).



Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners Corso Italia, 13 20122 – Milano	PUA Componente D7-3 Relazione di analisi della Componente Geologica (D.M. 17/01/2018)	Novembre 2020	6 di 35

Legenda

Terreni di copertura

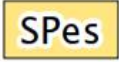
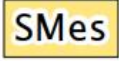
	Rizz	Terreni contenenti resti di attività antropica
	SPes	Sabbie pulite con granulometria poco assortita di argine e canale
	SMes	Sabbie limose, miscela di sabbie e limo di argine e canale
	OLpi	Limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità di piana inondabile
	OHpi	Argille organiche di media-alta plasticità, limi organici di piana inondabile
	MLes	Limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di argine e canale

Figura 3 Carta geologica-tecnica del PSC di Sala Bolognese - Microzonazione sismica

L'area in oggetto è caratterizzata da una morfologia sub-pianeggiante con bassi gradienti topografici. Dal punto di vista geologico l'area oggetto di intervento, che come visto ha una quota media di circa 24-25 m s.l.m., è ubicata interamente in corrispondenza del "Fluviale recente" descritto nel Foglio 87 "Bologna" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 e caratterizzata da terreni con una litologia prevalentemente coesiva argilloso-limosa.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners Corso Italia, 13 20122 – Milano	PUA Componente D7-3 Relazione di analisi della Componente Geologica (D.M. 17/01/2018)	Novembre 2020	7 di 35

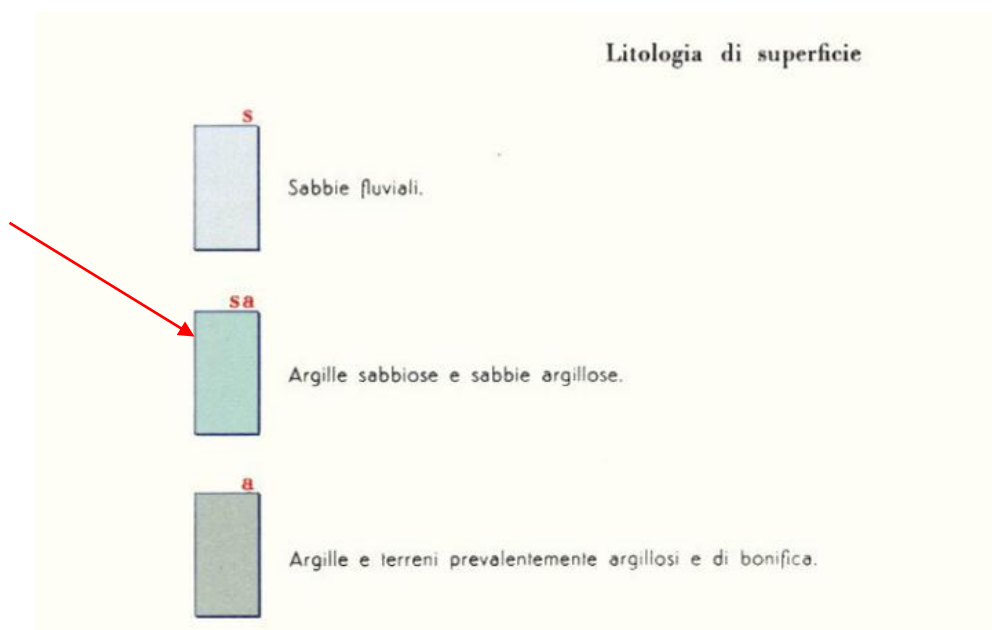
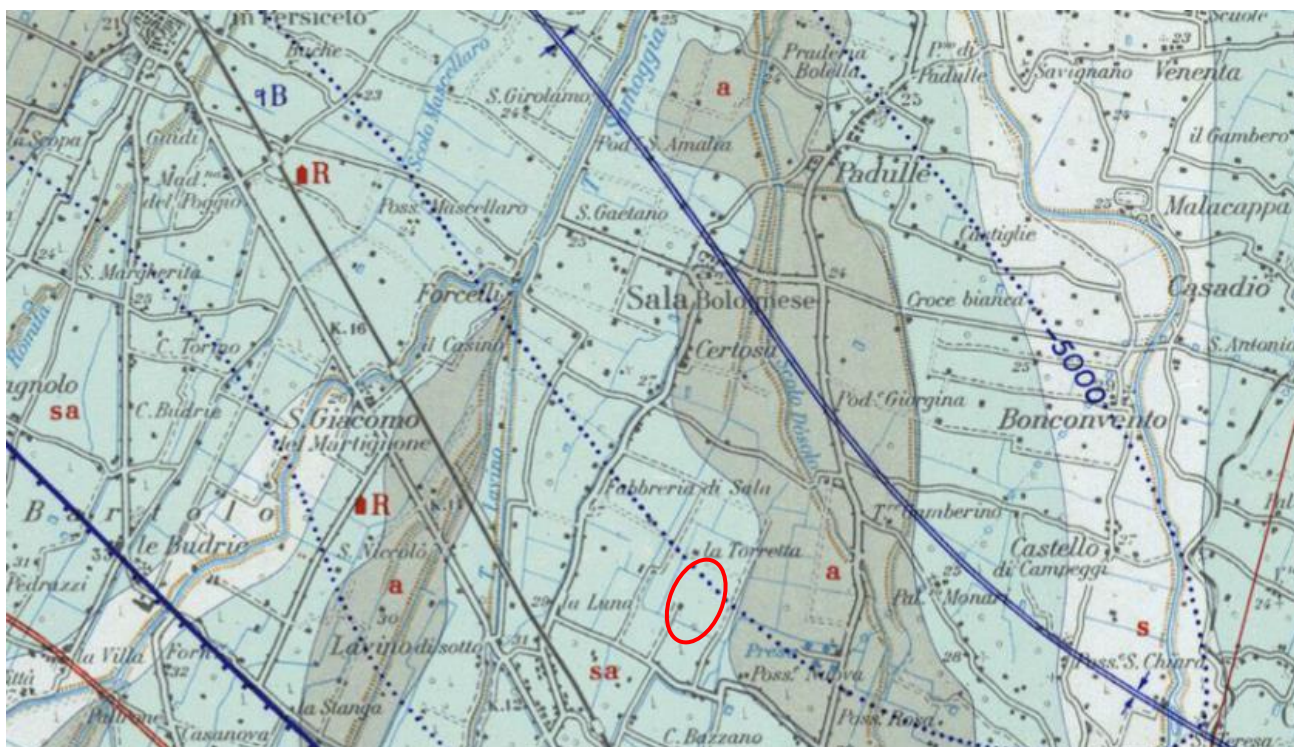


Figura 4 Stralcio della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 - Foglio 87 Bologna

4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'area in oggetto è ubicata nelle vicinanze dei torrenti Samoggia e Lavino e anche del fiume Reno, le cui alluvioni la caratterizzano sia dal punto di vista geologico-geomorfologico che litostratigrafico. L'eterogeneità granulometrica dei suddetti depositi genera un acquifero multistrato confinato nei terreni con granulometria più grossolana; l'alimentazione della falda più superficiale avviene attraverso l'infiltrazione delle acque meteoriche e di subalveo, provenienti dai corsi d'acqua.

Nell'area indagata le falde superficiali sono prevalentemente "sospese", in quanto sono confinate sia verticalmente che orizzontalmente da terreni quasi impermeabili.

Dai dati raccolti durante l'esecuzione delle prove penetrometriche **il livello di falda si attesta alla profondità pari a circa -1,0/-1,2 m dal p.c.**; si ricorda comunque che la falda superficiale è soggetta al ciclo meteo-climatico, per cui presenterà livelli statici a quote più alte (mesi primaverili) e livelli più bassi in assenza di manifestazioni atmosferiche.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners Corso Italia, 13 20122 – Milano	PUA Componente D7-3 Relazione di analisi della Componente Geologica (D.M. 17/01/2018)	Novembre 2020	9 di 35

5 SUBSIDENZA

Il tema della Subsidenza risulta fondamentale nell'area interessata dal progetto.

Di seguito una serie di stralci dalla Relazione geologica del PSC dell'Unione Terre d'acqua:

Innanzitutto cos'è la subsidenza? La subsidenza indica il progressivo abbassamento del terreno dovuto a cause naturali ed artificiali; il fenomeno di *subsidenza naturale* è caratterizzato sia dal costipamento provocato dal peso dei carichi sovrastanti sui sedimenti incoerenti (limo, argilla e torba), che dal movimento del substrato roccioso. Il fenomeno di *subsidenza artificiale* è imputabile all'azione dell'uomo, in relazione all'estrazione di acqua dal sottosuolo, allo sfruttamento dei livelli contenenti metano, alla bonifica di valli e di terreni paludosi, all'alterazione, spesso dovuta ad inquinamento, delle caratteristiche chimiche delle acque sotterranee.

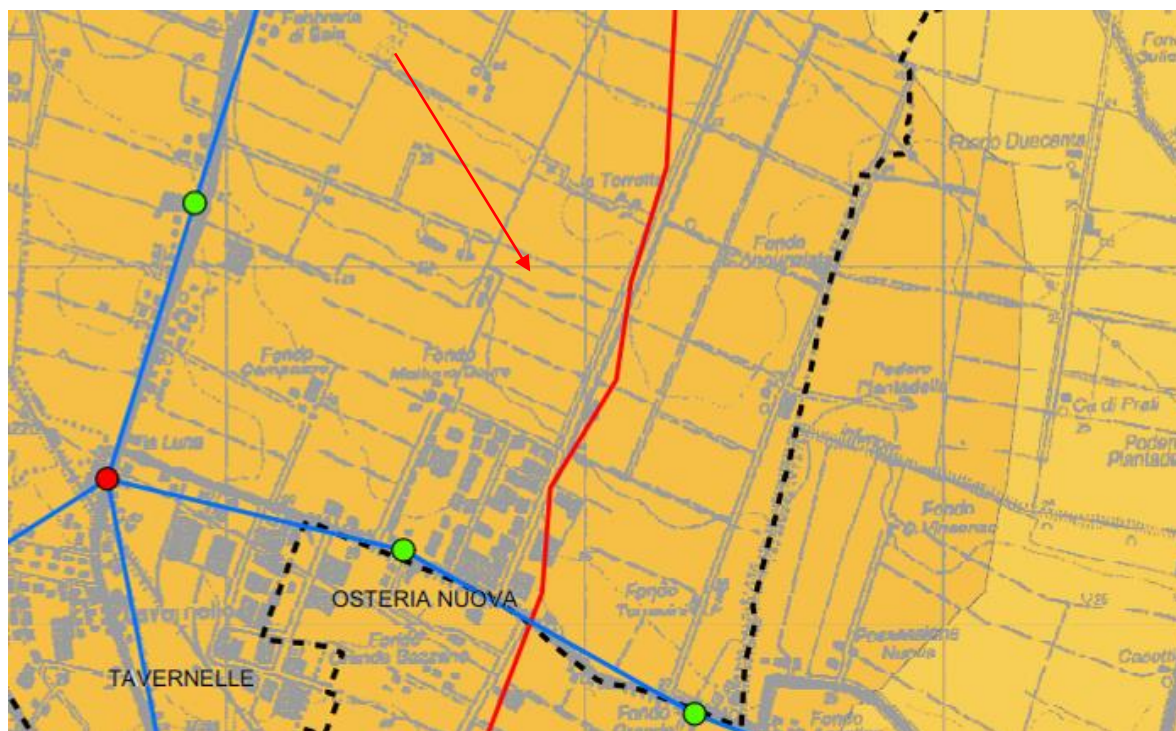
L'azione di costipamento indotta dal prelievo delle risorse idriche del sottosuolo, si verifica in seguito alla diminuzione della pressione neutra presente nei pori; infatti la presenza dell'acqua, all'interno degli spazi intergranulari dei terreni, esercita una pressione "neutra" che si sviluppa in tutte le direzioni. L'allontanamento dell'acqua determina una diminuzione della pressione neutra, con conseguente depressurizzazione del terreno ed aumento della tensione effettiva, quella cioè collegata al "peso" dei granuli che compongono il terreno: ne deriva una compattazione e deformazione del terreno stesso.

Gli effetti di un abbondante emungimento idrico si estendono a tutto il sistema di acquiferi ed acquitardi, essendo l'acqua presente in tutti i mezzi permeabili. Inoltre, il fenomeno assume ritmi lenti, con effetti notevolmente ritardati nel tempo.

Complessivamente si registrano sul territorio provinciale dal 1983 valori massimi di abbassamento che superano di poco il metro, testimoniando una continuazione del fenomeno della subsidenza. Le punte massime si rilevano lateralmente alla conoide del Fiume Reno, in prossimità dei centri abitati di Tavernelle/Sala ed Argelato nonché nel Comune di Bologna immediatamente a Nord del centro storico. Nella figura che segue sono riportate gli abbassamenti medi annui in cm della zona bolognese.

Nell'area occupata dall'Associazione Comuni Terre d'Acqua la subsidenza è nota da tempo, ed è fonte di problemi di una certa gravità. In un'area di pianura poco acclive, anche deboli variazioni nella forma del piano campagna rischiano di sconvolgere il funzionamento della rete scolante; questo inconveniente è già oggi segnalato dal Consorzio di Bonifica Reno Palata, che si scontra con frequenti difficoltà nel garantire il funzionamento di alcuni importanti canali della zona.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners Corso Italia, 13 20122 – Milano	PUA Componente D7-3 Relazione di analisi della Componente Geologica (D.M. 17/01/2018)	Novembre 2020	10 di 35



Legenda

● Punti nodali

● Caposaldi

— Linee di misura

Subsidenza totale 1983 - 1999 (mm)

0 - 200

200 - 400

400 - 600

600 - 800

800 - 1000

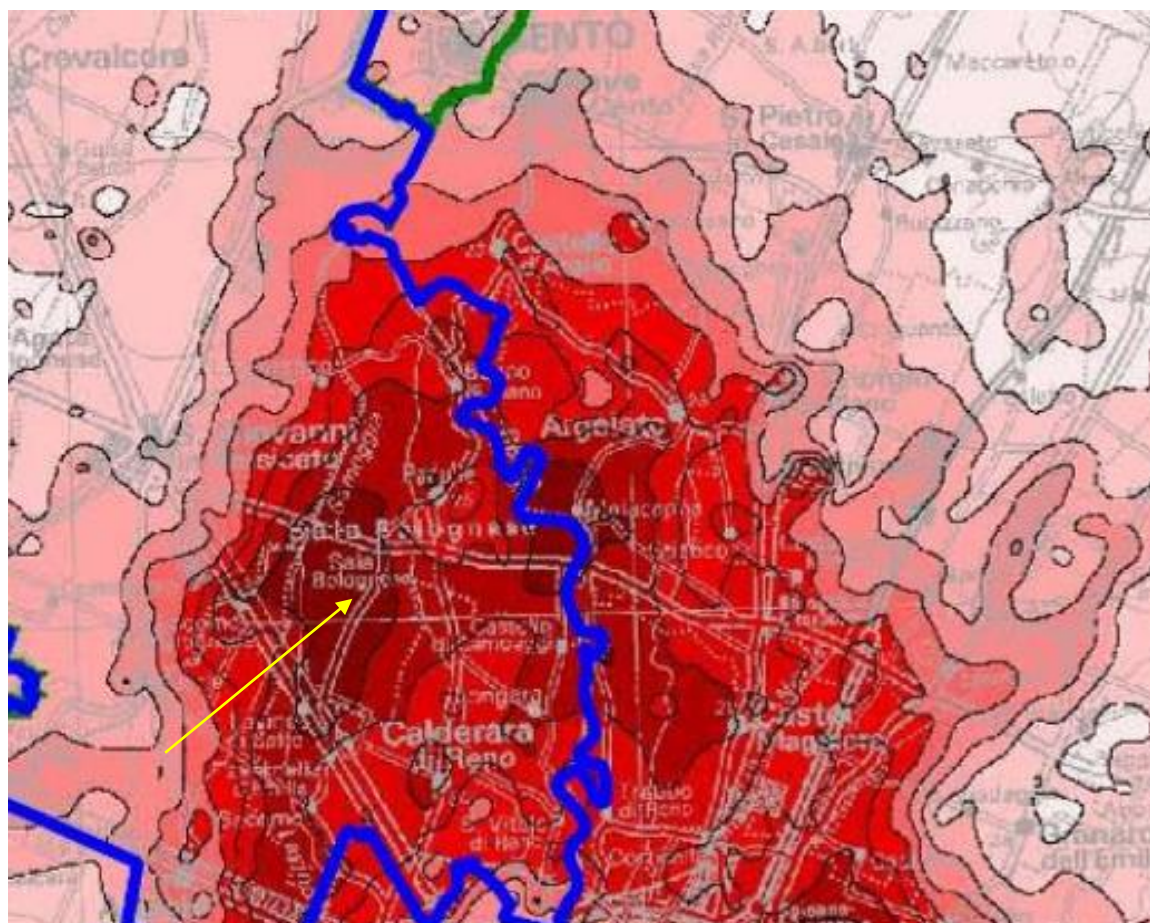
— Abbassamenti recenti, 1992 - 1999 (mm)

Figura 5 Stralcio della Carta della Subsidenza Qc.6/t3c – PSC Unione Terre d'Acqua



Fig. 6.8 - Estratto dell'elaborazione eseguita con i valori assoluti di subsidenza registrati tra il 1983-1999, dove a colorazione più intensa corrisponde un maggiore valore dell'abbassamento del suolo (il colore più scuro corrisponde ad un abbassamento di 100-120 cm).

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners Corso Italia, 13 20122 – Milano	PUA Componente D7-3 Relazione di analisi della Componente Geologica (D.M. 17/01/2018)	Novembre 2020	12 di 35



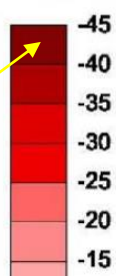
Legenda

Confine provinciale

Curva di livello 100 m s.l.m.

Isocinetica (mm/anno): equidistanza 5

Velocità di movimento verticale del suolo (mm/anno)



**Fig. 6.9a - Carta delle velocità di abbassamento verticale del suolo - periodo 1992-2000
provincia di Bologna - (ARPA Ingegneria Ambientale, Bologna 2007)**

6 SISMICITA' STORICA

L'esame della carta delle Massime intensità macrosismiche osservate nei Comuni della Regione Emilia Romagna, predisposta sulla base dei dati contenuti nella banca dati macrosismici del GNDT e di quelli contenuti nel Catalogo dei forti terremoti in Italia di ING/SGA, mostra come l'intensità massima dei terremoti verificatisi in epoca storica in corrispondenza del sito di diretto interesse sia pari al settimo grado della scala MCS (Mercalli, Cancani, Sieberg).

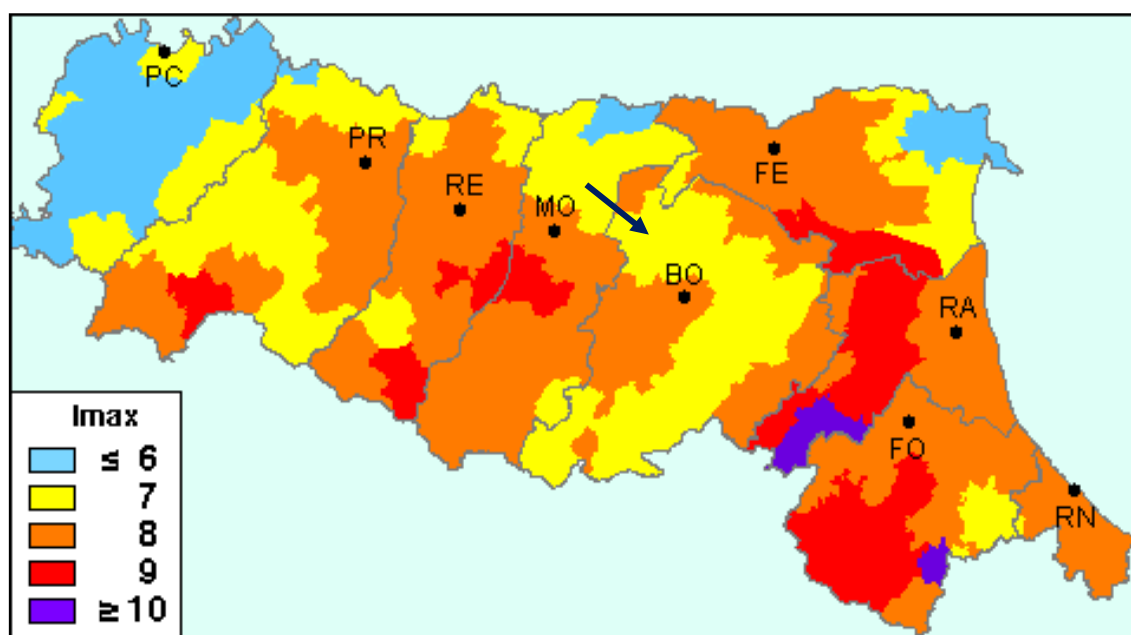


Figura 6 – Carta delle Massime intensità macrosismiche osservate nei Comuni della Regione Emilia Romagna (Molin, Stucchi, Valensise). La freccia indica l'ubicazione dell'area indagata.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners Corso Italia, 13 20122 – Milano	PUA Componente D7-3 Relazione di analisi della Componente Geologica (D.M. 17/01/2018)	Novembre 2020	14 di 35

La mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (Gruppo di Lavoro MPS - elaborazione aprile 2004) indica, per il sito di intervento, valori di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi, compresi tra 0,150 g e 0,175 g.

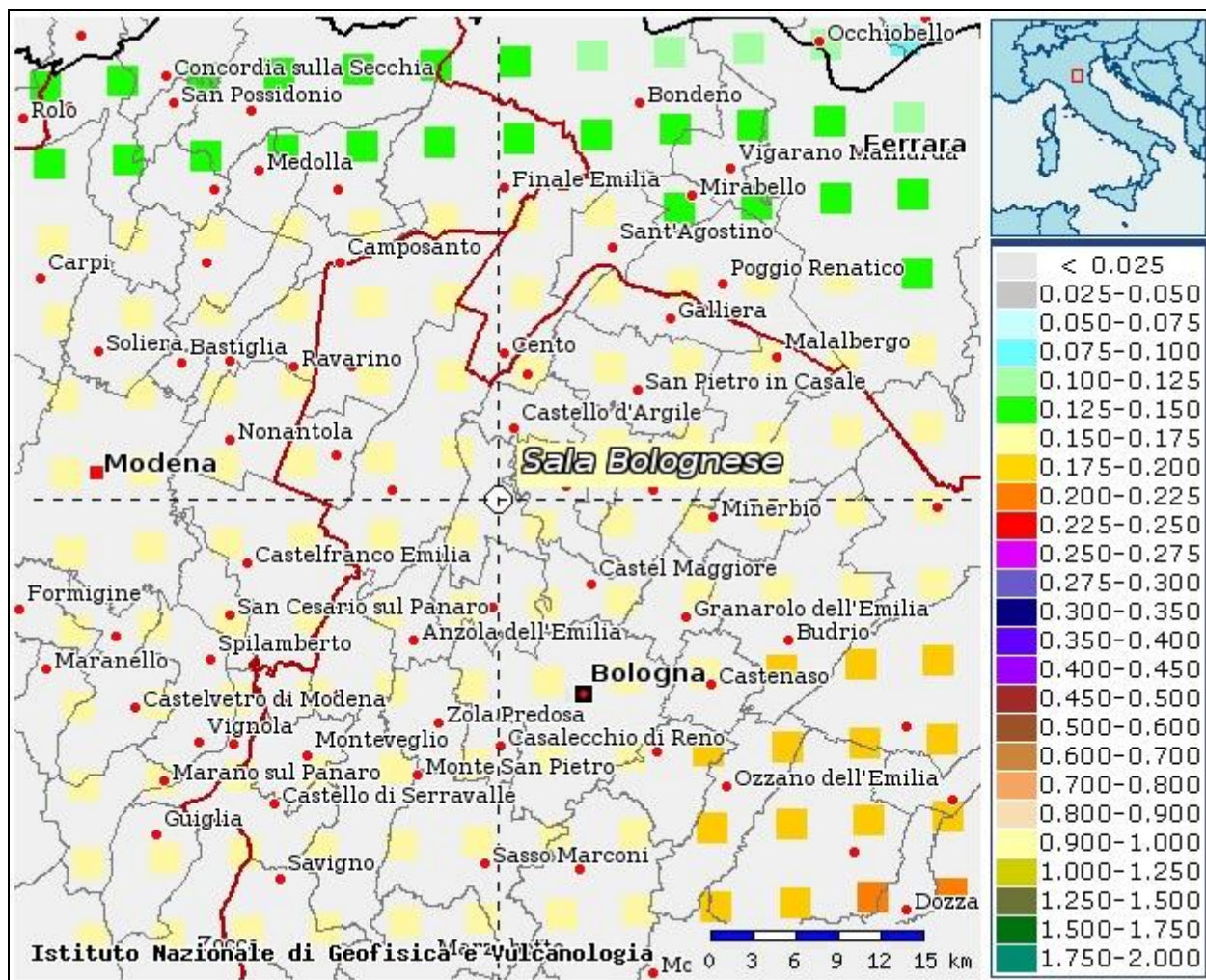


Figura 7 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale
(Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004).

In base alla classificazione sismica dell'intero territorio nazionale (OPCM n. 3274 del 20/03/03, recepita dalla d.g.r. n. 1435/03 ed aggiornata al 2018), il comune di Sala Bolognese (BO) ricade nella zona sismica 3.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners Corso Italia, 13 20122 - Milano	PUA Componente D7-3 Relazione di analisi della Componente Geologica (D.M. 17/01/2018)	Novembre 2020	15 di 35

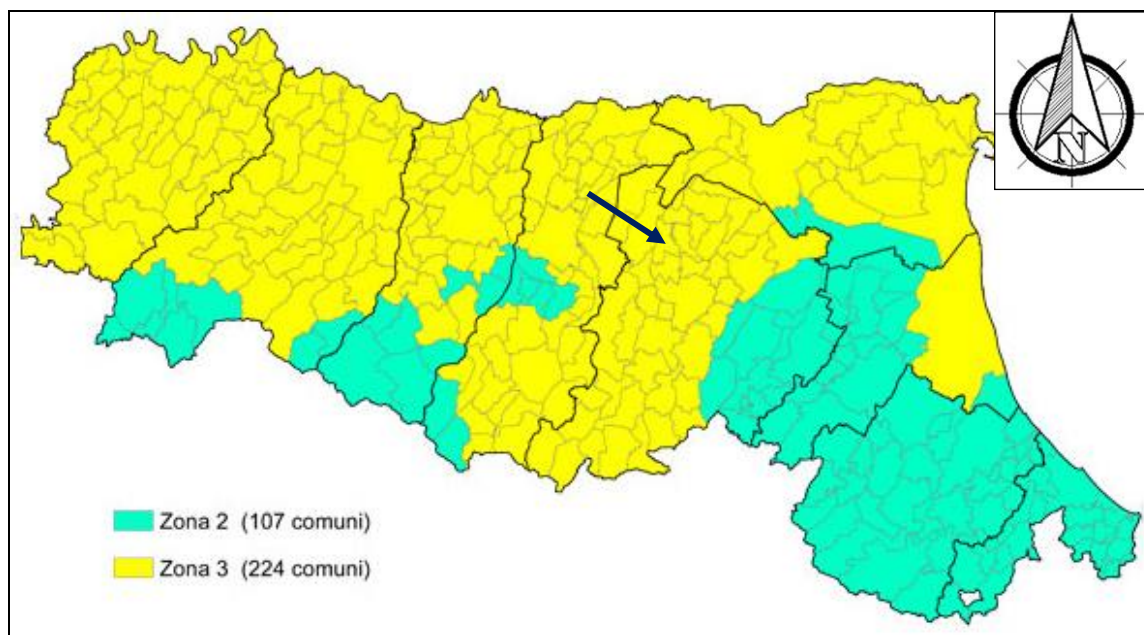


Figura 8 - Classificazione sismica della Regione Emilia Romagna, Recepimento dell'Ordinanza PCM 20 marzo 2003, n. 3.274 – Aggiornamento luglio 2018. Tratto da: Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli. La freccia indica l'area investigata.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners Corso Italia, 13 20122 – Milano	PUA Componente D7-3 Relazione di analisi della Componente Geologica (D.M. 17/01/2018)	Novembre 2020	16 di 35

7 PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

In base a quanto riportato nella Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica contenuta nel vigente PSC comunale la porzione sud-orientale del sito oggetto del presente studio ricade all'interno di una zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (colore azzurro chiaro), mentre il settore nord-occidentale è classificato come una zona instabile per potenziale liquefazione (colore verde scuro con retino quadrettato).

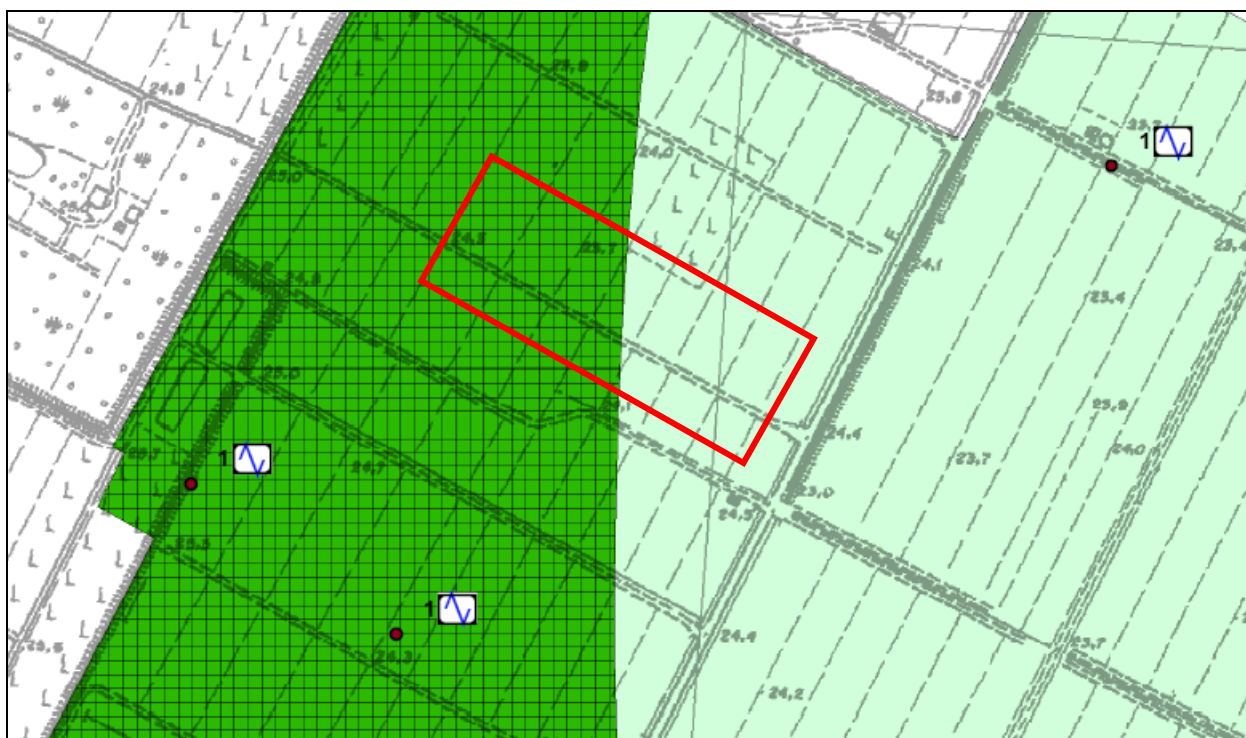


Figura 9 – Stralcio della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica del vigente PSC comunale.
L'area di intervento della futura logistica è evidenziata dal rettangolo rosso.

Per quanto concerne la frequenza naturale del terreno, dall'esame della cartografia di piano, con particolare riferimento alla Carta delle frequenze naturali del terreno, il sito di specifico interesse, in base ai risultati delle misure a stazione singola eseguite per lo studio di microzonazione sismica comunale, presenta valori compresi tra 0,70 e 0,72 Hz (per il seguente intervallo di classi di ampiezza: $2,0 < A_0 \leq 2,5$).

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners Corso Italia, 13 20122 – Milano	PUA Componente D7-3 Relazione di analisi della Componente Geologica (D.M. 17/01/2018)	Novembre 2020	17 di 35

7.1 Analisi sismica semplificata del secondo livello - amplificazione per caratteristiche litologiche

Sulla base del contesto geologico generale la porzione sud-orientale dell'area investigata si colloca in una zona suscettibile di amplificazione sismica per caratteristiche litologiche.

Per tale ragione in sede di predisposizione dello studio geologico comunale sono stati calcolati i fattori di amplificazione sismica (analisi sismica semplificata del secondo livello) per effetti litologici, secondo le procedure aggiornate previste dalla D.g.r. 2193/2015 (Aggiornamento dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" di cui alla deliberazione dell'Ass.leg. n. 112/2007).

I fattori di amplificazione sono espressi sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGAo) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SIo), per prefissati intervalli di periodi, dove PGAo e SIo sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'intensità di Housner al suolo di riferimento, definiti dal data base regionale, mentre PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale ed intensità di Housner calcolate alla superficie dei siti esaminati.

L'estensore dello studio geologico comunale ha individuato i seguenti valori dei fattori di amplificazione sismica per gli effetti litologici:

F.A. P.G.A.	1,3 – 1,4
F.A. S.I.1 Intensità spettrale $0,1\text{ s} < T_0 < 0,5\text{ s}$	1,5 – 1,6
F.A. S.I.2 Intensità spettrale $0,5\text{ s} < T_0 < 1,0\text{ s}$	2,3 – 2,4
F.A. S.I.3 Intensità spettrale $0,5\text{ s} < T_0 < 1,5\text{ s}$	2,5 – 3,0

7.2 Terzo livello di approfondimento - Suscettibilità alla liquefazione

Come indicato in precedenza il settore nord-occidentale dell'area di specifico interesse è classificato come una zona suscettibile di instabilità, ovvero potenzialmente soggetta al fenomeno della liquefazione. Per tale ragione sono richiesti gli approfondimenti simili di terzo livello che consistono nella verifica alla liquefazione.

Tale verifica è stata condotta dall'estensore dello studio geologico comunale impiegando il metodo di Boluanger-Idriss (2014). Le elaborazioni matematiche hanno permesso di calcolare un indice del potenziale di liquefazione (IL) medio pari a 3,3 che corrisponde ad un rischio di liquefazione potenzialmente moderato ($2 < IL \leq 5$).

Ai sensi della D.G.R. n. 630 del 29/04/2019 è stata comunque effettuata la valutazione della possibilità di occorrenza della liquefazione (ai sensi dell'Allegato A3 della succitata D.G.R.), utilizzando la prove CPT₃, CPT₄, CPT₅ e CPT₆, ovvero quelle relative al settore nord-occidentale dell'area di specifico interesse, che nella Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica contenuta nel vigente PSC comunale risulta potenzialmente soggetto al fenomeno della liquefazione.

La possibilità di occorrenza di fenomeni di liquefazione è stata valutata applicando il metodo di Metodo di Robertson e Wride (1997) sulla verticale delle prove CPT₃, CPT₄, CPT₅ e CPT₆.

Il metodo di Robertson e Wride è basato sui risultati di prove CPT (Cone Penetration Test) ed utilizza l'indice di comportamento per il tipo di suolo, denominato I_c , che viene calcolato mediante l'utilizzo della seguente relazione matematica:

$$I_c = \left[(3,47 - \log_{10} Q)^2 + (\log_{10} R_f + 1,22)^2 \right]^{0,5}$$

$$Q = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n$$

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners Corso Italia, 13 20122 – Milano	PUA Componente D7-3 Relazione di analisi della Componente Geologica (D.M. 17/01/2018)	Novembre 2020	19 di 35

$$R_f = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{vo}} 100$$

dove:

q_c è la resistenza alla punta misurata

P_a è la tensione di riferimento (1 atmosfera) nelle stesse unità di σ'_{vo}

f_s è l'attrito del manicotto

n è un'esponente che dipende dal tipo di suolo.

Inizialmente si assume $n = 1$, come per un suolo argilloso e si procede al calcolo di IC. Se $IC > 2,6$ il suolo è probabilmente di tipo argilloso e l'analisi si ferma. Il terreno non si considera a rischio di liquefazione.

Se $IC \leq 2,6$, vuol dire che l'ipotesi assunta è errata (il suolo è di natura granulare) ed il parametro Q verrà ricalcolato utilizzando come esponente $n = 0,5$. Se avremo ancora $IC \leq 2,6$, significa che l'ipotesi è giusta e il suolo è probabilmente non plastico e granulare.

Se invece $IC > 2,6$, vuol dire che l'ipotesi è di nuovo errata ed il suolo è probabilmente limoso. Q deve essere nuovamente ricalcolato ponendo $n=0,75$. Calcolato IC si procede con la correzione della resistenza alla punta misurata q_c mediante la seguente espressione:

$$q_{c1N} = \frac{q_c}{P_a} \left(\frac{P_a}{\sigma'_{vo}} \right)^n$$

Dove l'esponente di sforzo n è lo stesso utilizzato nel calcolo di IC. La correzione alla resistenza alla punta dovuta al contenuto di materiale fine viene determinata dalla seguente procedura:

Robertson e Wride classico

$$(q_{c1N})_{cs} = K_c q_{c1N}$$

$$K_c = -0,403I_c^4 + 5,581I_c^3 - 21,63I_c^2 + 33,75I_c - 17,88$$

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners Corso Italia, 13 20122 – Milano	PUA Componente D7-3 Relazione di analisi della Componente Geologica (D.M. 17/01/2018)	Novembre 2020	20 di 35

Robertson e Wride modificato

$$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} + \Delta q_{c1N}$$

$$\Delta q_{c1N} = \frac{K_c}{1 - K_c} q_{c1N}$$

dove K_c dipende dal contenuto di fine, FC (%):

$$\begin{aligned} K_c &= 0 && \text{per } FC \leq 5 \\ K_c &= 0,0267(FC - 5) && \text{per } 5 < FC \leq 35 \\ K_c &= 0,8 && \text{per } FC > 35 \end{aligned}$$

FC (%) viene calcolato mediante l'espressione seguente:

$$FC (\%) = 1,75(I_c)^{3,25} - 3,7$$

La resistenza alla liquefazione per una magnitudo pari a 7,5 ($CRR_{7,5}$) si calcola con le espressioni seguenti:

se $(q_{c1N})_{cs} < 50$

$$CRR = 0,833 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right] + 0,05$$

se $50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160$

$$CRR = 93 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0,08$$

Il Rapporto di Tensione Ciclica per eventi sismici di magnitudo 7,5 ($CSR_{7,5}$) si determina dalla seguente espressione:

$$\frac{\tau_{av}}{\sigma'_{v0}} = CSR_{7,5} = 0,65 \frac{a_g}{g} \frac{\sigma'_{v0}}{\sigma'_{v0}} r_d$$

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners Corso Italia, 13 20122 – Milano	PUA Componente D7-3 Relazione di analisi della Componente Geologica (D.M. 17/01/2018)	Novembre 2020	21 di 35

Per magnitudo diverse occorre introdurre il fattore correttivo MSF (Magnitudo Scaling Factor) come raccomandato dal NCEER (si veda la tabella sottostante).

$$CSR = \frac{CSR_{7,5}}{MSF}$$

Magnitudo	Seed H.B. & Idriss I.M. (1982)	Ambraseys N.N (1988).	NCEER (Seed R. B. et alii) (1997; 2003)
5,5	1,43	2,86	2,21
6,0	1,32	2,20	1,77
6,5	1,19	1,69	1,44
7,0	1,08	1,30	1,19
7,5	1,00	1,00	1,00
8,0	0,94	0,67	0,84
8,5	0,89	0,44	0,73

Fattore di scala della magnitudo derivato da diversi ricercatori

Per determinare il valore del coefficiente riduttivo r_d vengono utilizzate le formule raccomandate da un gruppo di esperti del NCEER (National Center for Earthquake Engineering Research):

per $z < 9,15$ m

$$r_d = 1,0 - 0,00765z$$

per $9,15 \leq z < 23$ m

$$r_d = 1,174 - 0,00267z$$

Il fattore di sicurezza alla liquefazione **FS** (o **FL**) viene determinato dalla relazione:

$$FS = \frac{CRR}{CSR}$$

L'indice (o potenziale) di liquefazione (I_L) viene calcolato con il metodo di Iwasaki et alii (1978; 1984) facendo riferimento alle seguenti classi di pericolosità (Sonmez, 2003):

$I_L = 0$	Non liquefacibile ($F_L \geq 1.2$)
$0 < I_L \leq 2$	Potenziale basso
$2 < I_L \leq 5$	Potenziale moderato
$5 < I_L \leq 15$	Potenziale alto
$15 < I_L$	Potenziale molto alto

Nella tabella sottostante vengono riportati i valori minimi del coefficiente di sicurezza FS (o FL) ed i valori massimi dell'indice di liquefazione (I_L) valutati per ciascuna delle verticali esplorate.

Verticale esplorata	Minimo valore di FS (o FL)	Massimo valore di I_L
CPT ₃	0,923	2,27
CPT ₄	0,960	3,00
CPT ₅	0,803	3,03
CPT ₆	0,803	3,38

Dalle verifiche condotte in questa sede sono i valori massimi dell'indice del potenziale di liquefazione (I_L) sono compresi tra 2,27 e 3,38, che corrispondono ad un rischio di liquefazione potenzialmente moderato ($2 < I_L \leq 5$). Tale dato è congruente con quanto riportato nello studio geologico comunale.

Nell'Allegato 3 sono riportati i tabulati di calcolo ed i grafici dell'andamento di FS in funzione di qc, determinati con il metodo di Robertson e Wride, per le verticali CPT₃, CPT₄, CPT₅ e CPT₆.

9 INDAGINE GEOTECNICA E SISMICA

Al fine di approfondire la conoscenza in merito agli aspetti geotecnici e sismici dei terreni interessati dal progetto si è proceduto ai necessari accertamenti avanti descritti.

9.1 Approfondimenti geotecnici

Per quanto attiene gli approfondimenti di natura geotecnica l'area è stata oggetto di un'indagine al fine di poter caratterizzare i terreni interessati dal progetto.

Al fine di determinare la successione litostratigrafica e le caratteristiche geologico-geotecniche del sottosuolo, preliminarmente alla stesura della presente relazione, nella giornata del 05/03/2020 sono state eseguite:

- n. 6 prove penetrometriche statiche CPT (P1-P6) spinte fino a profondità massima di – 10 m. dal piano campagna con un penetrometro Pagani montato su carrello cingolato
- n. 1 stendimento sismico impiegando l'analisi multicanale di onde di superficie [MASW].

Per l'ubicazione dei punti di indagine si rimanda allo stralcio planimetrico in figura 11b



Figura 11a – Prova CPT

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners Corso Italia, 13 20122 – Milano	PUA Componente D7-3 Relazione di analisi della Componente Geologica (D.M. 17/01/2018)	Novembre 2020	26 di 35



Figura 11b - Penetrometro Pagani sulla P1 e Planimetria con ubicazione prove CPT e sismica Masw

L'esecuzione delle 6 prove CPT ha permesso di definire in modo indiretto l'assetto litostratigrafico dell'area d'intervento. La successione stratigrafica (modello geologico di riferimento) può essere schematizzata come segue:

0.0-10.0 m Alternanza tra argille e limi, con un comportamento geotecnico di tipo coesivo

Tale successione risulta quindi coerente con l'assetto litostratigrafico generale del sottosuolo dell'area vasta, descritto nei capitoli precedenti.

Per la valutazione dei parametri geotecnici che caratterizzano il sottosuolo dell'area d'intervento sono state elaborate le 6 prove penetrometriche statiche, utilizzando le correlazioni proposte da diversi autori.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners Corso Italia, 13 20122 – Milano	PUA Componente D7-3 Relazione di analisi della Componente Geologica (D.M. 17/01/2018)	Novembre 2020	27 di 35

Nelle tabelle seguenti sono riportati i principali parametri geomeccanici relativi agli orizzonti che costituiscono il substrato dell'area indagata, descritti nel precedente paragrafo (i tabulati completi delle prove ed i relativi grafici sono riportati negli allegati).

PROVA CPT₁

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey
1	0,0-0,6	C	0,2	153,7	23,5	66,8	1,6	1,7	1,8	--	--	--
2	0,6-1,6	C	0,5	380,5	44,2	116,7	4,7	1,9	1,9	--	--	--
3	1,6-2,8	C	0,9	677,6	45,3	165,8	9,0	2,0	2,0	--	--	--
4	2,8-3,8	C	0,4	271,8	37,4	97,1	4,7	1,8	1,9	--	--	--
5	3,8-8,0	C	0,8	537,3	48,4	146,2	9,0	1,9	2,0	--	--	--
6	8,0-10	C	0,4	282,2	39,7	103,0	6,2	1,8	1,9	--	--	--

PROVA CPT₂

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey
1	0,0-0,8	C	0,2	160,7	24,5	68,8	1,7	1,7	1,8	--	--	--
2	0,8-2,0	C	0,6	409,2	45,6	122,0	5,8	1,9	2,0	--	--	--
3	2,0-3,2	C	0,8	603,3	47,7	154,8	9,0	1,9	2,0	--	--	--
4	3,2-3,8	C	0,5	322,0	41,2	107,2	5,9	1,8	1,9	--	--	--
5	3,8-8,4	C	0,7	526,9	48,4	144,7	9,0	1,9	2,0	--	--	--
6	8,4-10	C	0,4	288,5	40,2	104,3	6,4	1,8	1,9	--	--	--

PROVA CPT₃

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey
1	0,0-0,8	C	0,2	147,2	22,8	65,2	1,5	1,7	1,8	--	--	--
2	0,8-3,0	C	0,7	520,2	48,4	141,7	6,6	1,9	2,0	--	--	--
3	3,0-4,2	C	0,4	268,9	37,9	98,5	3,4	1,8	1,9	--	--	--
4	4,2-8,2	C	0,7	503,0	48,4	143,9	6,8	1,9	2,0	--	--	--
5	8,2-10	C	0,4	235,5	38,4	99,5	3,5	1,8	1,9	--	--	--

PROVA CPT₄

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey
1	0,0-0,6	C	0,2	143,8	22,3	64,2	1,4	1,7	1,8	--	--	--
2	0,6-3,2	C	0,7	505,3	48,2	138,8	8,1	1,9	2,0	--	--	--
3	3,2-4,4	C	0,7	484,9	48,1	136,5	9,0	1,9	2,0	--	--	--
4	4,4-7,0	C	0,9	671,6	45,0	166,7	9,0	2,0	2,0	--	--	--
5	7,0-8,0	C	0,6	386,2	45,6	121,8	8,4	1,9	1,9	--	--	--
6	8,0-10	C	0,4	274,6	39,2	101,6	5,9	1,8	1,9	--	--	--

PROVA CPT₅

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey
1	0,0-0,6	C	0,2	143,8	22,3	64,2	1,4	1,7	1,8	--	--	--
2	0,6-1,6	C	0,4	294,3	38,6	100,1	3,5	1,8	1,9	--	--	--
3	1,6-3,4	C	0,9	672,1	45,3	165,9	8,7	2,0	2,0	--	--	--
4	3,4-7,2	C	0,8	566,0	48,0	152,9	7,6	1,9	2,0	--	--	--
5	7,2-8,2	C	0,7	452,2	48,1	137,4	6,3	1,9	2,0	--	--	--
6	8,2-10	C	0,4	231,4	38,1	98,9	3,4	1,8	1,9	--	--	--

PROVA CPT₆

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey
1	0,0-0,6	C	0,2	135,2	21,2	61,8	1,3	1,7	1,8	--	--	--
2	0,6-1,8	C	0,4	293,4	38,5	100,0	3,5	1,8	1,9	--	--	--
3	1,8-4,2	C	0,8	551,3	48,3	147,9	7,1	1,9	2,0	--	--	--
4	4,2-5,2	C	0,3	223,0	34,6	90,4	2,9	1,8	1,8	--	--	--
5	5,2-8,0	C	0,7	500,4	48,4	143,9	6,8	1,9	2,0	--	--	--
6	8,0-10	C	0,4	230,8	37,9	98,4	3,4	1,8	1,9	--	--	--

LEGENDA

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo. I: Incoerente. Cl: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (kg/cm ²)
Eu:	Modulo di deformazione non drenato (kg/cm ²)
Mo:	Modulo Edometrico (kg/cm ²)
G:	Modulo di deformazione a taglio (kg/cm ²)
OCR:	Grado di sovraconsolidazione
Puv:	Peso unità di volume (t/m ³)
PuvS:	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey:	Modulo di Young (kg/cm ²)

Sulla base di quanto sopra , generalmente si può parlare di terreni indagati con caratteristiche geotecniche esclusivamente coesive, quindi senza valori d'angolo di attrito e falda molto vicina al piano campagna (profondità rilevata circa -1,0/-1,2 m).



Legenda

Resistenza meccanica media del I° strato (1- 4 m)

	Rp medio < 8 kg/cm ²
	8 kg/cm ² ≤ Rp medio < 12 kg/cm ²
	12 kg/cm ² ≤ Rp medio < 16 kg/cm ²
	16 kg/cm ² ≤ Rp medio < 20 kg/cm ²
	Rp medio ≥ 20 kg/cm ²

Aree con caratteristiche di portanza del II° strato (4 - 7 m) e III° strato (7 - 10 m) inferiori a quelle del I° strato (1 - 4 m)

Figura 12 Stralcio della Carta della resistenza meccanica dei terreni Qc.6/tc – PSC Unione Terre d'Acqua

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners Corso Italia, 13 20122 – Milano	PUA Componente D7-3 Relazione di analisi della Componente Geologica (D.M. 17/01/2018)	Novembre 2020	29 di 35

9.2 Approfondimenti sismici

Allo scopo di ricostruire il profilo dell'andamento delle onde di taglio (S) nel terreno si è proceduto con i necessari approfondimenti attraverso l'esecuzione di un'indagine sismica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva), che ha permesso di misurare l'andamento della velocità di propagazione delle onde S del sottosuolo e di definire il valore $V_{S,eq}$ e la relativa categoria di sottosuolo (come previsto dal DM 17/01/2018).

Tale indagine è consistita nella predisposizione di uno stendimento sismico composto da un sismografo al quale è stata collegata una catena di 24 sensori verticali (geofoni) da 4,5 Hz, posti a distanza reciproca di 2,50 m per una lunghezza complessiva pari a 55 m (compreso il trigger). L'ubicazione dello stendimento è visualizzata nella planimetria allegata e nella ripresa fotografica sottostante.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ (in m/s) definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

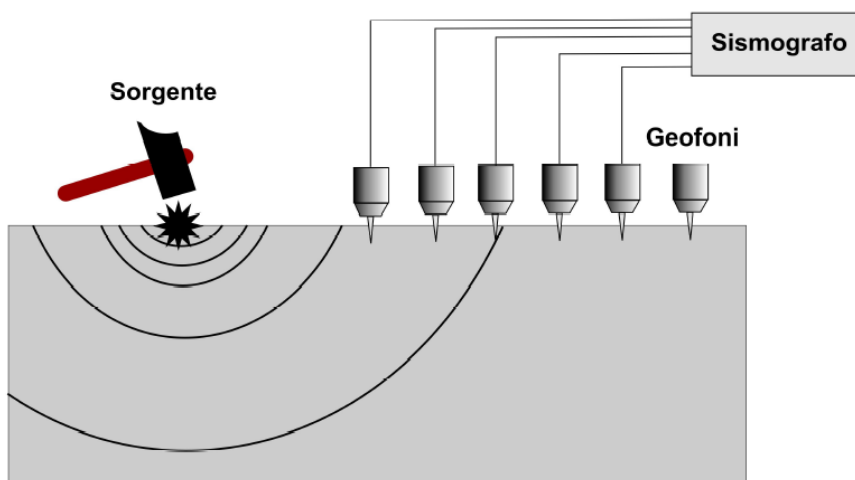
H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners Corso Italia, 13 20122 – Milano	PUA Componente D7-3 Relazione di analisi della Componente Geologica (D.M. 17/01/2018)	Novembre 2020	30 di 35



Figura 13 - Stendimento sismico Masw

Di seguito viene riportato uno schema che illustra la disposizione dei sensori e la trasmissione dell'impulso.



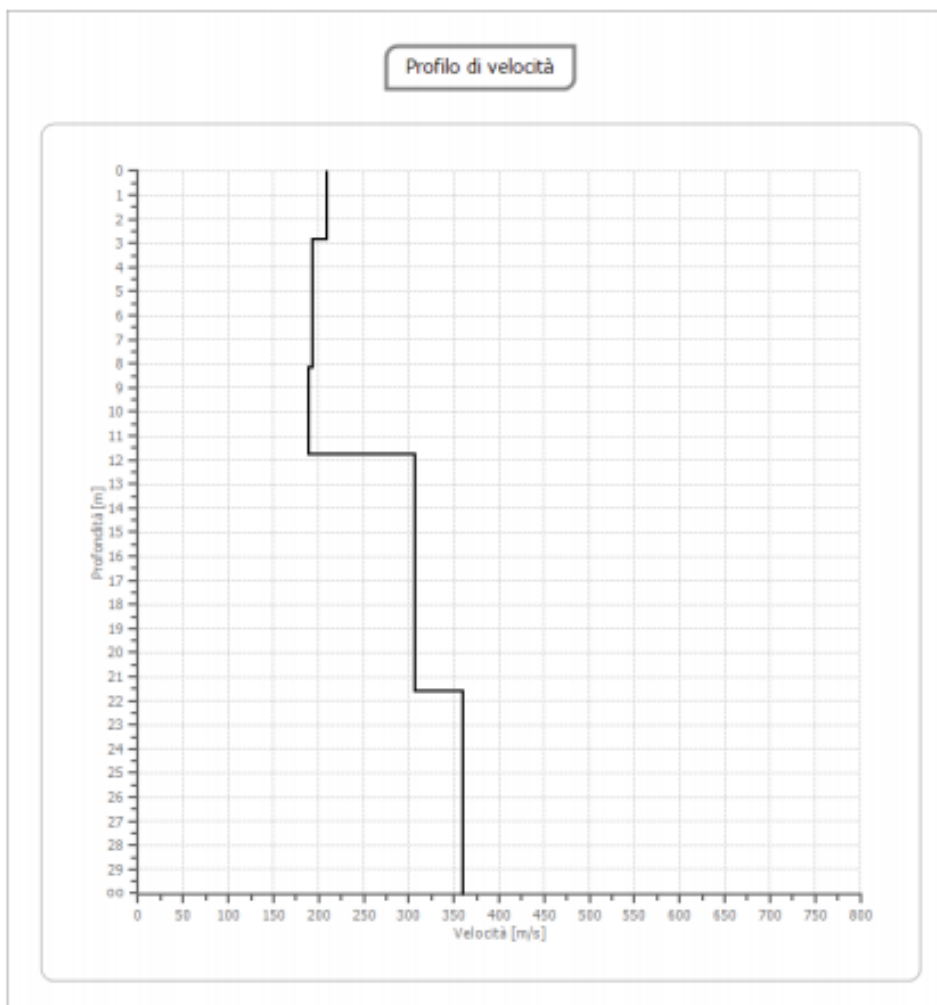
La procedura elaborativa prevede, sinteticamente, i seguenti passi:

- Trasformazione dei file in formato compatibile
- Immissione delle geometrie di acquisizione dei dati (sorgente e ricettori)
- Generazione dell'immagine di dispersione
- Analisi della curva di dispersione (picking)
- Verifica dei modi
- Modellazione e/o inversione
- Calcolo del parametro V_{sEq} dal profilo delle velocità di taglio

Dall'elaborazione dei dati ricavati dall'indagine MASW è stata stimata una velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m del sottosuolo V_{sEq} pari a **259 m/s**.

Il sottosuolo dell'area investigata appartiene, pertanto, alla seguente categoria di suolo (D.M. 17/01/2018 - O.P.C.M. n. 3274/2003): **Categoria C**

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners Corso Italia, 13 20122 – Milano	PUA Componente D7-3 Relazione di analisi della Componente Geologica (D.M. 17/01/2018)	Novembre 2020	32 di 35



- VSeq 259.41 m/s

C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
---	--

Figura 14 – Diagramma Vseq e categoria sismica ottenuti dallo stendimento Masw

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners Corso Italia, 13 20122 – Milano	PUA Componente D7-3 Relazione di analisi della Componente Geologica (D.M. 17/01/2018)	Novembre 2020	33 di 35

10 CONCLUSIONI

Nell'ambito del PUA Comparto D7-3 è stata redatta la presente relazione geologica (ai sensi D.M. 17/01/2018) relativa all'area adiacente a via Filippo Turati nel comune di Sala Bolognese (BO) interessata da un futuro intervento di realizzazione di un nuovo insediamento logistico.

La stesura della relazione è stata preceduta da specifiche indagini condotte in ottemperanza a quanto prescritto dal D.M. 17/01/18 "*Aggiornamento delle nuove norme tecniche per le costruzioni*", che rappresenta la più recente applicazione normativa della Legge n. 64 del 1974 e dei successivi D.M. applicativi, con particolare riferimento al D.M. 11/03/88 e 14/01/08.

Per la predisposizione del documento sono state utilizzate le informazioni riportate nei documenti allegati al POC (Piano Operativo Comunale) ed al PSC (Piano Strutturale Comunale) del Comune di Sala Bolognese (BO) e anche dell'Unione Terre d'Acqua ed i dati relativi alla documentazione delle indagini sismico-geotecniche condotte sull'area

Sulla base delle risultanze ottenute nel corso dell'indagine eseguita a supporto dell'intervento in progetto e considerato il contesto geologico, geomorfologico ed idrogeologico del sito in esame, fatte salve le indicazioni riportate nella presente relazione, **si ritiene l'intervento in progetto COMPATIBILE** con le condizioni presenti e, in particolare, con le risultanze dello Studio Geologico di supporto al PSC Comunale di Sala Bolognese (BO).

In ogni caso in relazione alle future attività di progettazione strutturale è opportuno segnalare che:

- l'area in oggetto è interessata dalla presenza di terreni con caratteristiche geotecniche esclusivamente coesive, quindi senza valori d'angolo di attrito.
- il livello di falda soggiacente si attesta in prossimità del piano campagna (profondità rilevata circa -1,0/-1,2 m),
- i terreni dell'area interessata dal progetto sono soggetti al fenomeno della subsidenza
- Il settore nord-occidentale dell'area di specifico interesse è classificato come una zona suscettibile di instabilità, ovvero potenzialmente soggetta al fenomeno della liquefazione. Per tale ragione sono richiesti gli approfondimenti sismici di terzo livello che consistono nella verifica alla liquefazione. Tale verifica è stata condotta dall'estensore dello studio geologico comunale impiegando il metodo di Boluanger-Idriss (2014). Le elaborazioni matematiche hanno

Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners Corso Italia, 13 20122 – Milano	PUA Componente D7-3 Relazione di analisi della Componente Geologica (D.M. 17/01/2018)	Novembre 2020	34 di 35

permesso di calcolare un indice del potenziale di liquefazione (IL) medio pari a 3,3 che corrisponde ad un rischio di liquefazione potenzialmente moderato ($2 < IL \leq 5$).

Ai sensi della D.G.R. n. 630 del 29/04/2019 è stata comunque effettuata la valutazione della possibilità di occorrenza della liquefazione. Dalle verifiche condotte in questa sede sono i valori massimi dell'indice del potenziale di liquefazione (IL) sono compresi tra 2,27 e 3,38, che corrispondono ad un rischio di liquefazione potenzialmente moderato ($2 < IL \leq 5$). Tale dato è congruente con quanto riportato nello studio geologico comunale.



Committente	Documento	Data stampa	Pagina
The Blossom Avenue Partners Corso Italia, 13 20122 – Milano	PUA Componente D7-3 Relazione di analisi della Componente Geologica (D.M. 17/01/2018)	Novembre 2020	35 di 35

***Allegato 1 - Elaborazione prove penetrometriche con
foto postazioni***

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

Dott. Geol. Filippo Rizzo
Cantiere: Adaiacenza a Via Filippo Turati
Località: Sala Bolognese (BO)



Caratteristiche Strumentali Sonda

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro punta meccanica	35,7 mm
Area di base punta	10 cm ²
Superficie manicotto	150 cm ²
Lunghezza delle aste	1,00 m
Costante di trasformazione Ct	10
Passo letture	0,20 m
Angolo apertura punta	60°

PROVA CPT1

Prova eseguita in data: 05/03/2020

Profondità prova: 10,00 m

Falda rilevata: -1,09 m dal p.c.

Profondità (m)	Lettura punta (kg/cm ²)	Lettura laterale (kg/cm ²)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	5,00	8,0	5,0	0,133333	37,5	2,7
0,40	4,00	6,0	4,0	0,266667	15,0	6,7
0,60	7,00	11,0	7,0	0,466667	15,0	6,7
0,80	10,00	17,0	10,0	0,466667	21,429	4,7
1,00	10,00	17,0	10,0	0,8	12,5	8,0
1,20	12,00	24,0	12,0	1,133333	10,588	9,4
1,40	11,00	28,0	11,0	0,466667	23,571	4,2
1,60	12,00	19,0	12,0	1,533333	7,826	12,8
1,80	22,00	45,0	22,0	1,066667	20,625	4,8
2,00	28,00	44,0	28,0	0,6	46,667	2,1
2,20	16,00	25,0	16,0	0,466667	34,286	2,9
2,40	19,00	26,0	19,0	0,733333	25,909	3,9
2,60	23,00	34,0	23,0	1,2	19,167	5,2
2,80	18,00	36,0	18,0	0,266667	67,5	1,5
3,00	7,00	11,0	7,0	0,533333	13,125	7,6
3,20	8,00	16,0	8,0	0,133333	60,0	1,7
3,40	9,00	11,0	9,0	0,333333	27,0	3,7
3,60	9,00	14,0	9,0	0,4	22,5	4,4
3,80	8,00	14,0	8,0	0,6	13,333	7,5
4,00	17,00	26,0	17,0	0,6	28,333	3,5
4,20	21,00	30,0	21,0	0,733333	28,636	3,5
4,40	17,00	28,0	17,0	0,933333	18,214	5,5
4,60	14,00	28,0	14,0	0,733333	19,091	5,2
4,80	15,00	26,0	15,0	0,4	37,5	2,7
5,00	15,00	21,0	15,0	0,666667	22,5	4,4
5,20	16,00	26,0	16,0	0,8	20,0	5,0
5,40	16,00	28,0	16,0	0,8	20,0	5,0
5,60	14,00	26,0	14,0	0,6	23,333	4,3
5,80	13,00	22,0	13,0	0,4	32,5	3,1
6,00	15,00	21,0	15,0	0,466667	32,143	3,1
6,20	15,00	22,0	15,0	0,8	18,75	5,3
6,40	16,00	28,0	16,0	0,866667	18,462	5,4
6,60	17,00	30,0	17,0	0,266667	63,75	1,6
6,80	17,00	21,0	17,0	0,2	85,0	1,2
7,00	17,00	20,0	17,0	0,6	28,333	3,5
7,20	14,00	23,0	14,0	0,6	23,333	4,3
7,40	14,00	23,0	14,0	0,866667	16,154	6,2
7,60	15,00	28,0	15,0	0,733333	20,455	4,9
7,80	15,00	26,0	15,0	0,8	18,75	5,3
8,00	14,00	26,0	14,0	0,6	23,333	4,3
8,20	9,00	18,0	9,0	0,8	11,25	8,9
8,40	9,00	21,0	9,0	0,8	11,25	8,9
8,60	9,00	21,0	9,0	0,2	45,0	2,2
8,80	10,00	13,0	10,0	0,333333	30,0	3,3
9,00	9,00	14,0	9,0	0,333333	27,0	3,7
9,20	8,00	13,0	8,0	0,333333	24,0	4,2
9,40	8,00	13,0	8,0	0,4	20,0	5,0
9,60	7,00	13,0	7,0	0,466667	15,0	6,7
9,80	12,00	19,0	12,0	0,533333	22,5	4,4
10,00	10,00	18,0	10,0	0,0		0,0

INTERPRETAZIONE LITOLOGICA PROVA CPT1

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc Distribuzione normale R.C. (kg/cm ²)	fs Distribuzione normale R.C. (kg/cm ²)	Comportamento geotecnico prevalente	Descrizione litológica
1	0,0-0,60	4,148798	0,288889	Coesivo	Coltivo
2	0,60-1,60	10,342	0,88	Coesivo	Argille
3	1,60-2,80	18,37029	0,722222	Coesivo	Limi argillosi
4	2,80-3,80	7,649477	0,4	Coesivo	Argille
5	3,80-8,00	14,95891	0,64127	Coesivo	Limi argillosi
6	8,00-10,00	8,423747	0,42	Coesivo	Argille

PARAMETRI GEOTECNICI PROVA CPT1

Coesione non drenata

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Cu (kg/cm ²)
1	0,0-0,60	4,148798	0,288889	0,1	0,1	Terzaghi	0,2
2	0,60-1,60	10,342	0,88	0,2	0,2	Terzaghi	0,5
3	1,60-2,80	18,37029	0,722222	0,4	0,3	Terzaghi	0,9
4	2,80-3,80	7,649477	0,4	0,6	0,4	Terzaghi	0,4
5	3,80-8,00	14,95891	0,64127	1,1	0,6	Terzaghi	0,8
6	8,00-10,00	8,423747	0,42	1,7	0,9	Terzaghi	0,4

Modulo Edometrico

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Eed (kg/cm ²)
1	0,0-0,60	4,148798	0,288889	0,1	0,1	Metodo generale del modulo Edometrico	23,5
2	0,60-1,60	10,342	0,88	0,2	0,2	Metodo generale del modulo Edometrico	44,2
3	1,60-2,80	18,37029	0,722222	0,4	0,3	Metodo generale del modulo Edometrico	45,3
4	2,80-3,80	7,649477	0,4	0,6	0,4	Metodo generale del modulo Edometrico	37,4
5	3,80-8,00	14,95891	0,64127	1,1	0,6	Metodo generale del modulo Edometrico	48,4
6	8,00-10,00	8,423747	0,42	1,7	0,9	Metodo generale del modulo Edometrico	39,7

Modulo di deformazione non drenato Eu

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Eu (kg/cm ²)
1	0,0-0,60	4,148798	0,288889	0,1	0,1	Cancelli 1980	153,7
2	0,60-1,60	10,342	0,88	0,2	0,2	Cancelli 1980	380,5

3	1,60-2,80	18,37029	0,722222	0,4	0,3	Cancelli 1980	677,6
4	2,80-3,80	7,649477	0,4	0,6	0,4	Cancelli 1980	271,8
5	3,80-8,00	14,95891	0,64127	1,1	0,6	Cancelli 1980	537,3
6	8,00-10,00	8,423747	0,42	1,7	0,9	Cancelli 1980	282,2

Modulo di deformazione a taglio

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (kg/cm ²)
1	0,0-0,60	4,148798	0,288889	0,1	0,1	Imai & Tomauchi	66,8
2	0,60-1,60	10,342	0,88	0,2	0,2	Imai & Tomauchi	116,7
3	1,60-2,80	18,37029	0,722222	0,4	0,3	Imai & Tomauchi	165,8
4	2,80-3,80	7,649477	0,4	0,6	0,4	Imai & Tomauchi	97,1
5	3,80-8,00	14,95891	0,64127	1,1	0,6	Imai & Tomauchi	146,2
6	8,00-10,00	8,423747	0,42	1,7	0,9	Imai & Tomauchi	103,0

Grado di sovraconsolidazione

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
1	0,0-0,60	4,148798	0,288889	0,1	0,1	P.W.Mayne 1991	1,57
2	0,60-1,60	10,342	0,88	0,2	0,2	P.W.Mayne 1991	4,69
3	1,60-2,80	18,37029	0,722222	0,4	0,3	P.W.Mayne 1991	9
4	2,80-3,80	7,649477	0,4	0,6	0,4	P.W.Mayne 1991	4,73
5	3,80-8,00	14,95891	0,64127	1,1	0,6	P.W.Mayne 1991	9
6	8,00-10,00	8,423747	0,42	1,7	0,9	P.W.Mayne 1991	6,15

Peso unità di volume

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
1	0,0-0,60	4,148798	0,288889	0,1	0,1	Meyerhof	1,7
2	0,60-1,60	10,342	0,88	0,2	0,2	Meyerhof	1,9
3	1,60-2,80	18,37029	0,722222	0,4	0,3	Meyerhof	2,0
4	2,80-3,80	7,649477	0,4	0,6	0,4	Meyerhof	1,8
5	3,80-8,00	14,95891	0,64127	1,1	0,6	Meyerhof	1,9
6	8,00-10,00	8,423747	0,42	1,7	0,9	Meyerhof	1,8

Peso unità di volume saturo

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
1	0,0-0,60	4,148798	0,288889	0,1	0,1	Meyerhof	1,8
2	0,60-1,60	10,342	0,88	0,2	0,2	Meyerhof	1,9
3	1,60-2,80	18,37029	0,722222	0,4	0,3	Meyerhof	2,0
4	2,80-3,80	7,649477	0,4	0,6	0,4	Meyerhof	1,9
5	3,80-8,00	14,95891	0,64127	1,1	0,6	Meyerhof	2,0
6	8,00-10,00	8,423747	0,42	1,7	0,9	Meyerhof	1,9

PROVA CPT2

Prova eseguita in data: 05/03/2020

Profondità prova: 10,00 m

Falda rilevata: -1,06 m dal p.c.

Profondità (m)	Lettura punta (kg/cm ²)	Lettura laterale (kg/cm ²)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	5,00	8,0	5,0	0,266667	18,75	5,3
0,40	4,00	8,0	4,0	0,2	20,0	5,0
0,60	5,00	8,0	5,0	0,2	25,0	4,0
0,80	7,00	10,0	7,0	0,533333	13,125	7,6
1,00	10,00	18,0	10,0	0,733333	13,636	7,3
1,20	11,00	22,0	11,0	0,8	13,75	7,3
1,40	11,00	23,0	11,0	0,866667	12,692	7,9
1,60	14,00	27,0	14,0	0,8	17,5	5,7
1,80	13,00	25,0	13,0	0,733333	17,727	5,6
2,00	15,00	26,0	15,0	0,6	25,0	4,0
2,20	18,00	27,0	18,0	1,133333	15,882	6,3
2,40	20,00	37,0	20,0	1,066667	18,75	5,3
2,60	24,00	40,0	24,0	1,0	24,0	4,2
2,80	20,00	35,0	20,0	0,466667	42,857	2,3
3,00	17,00	24,0	17,0	0,866667	19,615	5,1
3,20	13,00	26,0	13,0	0,666667	19,5	5,1
3,40	9,00	19,0	9,0	0,4	22,5	4,4
3,60	9,00	15,0	9,0	0,6	15,0	6,7
3,80	9,00	18,0	9,0	0,266667	33,75	3,0
4,00	12,00	16,0	12,0	0,866667	13,846	7,2
4,20	15,00	28,0	15,0	1,0	15,0	6,7
4,40	15,00	30,0	15,0	0,8	18,75	5,3
4,60	16,00	28,0	16,0	0,6	26,667	3,8
4,80	13,00	22,0	13,0	0,4	32,5	3,1
5,00	15,00	21,0	15,0	0,333333	45,0	2,2
5,20	15,00	20,0	15,0	0,4	37,5	2,7
5,40	16,00	22,0	16,0	0,533333	30,0	3,3
5,60	14,00	22,0	14,0	0,466667	30,0	3,3
5,80	16,00	23,0	16,0	0,266667	60,0	1,7
6,00	17,00	21,0	17,0	0,466667	36,429	2,7
6,20	15,00	22,0	15,0	1,0	15,0	6,7
6,40	15,00	30,0	15,0	0,533333	28,125	3,6
6,60	14,00	22,0	14,0	0,866667	16,154	6,2
6,80	16,00	29,0	16,0	0,666667	24,0	4,2
7,00	14,00	24,0	14,0	0,8	17,5	5,7
7,20	16,00	28,0	16,0	0,933333	17,143	5,8
7,40	16,00	30,0	16,0	0,466667	34,286	2,9
7,60	15,00	22,0	15,0	0,333333	45,0	2,2
7,80	17,00	22,0	17,0	0,8	21,25	4,7
8,00	15,00	27,0	15,0	0,866667	17,308	5,8
8,20	15,00	28,0	15,0	0,866667	17,308	5,8
8,40	15,00	28,0	15,0	0,533333	28,125	3,6
8,60	8,00	16,0	8,0	0,6	13,333	7,5
8,80	9,00	18,0	9,0	0,6	15,0	6,7
9,00	12,00	21,0	12,0	0,466667	25,714	3,9
9,20	8,00	15,0	8,0	0,333333	24,0	4,2
9,40	11,00	16,0	11,0	0,6	18,333	5,5
9,60	9,00	18,0	9,0	0,6	15,0	6,7
9,80	9,00	18,0	9,0	0,8	11,25	8,9
10,00	9,00	21,0	9,0	0,0		0,0

INTERPRETAZIONE LITOLOGICA PROVA CPT2

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc Distribuzione normale R.C. (kg/cm ²)	fs Distribuzione normale R.C. (kg/cm ²)	Comportamento geotecnico prevalente	Descrizione litológica
1	0,00-0,80	4,353702	0,3	Coesivo	Coltivo
2	0,80-2,00	11,12783	0,755556	Coesivo	Argille
3	2,00-3,20	16,41694	0,866667	Coesivo	Argille
4	3,20-3,80	9,00	0,422222	Coesivo	Argille
5	3,80-8,40	14,69635	0,643478	Coesivo	Limi argillosi
6	8,40-10,00	8,609064	0,50	Coesivo	Argille

PARAMETRI GEOTECNICI PROVA CPT2**Coesione non drenata**

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Cu (kg/cm ²)
1	0,00-0,80	4,353702	0,3	0,1	0,1	Terzaghi	0,2
2	0,80-2,00	11,12783	0,755556	0,3	0,2	Terzaghi	0,6
3	2,00-3,20	16,41694	0,866667	0,5	0,3	Terzaghi	0,8
4	3,20-3,80	9,0	0,422222	0,7	0,4	Terzaghi	0,5
5	3,80-8,40	14,69635	0,643478	1,1	0,6	Terzaghi	0,7
6	8,40-10,00	8,609064	0,5	1,7	0,9	Terzaghi	0,4

Modulo Edometrico

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Eed (kg/cm ²)
1	0,00-0,80	4,353702	0,3	0,1	0,1	Metodo generale del modulo Edometrico	24,5
2	0,80-2,00	11,12783	0,755556	0,3	0,2	Metodo generale del modulo Edometrico	45,6
3	2,00-3,20	16,41694	0,866667	0,5	0,3	Metodo generale del modulo Edometrico	47,7
4	3,20-3,80	9,0	0,422222	0,7	0,4	Metodo generale del modulo Edometrico	41,2
5	3,80-8,40	14,69635	0,643478	1,1	0,6	Metodo generale del modulo Edometrico	48,4
6	8,40-10,00	8,609064	0,5	1,7	0,9	Metodo generale del modulo Edometrico	40,2

Modulo di deformazione non drenato Eu

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Eu (kg/cm ²)
1	0,00-0,80	4,353702	0,3	0,1	0,1	Cancelli 1980	160,7
2	0,80-2,00	11,12783	0,755556	0,3	0,2	Cancelli 1980	409,2

3	2,00-3,20	16,41694	0,866667	0,5	0,3	Cancelli 1980	603,3
4	3,20-3,80	9,0	0,422222	0,7	0,4	Cancelli 1980	322,0
5	3,80-8,40	14,69635	0,643478	1,1	0,6	Cancelli 1980	526,9
6	8,40-10,00	8,609064	0,5	1,7	0,9	Cancelli 1980	288,5

Modulo di deformazione a taglio

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (kg/cm ²)
1	0,00-0,80	4,353702	0,3	0,1	0,1	Imai & Tomauchi	68,8
2	0,80-2,00	11,12783	0,755556	0,3	0,2	Imai & Tomauchi	122,0
3	2,00-3,20	16,41694	0,866667	0,5	0,3	Imai & Tomauchi	154,8
4	3,20-3,80	9,0	0,422222	0,7	0,4	Imai & Tomauchi	107,2
5	3,80-8,40	14,69635	0,643478	1,1	0,6	Imai & Tomauchi	144,7
6	8,40-10,00	8,609064	0,5	1,7	0,9	Imai & Tomauchi	104,3

Grado di sovraconsolidazione

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
1	0,00-0,80	4,353702	0,3	0,1	0,1	P.W.Mayne 1991	1,68
2	0,80-2,00	11,12783	0,755556	0,3	0,2	P.W.Mayne 1991	5,77
3	2,00-3,20	16,41694	0,866667	0,5	0,3	P.W.Mayne 1991	9
4	3,20-3,80	9,0	0,422222	0,7	0,4	P.W.Mayne 1991	5,89
5	3,80-8,40	14,69635	0,643478	1,1	0,6	P.W.Mayne 1991	9
6	8,40-10,00	8,609064	0,5	1,7	0,9	P.W.Mayne 1991	6,35

Peso unità di volume

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
1	0,00-0,80	4,353702	0,3	0,1	0,1	Meyerhof	1,7
2	0,80-2,00	11,12783	0,755556	0,3	0,2	Meyerhof	1,9
3	2,00-3,20	16,41694	0,866667	0,5	0,3	Meyerhof	1,9
4	3,20-3,80	9,0	0,422222	0,7	0,4	Meyerhof	1,8
5	3,80-8,40	14,69635	0,643478	1,1	0,6	Meyerhof	1,9
6	8,40-10,00	8,609064	0,5	1,7	0,9	Meyerhof	1,8

Peso unità di volume saturo

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
1	0,00-0,80	4,353702	0,3	0,1	0,1	Meyerhof	1,8
2	0,80-2,00	11,12783	0,755556	0,3	0,2	Meyerhof	2,0
3	2,00-3,20	16,41694	0,866667	0,5	0,3	Meyerhof	2,0
4	3,20-3,80	9,0	0,422222	0,7	0,4	Meyerhof	1,9
5	3,80-8,40	14,69635	0,643478	1,1	0,6	Meyerhof	2,0
6	8,40-10,00	8,609064	0,5	1,7	0,9	Meyerhof	1,9

PROVA CPT3

Prova eseguita in data: 05/03/2020

Profondità prova: 10,00 m

Falda rilevata: -1,18 m dal p.c.

Profondità (m)	Lettura punta (kg/cm ²)	Lettura laterale (kg/cm ²)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	5,00	8,0	5,0	0,133333	37,5	2,7
0,40	4,00	6,0	4,0	0,133333	30,0	3,3
0,60	4,00	6,0	4,0	0,266667	15,0	6,7
0,80	7,00	11,0	7,0	0,6	11,667	8,6
1,00	12,00	21,0	12,0	0,866667	13,846	7,2
1,20	16,00	29,0	16,0	0,8	20,0	5,0
1,40	14,00	26,0	14,0	1,2	11,667	8,6
1,60	13,00	31,0	13,0	0,666667	19,5	5,1
1,80	14,00	24,0	14,0	0,866667	16,154	6,2
2,00	15,00	28,0	15,0	0,666667	22,5	4,4
2,20	16,00	26,0	16,0	0,866667	18,462	5,4
2,40	14,00	27,0	14,0	0,733333	19,091	5,2
2,60	17,00	28,0	17,0	0,8	21,25	4,7
2,80	17,00	29,0	17,0	0,466667	36,429	2,7
3,00	19,00	26,0	19,0	0,333333	57,0	1,8
3,20	8,00	13,0	8,0	0,266667	30,0	3,3
3,40	7,00	11,0	7,0	0,533333	13,125	7,6
3,60	8,00	16,0	8,0	0,333333	24,0	4,2
3,80	9,00	14,0	9,0	0,6	15,0	6,7
4,00	9,00	18,0	9,0	0,2	45,0	2,2
4,20	9,00	12,0	9,0	0,666667	13,5	7,4
4,40	13,00	23,0	13,0	0,866667	15,0	6,7
4,60	13,00	26,0	13,0	0,4	32,5	3,1
4,80	15,00	21,0	15,0	0,866667	17,308	5,8
5,00	15,00	28,0	15,0	0,6	25,0	4,0
5,20	13,00	22,0	13,0	0,4	32,5	3,1
5,40	15,00	21,0	15,0	0,466667	32,143	3,1
5,60	15,00	22,0	15,0	0,8	18,75	5,3
5,80	14,00	26,0	14,0	0,866667	16,154	6,2
6,00	16,00	29,0	16,0	1,066667	15,0	6,7
6,20	16,00	32,0	16,0	0,933333	17,143	5,8
6,40	17,00	31,0	17,0	0,933333	18,214	5,5
6,60	17,00	31,0	17,0	0,866667	19,615	5,1
6,80	16,00	29,0	16,0	0,4	40,0	2,5
7,00	16,00	22,0	16,0	0,4	40,0	2,5
7,20	15,00	21,0	15,0	0,333333	45,0	2,2
7,40	16,00	21,0	16,0	0,466667	34,286	2,9
7,60	15,00	22,0	15,0	0,6	25,0	4,0
7,80	13,00	22,0	13,0	0,266667	48,75	2,1
8,00	17,00	21,0	17,0	0,6	28,333	3,5
8,20	14,00	23,0	14,0	1,2	11,667	8,6
8,40	8,00	26,0	8,0	0,266667	30,0	3,3
8,60	8,00	12,0	8,0	0,8	10,0	10,0
8,80	9,00	21,0	9,0	0,8	11,25	8,9
9,00	10,00	22,0	10,0	0,2	50,0	2,0
9,20	9,00	12,0	9,0	0,4	22,5	4,4
9,40	7,00	13,0	7,0	0,266667	26,25	3,8
9,60	7,00	11,0	7,0	0,533333	13,125	7,6
9,80	10,00	18,0	10,0	0,6	16,667	6,0
10,00	9,00	18,0	9,0	0,0		0,0

INTERPRETAZIONE LITOLOGICA PROVA CPT3

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc Distribuzione normale R.C. (kg/cm ²)	fs Distribuzione normale R.C. (kg/cm ²)	Comportamento geotecnico prevalente	Descrizione litologica
1	0,00-0,80	3,992647	0,283333	Coesivo	Coltivo
2	0,80-3,00	14,21686	0,751515	Coesivo	Argille
3	3,00-4,20	7,832776	0,433333	Coesivo	Argille
4	4,20-8,20	14,56375	0,666667	Coesivo	Limi argillosi
5	8,20-10,00	7,971174	0,42963	Coesivo	Argille

PARAMETRI GEOTECNICI PROVA CPT3**Coesione non drenata**

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Cu (kg/cm ²)
1	0,00-0,80	3,992647	0,283333	0,1	0,1	Terzaghi	0,2
2	0,80-3,00	14,21686	0,751515	0,3	0,3	Terzaghi	0,7
3	3,00-4,20	7,832776	0,433333	0,7	0,7	Terzaghi	0,4
4	4,20-8,20	14,56375	0,666667	1,2	1,2	Terzaghi	0,7
5	8,20-10,00	7,971174	0,42963	1,7	1,7	Terzaghi	0,4

Modulo Edometrico

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Eed (kg/cm ²)
1	0,00-0,80	3,992647	0,283333	0,1	0,1	Metodo generale del modulo Edometrico	22,8
2	0,80-3,00	14,21686	0,751515	0,3	0,3	Metodo generale del modulo Edometrico	48,4
3	3,00-4,20	7,832776	0,433333	0,7	0,7	Metodo generale del modulo Edometrico	37,9
4	4,20-8,20	14,56375	0,666667	1,2	1,2	Metodo generale del modulo Edometrico	48,4
5	8,20-10,00	7,971174	0,42963	1,7	1,7	Metodo generale del modulo Edometrico	38,4

Modulo di deformazione non drenato Eu

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Eu (kg/cm ²)
1	0,00-0,80	3,992647	0,283333	0,1	0,1	Cancelli 1980	147,2
2	0,80-3,00	14,21686	0,751515	0,3	0,3	Cancelli 1980	520,2
3	3,00-4,20	7,832776	0,433333	0,7	0,7	Cancelli 1980	268,9
4	4,20-8,20	14,56375	0,666667	1,2	1,2	Cancelli 1980	503,0
5	8,20-10,00	7,971174	0,42963	1,7	1,7	Cancelli 1980	235,5

Modulo di deformazione a taglio

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (kg/cm ²)
1	0,00-0,80	3,992647	0,283333	0,1	0,1	Imai & Tomauchi	65,2
2	0,80-3,00	14,21686	0,751515	0,3	0,3	Imai & Tomauchi	141,7
3	3,00-4,20	7,832776	0,433333	0,7	0,7	Imai & Tomauchi	98,5
4	4,20-8,20	14,56375	0,666667	1,2	1,2	Imai & Tomauchi	143,9
5	8,20-10,00	7,971174	0,42963	1,7	1,7	Imai & Tomauchi	99,5

Grado di sovraconsolidazione

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
1	0,00-0,80	3,992647	0,283333	0,1	0,1	P.W.Mayne 1991	1,5
2	0,80-3,00	14,21686	0,751515	0,3	0,3	P.W.Mayne 1991	6,61
3	3,00-4,20	7,832776	0,433333	0,7	0,7	P.W.Mayne 1991	3,42
4	4,20-8,20	14,56375	0,666667	1,2	1,2	P.W.Mayne 1991	6,78
5	8,20-10,00	7,971174	0,42963	1,7	1,7	P.W.Mayne 1991	3,49

Peso unità di volume

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
1	0,00-0,80	3,992647	0,283333	0,1	0,1	Meyerhof	1,7
2	0,80-3,00	14,21686	0,751515	0,3	0,3	Meyerhof	1,9
3	3,00-4,20	7,832776	0,433333	0,7	0,7	Meyerhof	1,8
4	4,20-8,20	14,56375	0,666667	1,2	1,2	Meyerhof	1,9
5	8,20-10,00	7,971174	0,42963	1,7	1,7	Meyerhof	1,8

Peso unità di volume saturo

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
1	0,00-0,80	3,992647	0,283333	0,1	0,1	Meyerhof	1,8
2	0,80-3,00	14,21686	0,751515	0,3	0,3	Meyerhof	2,0
3	3,00-4,20	7,832776	0,433333	0,7	0,7	Meyerhof	1,9
4	4,20-8,20	14,56375	0,666667	1,2	1,2	Meyerhof	2,0
5	8,20-10,00	7,971174	0,42963	1,7	1,7	Meyerhof	1,9

PROVA CPT4

Prova eseguita in data: 05/03/2020

Profondità prova: 10,00 m

Falda rilevata: -1,10 m dal p.c.

Profondità (m)	Lettura punta (kg/cm ²)	Lettura laterale (kg/cm ²)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	5,00	8,0	5,0	0,266667	18,75	5,3
0,40	4,00	8,0	4,0	0,2	20,0	5,0
0,60	4,00	7,0	4,0	0,466667	8,571	11,7
0,80	11,00	18,0	11,0	0,333333	33,0	3,0
1,00	16,00	21,0	16,0	0,6	26,667	3,8
1,20	11,00	20,0	11,0	0,866667	12,692	7,9
1,40	12,00	25,0	12,0	0,866667	13,846	7,2
1,60	14,00	27,0	14,0	0,6	23,333	4,3
1,80	13,00	22,0	13,0	1,066667	12,187	8,2
2,00	16,00	32,0	16,0	0,4	40,0	2,5
2,20	16,00	22,0	16,0	0,533333	30,0	3,3
2,40	14,00	22,0	14,0	0,8	17,5	5,7
2,60	17,00	29,0	17,0	0,733333	23,182	4,3
2,80	16,00	27,0	16,0	0,466667	34,286	2,9
3,00	19,00	26,0	19,0	0,733333	25,909	3,9
3,20	19,00	30,0	19,0	0,733333	25,909	3,9
3,40	14,00	25,0	14,0	0,733333	19,091	5,2
3,60	14,00	25,0	14,0	0,2	70,0	1,4
3,80	13,00	16,0	13,0	0,4	32,5	3,1
4,00	15,00	21,0	15,0	0,533333	28,125	3,6
4,20	14,00	22,0	14,0	0,4	35,0	2,9
4,40	13,00	19,0	13,0	0,6	21,667	4,6
4,60	19,00	28,0	19,0	0,866667	21,923	4,6
4,80	20,00	33,0	20,0	1,0	20,0	5,0
5,00	18,00	33,0	18,0	0,866667	20,769	4,8
5,20	18,00	31,0	18,0	0,8	22,5	4,4
5,40	17,00	29,0	17,0	0,666667	25,5	3,9
5,60	17,00	27,0	17,0	0,866667	19,615	5,1
5,80	18,00	31,0	18,0	0,533333	33,75	3,0
6,00	21,00	29,0	21,0	0,733333	28,636	3,5
6,20	19,00	30,0	19,0	0,733333	25,909	3,9
6,40	20,00	31,0	20,0	0,533333	37,5	2,7
6,60	20,00	28,0	20,0	0,466667	42,857	2,3
6,80	21,00	28,0	21,0	0,4	52,5	1,9
7,00	22,00	28,0	22,0	0,533333	41,25	2,4
7,20	10,00	18,0	10,0	0,533333	18,75	5,3
7,40	10,00	18,0	10,0	0,466667	21,429	4,7
7,60	15,00	22,0	15,0	0,533333	28,125	3,6
7,80	14,00	22,0	14,0	0,4	35,0	2,9
8,00	15,00	21,0	15,0	0,333333	45,0	2,2
8,20	11,00	16,0	11,0	0,6	18,333	5,5
8,40	12,00	21,0	12,0	0,4	30,0	3,3
8,60	16,00	22,0	16,0	0,333333	48,0	2,1
8,80	12,00	17,0	12,0	0,533333	22,5	4,4
9,00	8,00	16,0	8,0	0,533333	15,0	6,7
9,20	7,00	15,0	7,0	0,466667	15,0	6,7
9,40	8,00	15,0	8,0	0,333333	24,0	4,2
9,60	8,00	13,0	8,0	0,133333	60,0	1,7
9,80	7,00	9,0	7,0	0,266667	26,25	3,8
10,00	8,00	12,0	8,0	0,0		0,0

INTERPRETAZIONE LITOLOGICA PROVA CPT4

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc Distribuzione normale R.C. (kg/cm ²)	fs Distribuzione normale R.C. (kg/cm ²)	Comportamento geotecnico prevalente	Descrizione litologica
1	0,00-0,60	3,885621	0,311111	Coesivo	Coltivo
2	0,60-3,20	13,74333	0,671795	Coesivo	Argille
3	3,20-4,40	13,37184	0,477778	Coesivo	Limi argillosi
4	4,40-7,00	18,53415	0,692308	Coesivo	Limi argillosi
5	7,00-8,00	11,09681	0,453333	Coesivo	Limi argillosi
6	8,00-10,00	8,246244	0,36	Coesivo	Argille

PARAMETRI GEOTECNICI PROVA CPT4**Coesione non drenata**

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Cu (kg/cm ²)
1	0,00-0,60	3,885621	0,311111	0,1	0,1	Terzaghi	0,2
2	0,60-3,20	13,74333	0,671795	0,3	0,3	Terzaghi	0,7
3	3,20-4,40	13,37184	0,477778	0,7	0,4	Terzaghi	0,7
4	4,40-7,00	18,53415	0,692308	1,1	0,6	Terzaghi	0,9
5	7,00-8,00	11,09681	0,453333	1,4	0,8	Terzaghi	0,6
6	8,00-10,00	8,246244	0,36	1,7	0,9	Terzaghi	0,4

Modulo Edometrico

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Eed (kg/cm ²)
1	0,00-0,60	3,885621	0,311111	0,1	0,1	Metodo generale del modulo Edometrico	22,3
2	0,60-3,20	13,74333	0,671795	0,3	0,3	Metodo generale del modulo Edometrico	48,2
3	3,20-4,40	13,37184	0,477778	0,7	0,4	Metodo generale del modulo Edometrico	48,1
4	4,40-7,00	18,53415	0,692308	1,1	0,6	Metodo generale del modulo Edometrico	45,0
5	7,00-8,00	11,09681	0,453333	1,4	0,8	Metodo generale del modulo Edometrico	45,6
6	8,00-10,00	8,246244	0,36	1,7	0,9	Metodo generale del modulo Edometrico	39,2

Modulo di deformazione non drenato Eu

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Eu (kg/cm ²)
1	0,00-0,60	3,885621	0,311111	0,1	0,1	Cancelli 1980	143,8
2	0,60-3,20	13,74333	0,671795	0,3	0,3	Cancelli 1980	505,3

3	3,20-4,40	13,37184	0,477778	0,7	0,4	Cancelli 1980	484,9
4	4,40-7,00	18,53415	0,692308	1,1	0,6	Cancelli 1980	671,6
5	7,00-8,00	11,09681	0,453333	1,4	0,8	Cancelli 1980	386,2
6	8,00-10,00	8,246244	0,36	1,7	0,9	Cancelli 1980	274,6

Modulo di deformazione a taglio

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (kg/cm ²)
1	0,00-0,60	3,885621	0,311111	0,1	0,1	Imai & Tomauchi	64,2
2	0,60-3,20	13,74333	0,671795	0,3	0,3	Imai & Tomauchi	138,8
3	3,20-4,40	13,37184	0,477778	0,7	0,4	Imai & Tomauchi	136,5
4	4,40-7,00	18,53415	0,692308	1,1	0,6	Imai & Tomauchi	166,7
5	7,00-8,00	11,09681	0,453333	1,4	0,8	Imai & Tomauchi	121,8
6	8,00-10,00	8,246244	0,36	1,7	0,9	Imai & Tomauchi	101,6

Grado di sovraconsolidazione

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
1	0,00-0,60	3,885621	0,311111	0,1	0,1	P.W.Mayne 1991	1,44
2	0,60-3,20	13,74333	0,671795	0,3	0,3	P.W.Mayne 1991	8,07
3	3,20-4,40	13,37184	0,477778	0,7	0,4	P.W.Mayne 1991	9
4	4,40-7,00	18,53415	0,692308	1,1	0,6	P.W.Mayne 1991	9
5	7,00-8,00	11,09681	0,453333	1,4	0,8	P.W.Mayne 1991	8,37
6	8,00-10,00	8,246244	0,36	1,7	0,9	P.W.Mayne 1991	5,93

Peso unità di volume

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
1	0,00-0,60	3,885621	0,311111	0,1	0,1	Meyerhof	1,7
2	0,60-3,20	13,74333	0,671795	0,3	0,3	Meyerhof	1,9
3	3,20-4,40	13,37184	0,477778	0,7	0,4	Meyerhof	1,9
4	4,40-7,00	18,53415	0,692308	1,1	0,6	Meyerhof	2,0
5	7,00-8,00	11,09681	0,453333	1,4	0,8	Meyerhof	1,9
6	8,00-10,00	8,246244	0,36	1,7	0,9	Meyerhof	1,8

Peso unità di volume saturo

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
1	0,00-0,60	3,885621	0,311111	0,1	0,1	Meyerhof	1,8
2	0,60-3,20	13,74333	0,671795	0,3	0,3	Meyerhof	2,0
3	3,20-4,40	13,37184	0,477778	0,7	0,4	Meyerhof	2,0
4	4,40-7,00	18,53415	0,692308	1,1	0,6	Meyerhof	2,0
5	7,00-8,00	11,09681	0,453333	1,4	0,8	Meyerhof	1,9
6	8,00-10,00	8,246244	0,36	1,7	0,9	Meyerhof	1,9

PROVA CPT5

Prova eseguita in data: 05/03/2020

Profondità prova: 10,00 m

Falda rilevata: -1,12 m dal p.c.

Profondità (m)	Lettura punta (kg/cm ²)	Lettura laterale (kg/cm ²)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	5,00	8,0	5,0	0,266667	18,75	5,3
0,40	4,00	8,0	4,0	0,2	20,0	5,0
0,60	4,00	7,0	4,0	0,266667	15,0	6,7
0,80	8,00	12,0	8,0	0,2	40,0	2,5
1,00	8,00	11,0	8,0	0,266667	30,0	3,3
1,20	9,00	13,0	9,0	0,266667	33,75	3,0
1,40	8,00	12,0	8,0	0,2	40,0	2,5
1,60	9,00	12,0	9,0	1,0	9,0	11,1
1,80	16,00	31,0	16,0	1,2	13,333	7,5
2,00	19,00	37,0	19,0	1,133333	16,765	6,0
2,20	22,00	39,0	22,0	0,866667	25,385	3,9
2,40	22,00	35,0	22,0	0,933333	23,571	4,2
2,60	17,00	31,0	17,0	0,866667	19,615	5,1
2,80	17,00	30,0	17,0	1,0	17,0	5,9
3,00	23,00	38,0	23,0	0,866667	26,538	3,8
3,20	25,00	38,0	25,0	1,0	25,0	4,0
3,40	19,00	34,0	19,0	1,066667	17,812	5,6
3,60	15,00	31,0	15,0	0,333333	45,0	2,2
3,80	15,00	20,0	15,0	0,466667	32,143	3,1
4,00	14,00	21,0	14,0	0,733333	19,091	5,2
4,20	14,00	25,0	14,0	0,466667	30,0	3,3
4,40	14,00	21,0	14,0	0,466667	30,0	3,3
4,60	15,00	22,0	15,0	0,866667	17,308	5,8
4,80	18,00	31,0	18,0	0,866667	20,769	4,8
5,00	18,00	31,0	18,0	0,733333	24,545	4,1
5,20	19,00	30,0	19,0	0,8	23,75	4,2
5,40	16,00	28,0	16,0	0,933333	17,143	5,8
5,60	16,00	30,0	16,0	0,533333	30,0	3,3
5,80	14,00	22,0	14,0	0,8	17,5	5,7
6,00	19,00	31,0	19,0	0,466667	40,714	2,5
6,20	14,00	21,0	14,0	0,8	17,5	5,7
6,40	21,00	33,0	21,0	0,866667	24,231	4,1
6,60	20,00	33,0	20,0	0,533333	37,5	2,7
6,80	21,00	29,0	21,0	0,666667	31,5	3,2
7,00	22,00	32,0	22,0	0,6	36,667	2,7
7,20	21,00	30,0	21,0	0,466667	45,0	2,2
7,40	12,00	19,0	12,0	0,6	20,0	5,0
7,60	15,00	24,0	15,0	0,866667	17,308	5,8
7,80	15,00	28,0	15,0	0,866667	17,308	5,8
8,00	15,00	28,0	15,0	0,933333	16,071	6,2
8,20	15,00	29,0	15,0	0,533333	28,125	3,6
8,40	8,00	16,0	8,0	0,533333	15,0	6,7
8,60	8,00	16,0	8,0	0,666667	12,0	8,3
8,80	8,00	18,0	8,0	0,333333	24,0	4,2
9,00	7,00	12,0	7,0	0,666667	10,5	9,5
9,20	9,00	19,0	9,0	0,533333	16,875	5,9
9,40	8,00	16,0	8,0	0,266667	30,0	3,3
9,60	8,00	12,0	8,0	0,2	40,0	2,5
9,80	10,00	13,0	10,0	0,2	50,0	2,0
10,00	9,00	12,0	9,0	0,0		0,0

INTERPRETAZIONE LITOLOGICA PROVA CPT5

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc Distribuzione normale R.C. (kg/cm ²)	fs Distribuzione normale R.C. (kg/cm ²)	Comportamento geotecnico prevalente	Descrizione litologica
1	0,00-0,60	3,885621	0,244445	Coesivo	Coltivo
2	0,60-1,60	8,039598	0,386667	Coesivo	Argille
3	1,60-3,40	18,38575	0,992593	Coesivo	Argille
4	3,40-7,20	16,09566	0,652632	Coesivo	Limi argillosi
5	7,20-8,20	13,5172	0,76	Coesivo	Argille
6	8,20-10,00	7,885621	0,377778	Coesivo	Argille

PARAMETRI GEOTECNICI PROVA CPT5**Coesione non drenata**

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Cu (kg/cm ²)
1	0,00-0,60	3,885621	0,244445	0,1	0,1	Terzaghi	0,2
2	0,60-1,60	8,039598	0,386667	0,2	0,2	Terzaghi	0,4
3	1,60-3,40	18,38575	0,992593	0,5	0,5	Terzaghi	0,9
4	3,40-7,20	16,09566	0,652632	1,0	1,0	Terzaghi	0,8
5	7,20-8,20	13,5172	0,76	1,5	1,5	Terzaghi	0,7
6	8,20-10,00	7,885621	0,377778	1,7	1,7	Terzaghi	0,4

Modulo Edometrico

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Eed (kg/cm ²)
1	0,00-0,60	3,885621	0,244445	0,1	0,1	Metodo generale del modulo Edometrico	22,3
2	0,60-1,60	8,039598	0,386667	0,2	0,2	Metodo generale del modulo Edometrico	38,6
3	1,60-3,40	18,38575	0,992593	0,5	0,5	Metodo generale del modulo Edometrico	45,3
4	3,40-7,20	16,09566	0,652632	1,0	1,0	Metodo generale del modulo Edometrico	48,0
5	7,20-8,20	13,5172	0,76	1,5	1,5	Metodo generale del modulo Edometrico	48,1
6	8,20-10,00	7,885621	0,377778	1,7	1,7	Metodo generale del modulo Edometrico	38,1

Modulo di deformazione non drenato Eu

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Eu (kg/cm ²)
1	0,00-0,60	3,885621	0,244445	0,1	0,1	Cancelli 1980	143,8
2	0,60-1,60	8,039598	0,386667	0,2	0,2	Cancelli 1980	294,3

3	1,60-3,40	18,38575	0,992593	0,5	0,5	Cancelli 1980	672,1
4	3,40-7,20	16,09566	0,652632	1,0	1,0	Cancelli 1980	566,0
5	7,20-8,20	13,5172	0,76	1,5	1,5	Cancelli 1980	452,2
6	8,20-10,00	7,885621	0,377778	1,7	1,7	Cancelli 1980	231,4

Modulo di deformazione a taglio

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (kg/cm ²)
1	0,00-0,60	3,885621	0,244445	0,1	0,1	Imai & Tomauchi	64,2
2	0,60-1,60	8,039598	0,386667	0,2	0,2	Imai & Tomauchi	100,1
3	1,60-3,40	18,38575	0,992593	0,5	0,5	Imai & Tomauchi	165,9
4	3,40-7,20	16,09566	0,652632	1,0	1,0	Imai & Tomauchi	152,9
5	7,20-8,20	13,5172	0,76	1,5	1,5	Imai & Tomauchi	137,4
6	8,20-10,00	7,885621	0,377778	1,7	1,7	Imai & Tomauchi	98,9

Grado di sovraconsolidazione

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
1	0,00-0,60	3,885621	0,244445	0,1	0,1	P.W.Mayne 1991	1,44
2	0,60-1,60	8,039598	0,386667	0,2	0,2	P.W.Mayne 1991	3,52
3	1,60-3,40	18,38575	0,992593	0,5	0,5	P.W.Mayne 1991	8,69
4	3,40-7,20	16,09566	0,652632	1,0	1,0	P.W.Mayne 1991	7,55
5	7,20-8,20	13,5172	0,76	1,5	1,5	P.W.Mayne 1991	6,26
6	8,20-10,00	7,885621	0,377778	1,7	1,7	P.W.Mayne 1991	3,44

Peso unità di volume

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
1	0,00-0,60	3,885621	0,244445	0,1	0,1	Meyerhof	1,7
2	0,60-1,60	8,039598	0,386667	0,2	0,2	Meyerhof	1,8
3	1,60-3,40	18,38575	0,992593	0,5	0,5	Meyerhof	2,0
4	3,40-7,20	16,09566	0,652632	1,0	1,0	Meyerhof	1,9
5	7,20-8,20	13,5172	0,76	1,5	1,5	Meyerhof	1,9
6	8,20-10,00	7,885621	0,377778	1,7	1,7	Meyerhof	1,8

Peso unità di volume saturo

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
1	0,00-0,60	3,885621	0,244445	0,1	0,1	Meyerhof	1,8
2	0,60-1,60	8,039598	0,386667	0,2	0,2	Meyerhof	1,9
3	1,60-3,40	18,38575	0,992593	0,5	0,5	Meyerhof	2,0
4	3,40-7,20	16,09566	0,652632	1,0	1,0	Meyerhof	2,0
5	7,20-8,20	13,5172	0,76	1,5	1,5	Meyerhof	2,0
6	8,20-10,00	7,885621	0,377778	1,7	1,7	Meyerhof	1,9

PROVA CPT6

Prova eseguita in data: 05/03/2020

Profondità prova: 10,00 m

Falda rilevata: -1,09 m dal p.c.

Profondità (m)	Lettura punta (kg/cm ²)	Lettura laterale (kg/cm ²)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	7,00	9,0	7,0	0,266667	26,25	3,8
0,40	4,00	8,0	4,0	0,333333	12,0	8,3
0,60	4,00	9,0	4,0	0,533333	7,5	13,3
0,80	8,00	16,0	8,0	0,4	20,0	5,0
1,00	8,00	14,0	8,0	0,6	13,333	7,5
1,20	10,00	19,0	10,0	0,266667	37,5	2,7
1,40	8,00	12,0	8,0	0,266667	30,0	3,3
1,60	8,00	12,0	8,0	0,6	13,333	7,5
1,80	10,00	19,0	10,0	0,266667	37,5	2,7
2,00	18,00	22,0	18,0	0,466667	38,571	2,6
2,20	19,00	26,0	19,0	0,4	47,5	2,1
2,40	22,00	28,0	22,0	0,533333	41,25	2,4
2,60	20,00	28,0	20,0	0,466667	42,857	2,3
2,80	22,00	29,0	22,0	0,4	55,0	1,8
3,00	16,00	22,0	16,0	0,8	20,0	5,0
3,20	14,00	26,0	14,0	0,8	17,5	5,7
3,40	14,00	26,0	14,0	1,066667	13,125	7,6
3,60	12,00	28,0	12,0	0,533333	22,5	4,4
3,80	14,00	22,0	14,0	0,266667	52,5	1,9
4,00	18,00	22,0	18,0	0,333333	54,0	1,9
4,20	13,00	18,0	13,0	0,4	32,5	3,1
4,40	6,00	12,0	6,0	0,266667	22,5	4,4
4,60	8,00	12,0	8,0	0,4	20,0	5,0
4,80	8,00	14,0	8,0	0,266667	30,0	3,3
5,00	8,00	12,0	8,0	0,266667	30,0	3,3
5,20	7,00	11,0	7,0	0,466667	15,0	6,7
5,40	14,00	21,0	14,0	0,4	35,0	2,9
5,60	22,00	28,0	22,0	0,4	55,0	1,8
5,80	15,00	21,0	15,0	0,333333	45,0	2,2
6,00	13,00	18,0	13,0	0,2	65,0	1,5
6,20	17,00	20,0	17,0	0,333333	51,0	2,0
6,40	17,00	22,0	17,0	0,8	21,25	4,7
6,60	16,00	28,0	16,0	0,266667	60,0	1,7
6,80	17,00	21,0	17,0	0,6	28,333	3,5
7,00	14,00	23,0	14,0	0,6	23,333	4,3
7,20	14,00	23,0	14,0	0,6	23,333	4,3
7,40	13,00	22,0	13,0	0,733333	17,727	5,6
7,60	14,00	25,0	14,0	0,466667	30,0	3,3
7,80	15,00	22,0	15,0	0,266667	56,25	1,8
8,00	17,00	21,0	17,0	0,666667	25,5	3,9
8,20	8,00	18,0	8,0	0,733333	10,909	9,2
8,40	8,00	19,0	8,0	0,8	10,0	10,0
8,60	10,00	22,0	10,0	0,733333	13,636	7,3
8,80	7,00	18,0	7,0	0,8	8,75	11,4
9,00	10,00	22,0	10,0	0,333333	30,0	3,3
9,20	8,00	13,0	8,0	0,2	40,0	2,5
9,40	8,00	11,0	8,0	0,333333	24,0	4,2
9,60	12,00	17,0	12,0	0,266667	45,0	2,2
9,80	8,00	12,0	8,0	0,333333	24,0	4,2
10,00	7,00	12,0	7,0	0,0		0,0

INTERPRETAZIONE LITOLOGICA PROVA CPT6

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc Distribuzione normale R.C. (kg/cm ²)	fs Distribuzione normale R.C. (kg/cm ²)	Comportamento geotecnico prevalente	Descrizione litológica
1	0,00-0,60	3,656863	0,377778	Coesivo	Coltivo
2	0,60-1,80	8,033506	0,4	Coesivo	Argille
3	1,80-4,20	15,24846	0,538889	Coesivo	Limi argillosi
4	4,20-5,20	6,811467	0,333334	Coesivo	Argille
5	5,20-8,00	14,56457	0,476191	Coesivo	Limi argillosi
6	8,00-10,00	7,821444	0,453333	Coesivo	Argille

PARAMETRI GEOTECNICI PROVA CPT6**Coesione non drenata**

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Cu (kg/cm ²)
1	0,00-0,60	3,656863	0,377778	0,1	0,1	Terzaghi	0,2
2	0,60-1,80	8,033506	0,4	0,2	0,2	Terzaghi	0,4
3	1,80-4,20	15,24846	0,538889	0,5	0,5	Terzaghi	0,8
4	4,20-5,20	6,811467	0,333334	0,9	0,9	Terzaghi	0,3
5	5,20-8,00	14,56457	0,476191	1,2	1,2	Terzaghi	0,7
6	8,00-10,00	7,821444	0,453333	1,7	1,7	Terzaghi	0,4

Modulo Edometrico

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Eed (kg/cm ²)
1	0,00-0,60	3,656863	0,377778	0,1	0,1	Metodo generale del modulo Edometrico	21,2
2	0,60-1,80	8,033506	0,4	0,2	0,2	Metodo generale del modulo Edometrico	38,5
3	1,80-4,20	15,24846	0,538889	0,5	0,5	Metodo generale del modulo Edometrico	48,3
4	4,20-5,20	6,811467	0,333334	0,9	0,9	Metodo generale del modulo Edometrico	34,6
5	5,20-8,00	14,56457	0,476191	1,2	1,2	Metodo generale del modulo Edometrico	48,4
6	8,00-10,00	7,821444	0,453333	1,7	1,7	Metodo generale del modulo Edometrico	37,9

Modulo di deformazione non drenato Eu

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Eu (kg/cm ²)
1	0,00-0,60	3,656863	0,377778	0,1	0,1	Cancelli 1980	135,2
2	0,60-1,80	8,033506	0,4	0,2	0,2	Cancelli 1980	293,4

3	1,80-4,20	15,24846	0,538889	0,5	0,5	Cancelli 1980	551,3
4	4,20-5,20	6,811467	0,333334	0,9	0,9	Cancelli 1980	223,0
5	5,20-8,00	14,56457	0,476191	1,2	1,2	Cancelli 1980	500,4
6	8,00-10,00	7,821444	0,453333	1,7	1,7	Cancelli 1980	230,8

Modulo di deformazione a taglio

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (kg/cm ²)
1	0,00-0,60	3,656863	0,377778	0,1	0,1	Imai & Tomauchi	61,8
2	0,60-1,80	8,033506	0,4	0,2	0,2	Imai & Tomauchi	100,0
3	1,80-4,20	15,24846	0,538889	0,5	0,5	Imai & Tomauchi	147,9
4	4,20-5,20	6,811467	0,333334	0,9	0,9	Imai & Tomauchi	90,4
5	5,20-8,00	14,56457	0,476191	1,2	1,2	Imai & Tomauchi	143,9
6	8,00-10,00	7,821444	0,453333	1,7	1,7	Imai & Tomauchi	98,4

Grado di sovraconsolidazione

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
1	0,00-0,60	3,656863	0,377778	0,1	0,1	P.W.Mayne 1991	1,33
2	0,60-1,80	8,033506	0,4	0,2	0,2	P.W.Mayne 1991	3,52
3	1,80-4,20	15,24846	0,538889	0,5	0,5	P.W.Mayne 1991	7,12
4	4,20-5,20	6,811467	0,333334	0,9	0,9	P.W.Mayne 1991	2,91
5	5,20-8,00	14,56457	0,476191	1,2	1,2	P.W.Mayne 1991	6,78
6	8,00-10,00	7,821444	0,453333	1,7	1,7	P.W.Mayne 1991	3,41

Peso unità di volume

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
1	0,00-0,60	3,656863	0,377778	0,1	0,1	Meyerhof	1,7
2	0,60-1,80	8,033506	0,4	0,2	0,2	Meyerhof	1,8
3	1,80-4,20	15,24846	0,538889	0,5	0,5	Meyerhof	1,9
4	4,20-5,20	6,811467	0,333334	0,9	0,9	Meyerhof	1,8
5	5,20-8,00	14,56457	0,476191	1,2	1,2	Meyerhof	1,9
6	8,00-10,00	7,821444	0,453333	1,7	1,7	Meyerhof	1,8

Peso unità di volume saturo

Strato n.	Prof. Strato (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
1	0,00-0,60	3,656863	0,377778	0,1	0,1	Meyerhof	1,8
2	0,60-1,80	8,033506	0,4	0,2	0,2	Meyerhof	1,9
3	1,80-4,20	15,24846	0,538889	0,5	0,5	Meyerhof	2,0
4	4,20-5,20	6,811467	0,333334	0,9	0,9	Meyerhof	1,8
5	5,20-8,00	14,56457	0,476191	1,2	1,2	Meyerhof	2,0
6	8,00-10,00	7,821444	0,453333	1,7	1,7	Meyerhof	1,9

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PROVA CPT1



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PROVA CPT2



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PROVA CPT3



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PROVA CPT4

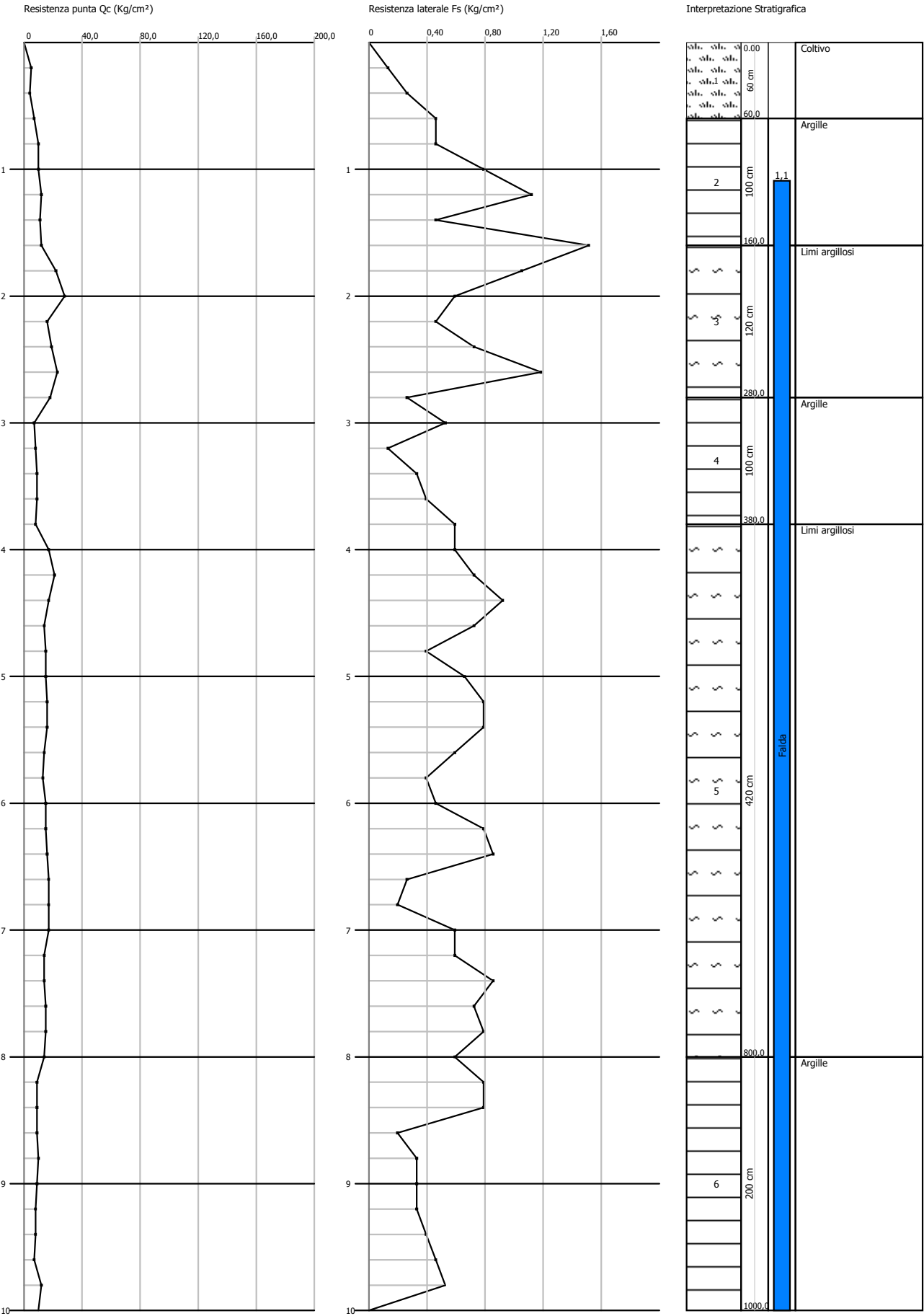


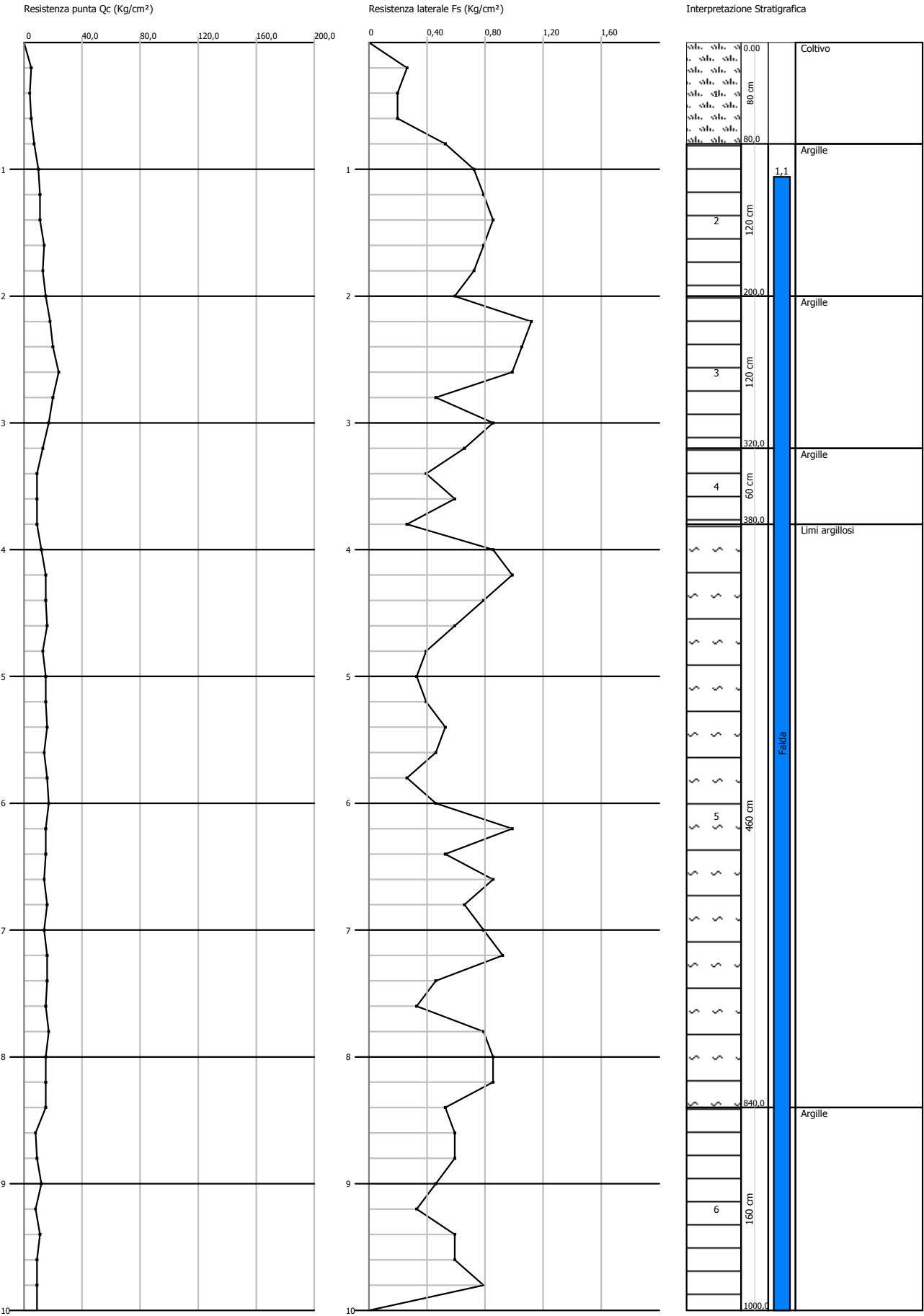
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PROVA CPT5

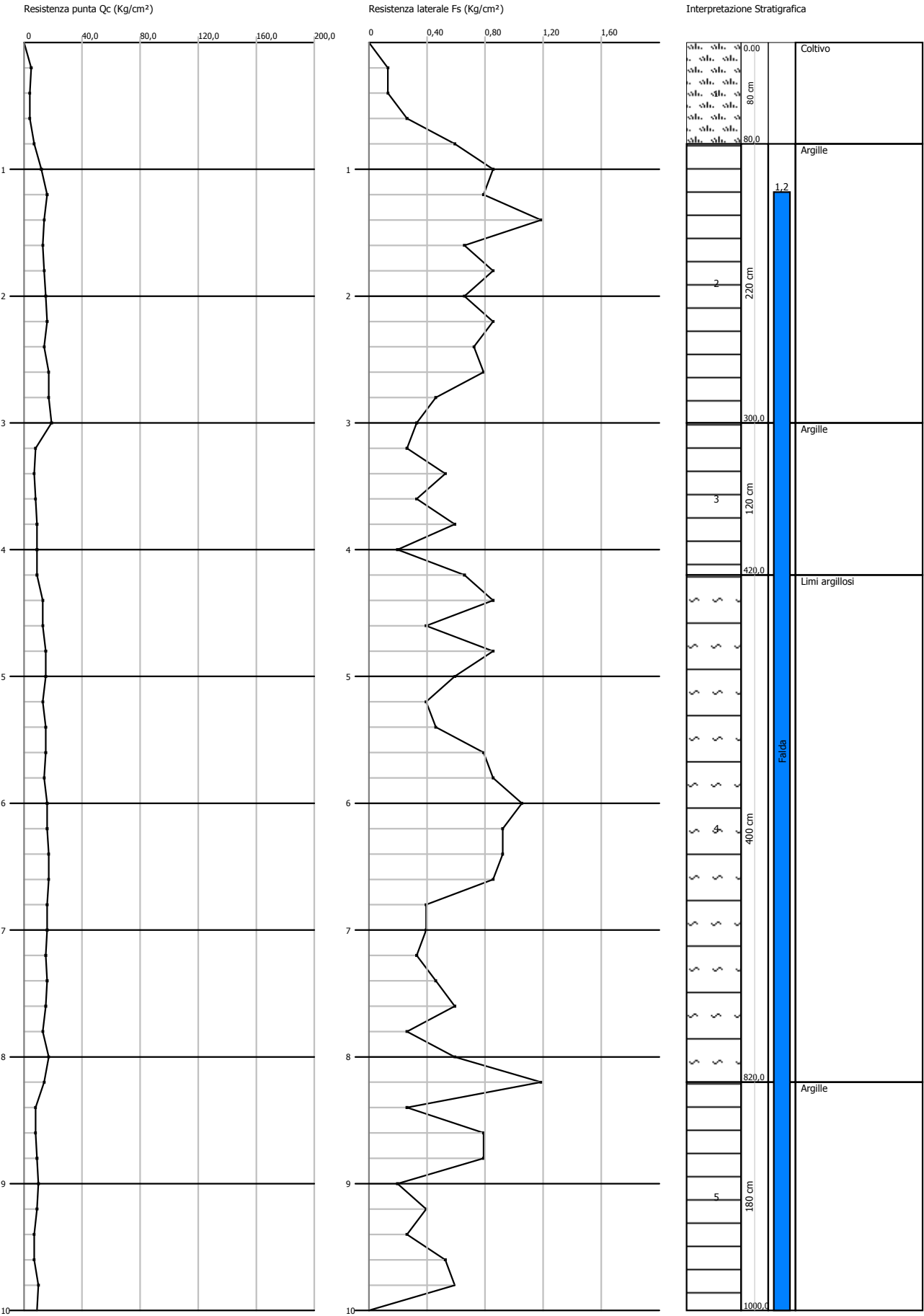


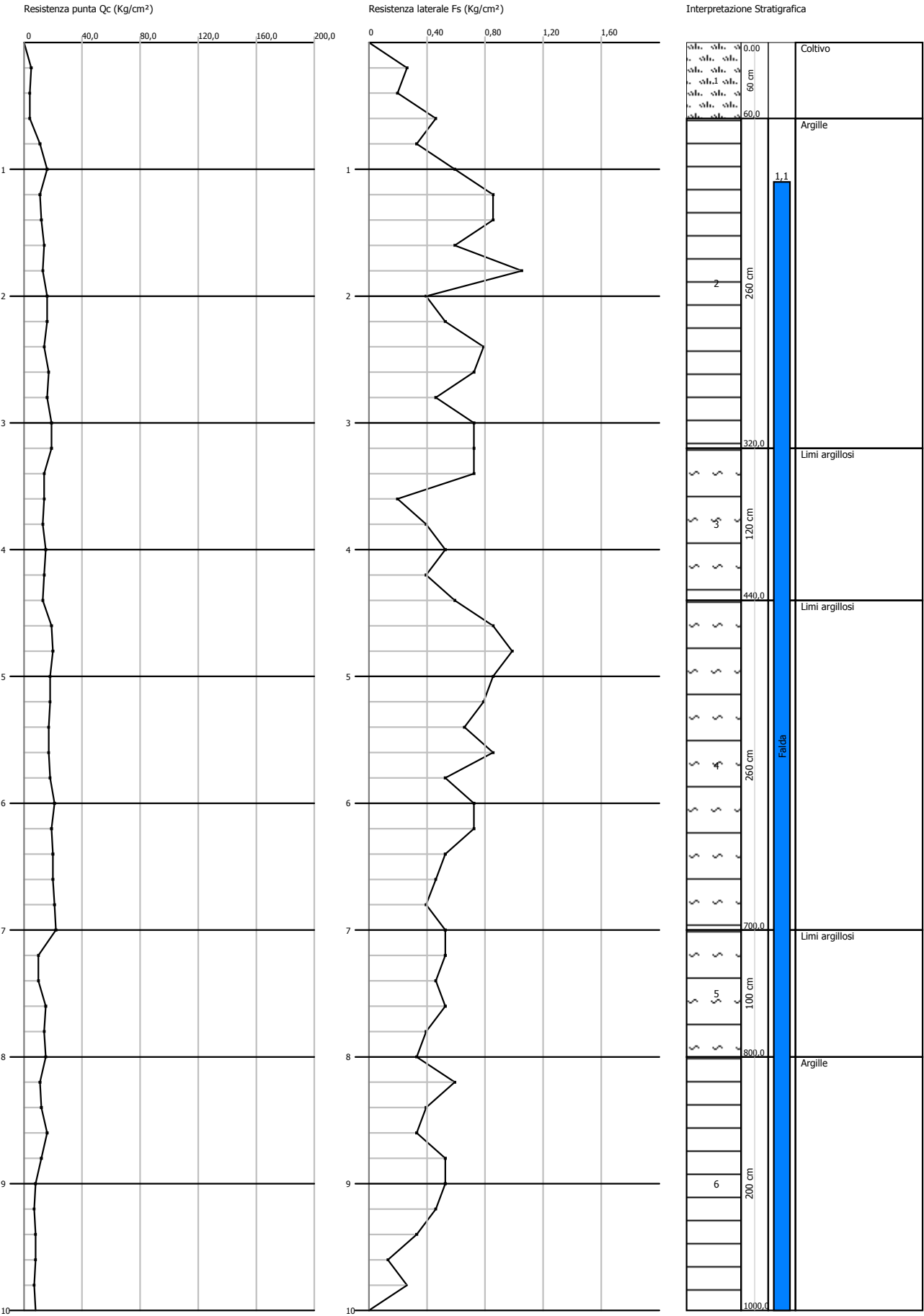
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PROVA CPT6

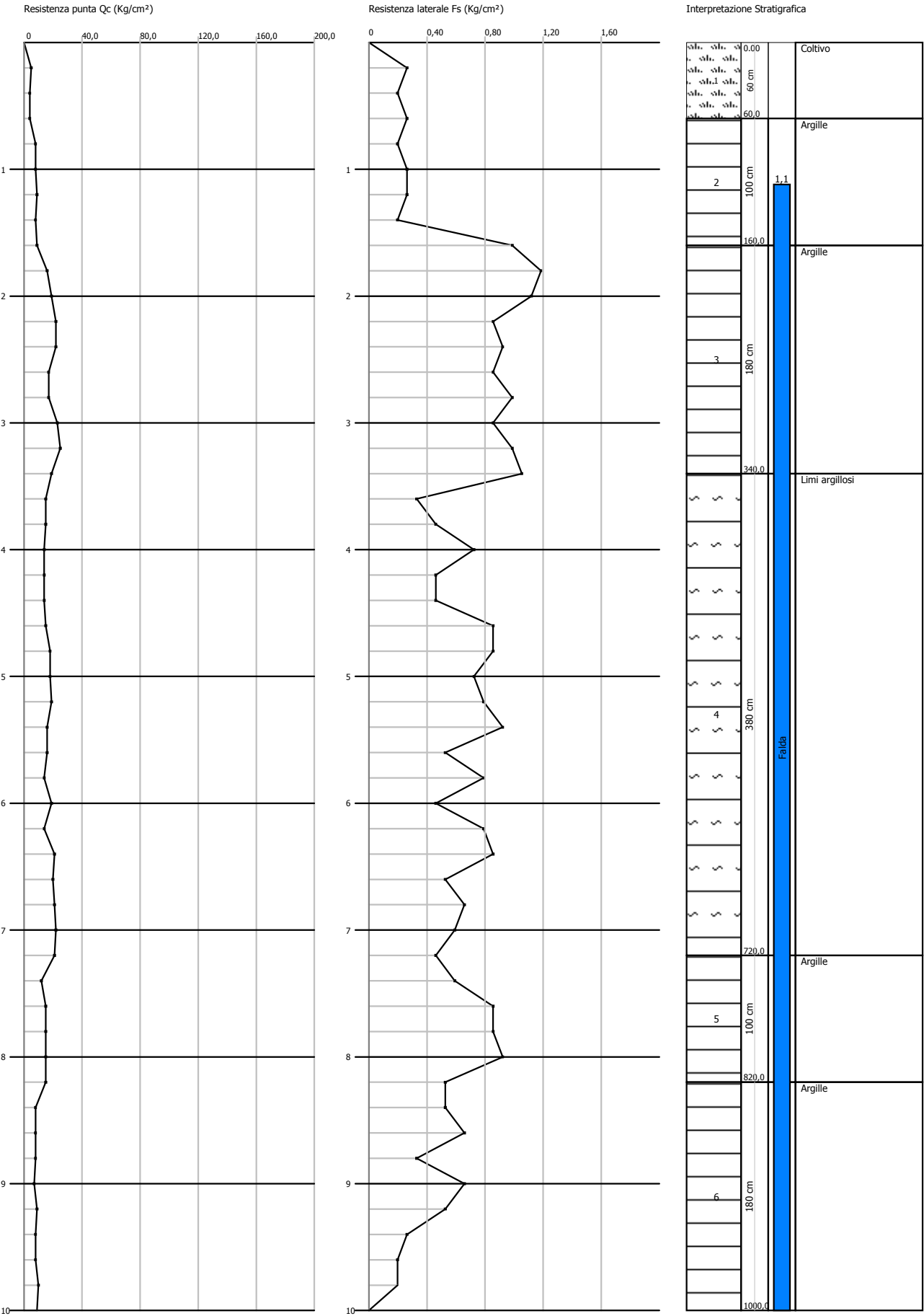


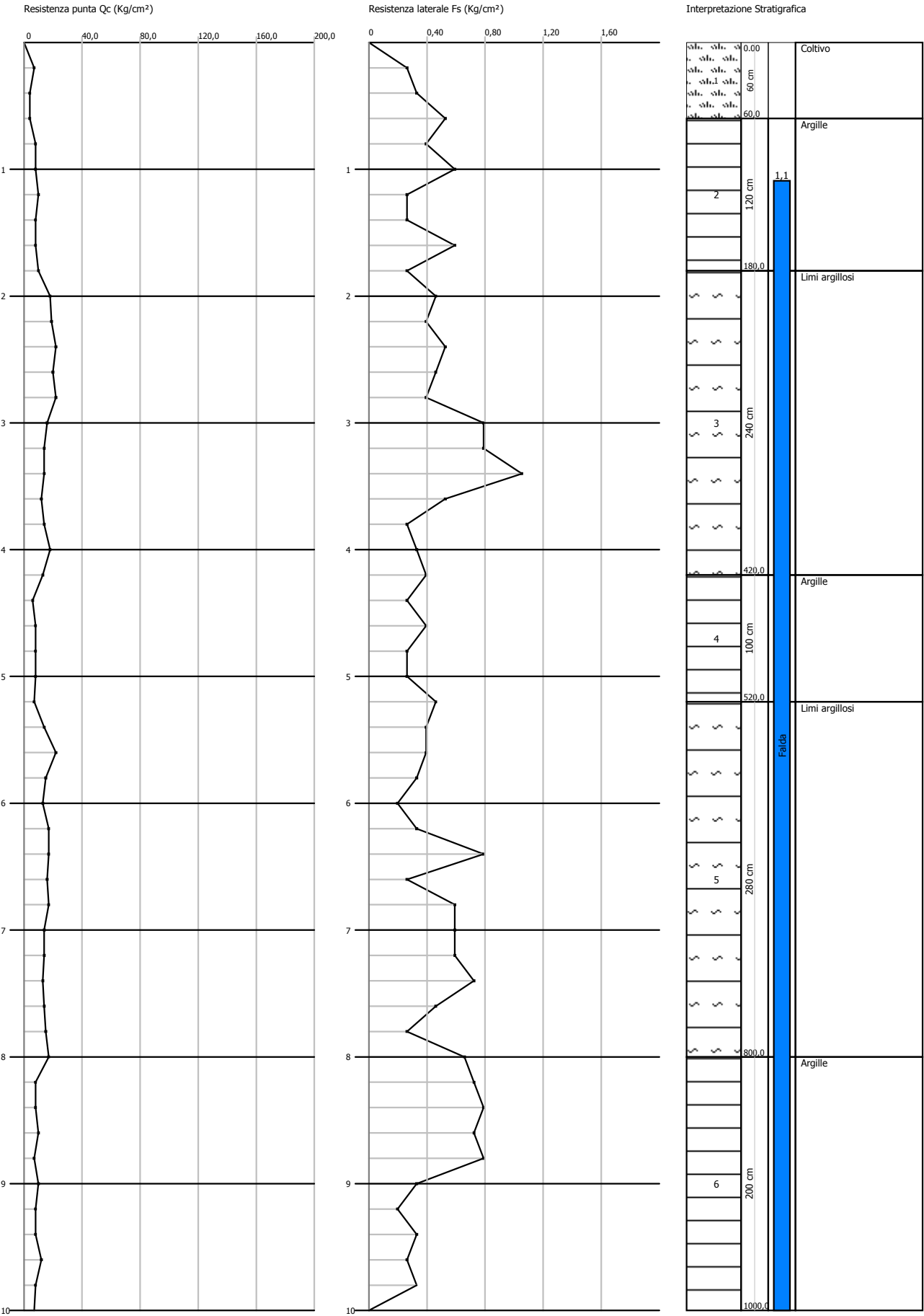












Allegato 2 - Prova sismica MASW

INDAGINE SISMICA MASW

Dott. Geol. Filippo Rizzo

Cantiere Via Filippo Turati

Località Sala Bolognese (BO)

Data 05/03/2020

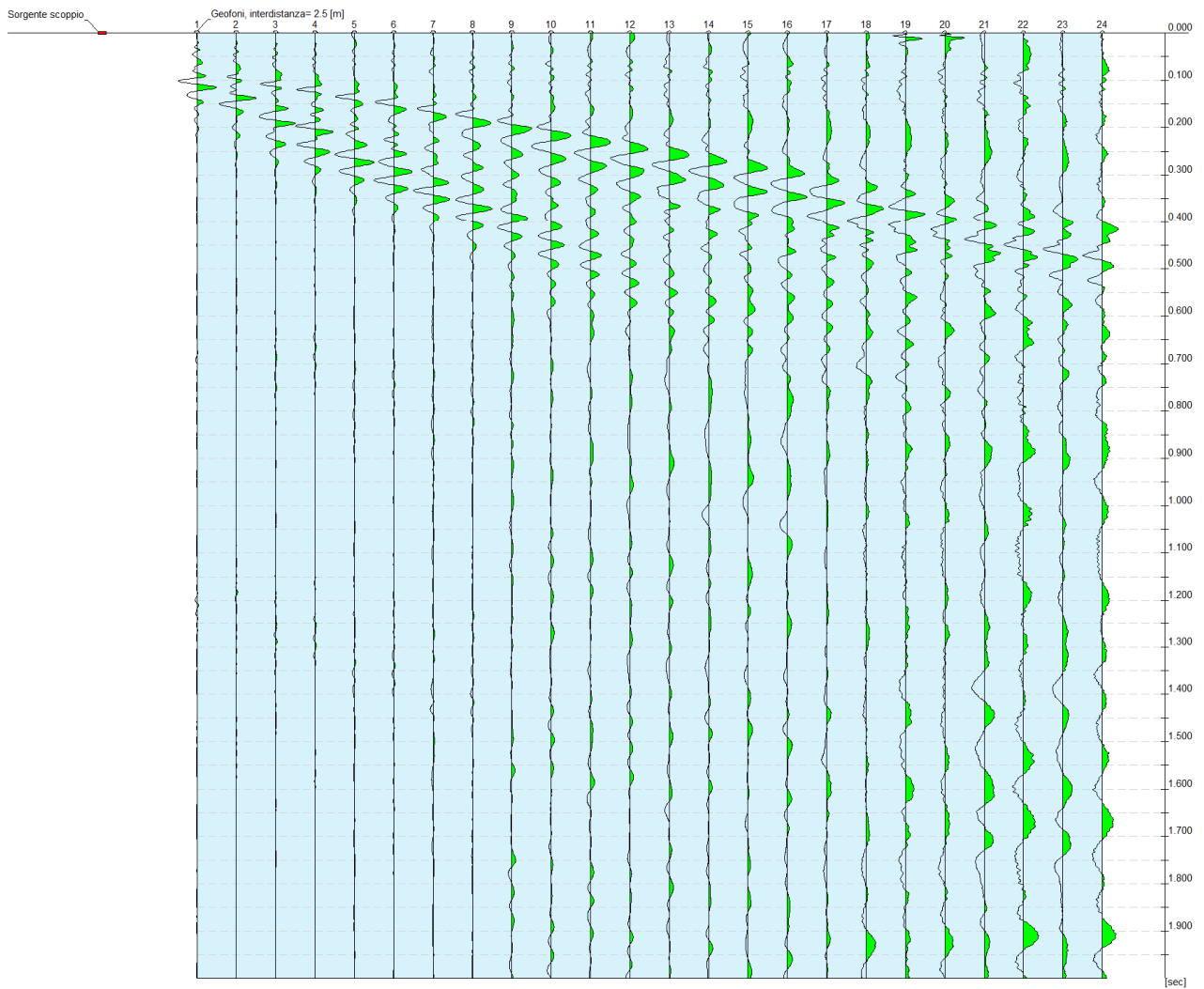


- Sismografo tipo “DoReMi” multicanale (SARA electronic instruments)
- Frequenza di campionamento 1000 Hz
- Sensori verticali (geofoni) da 4.5 Hz

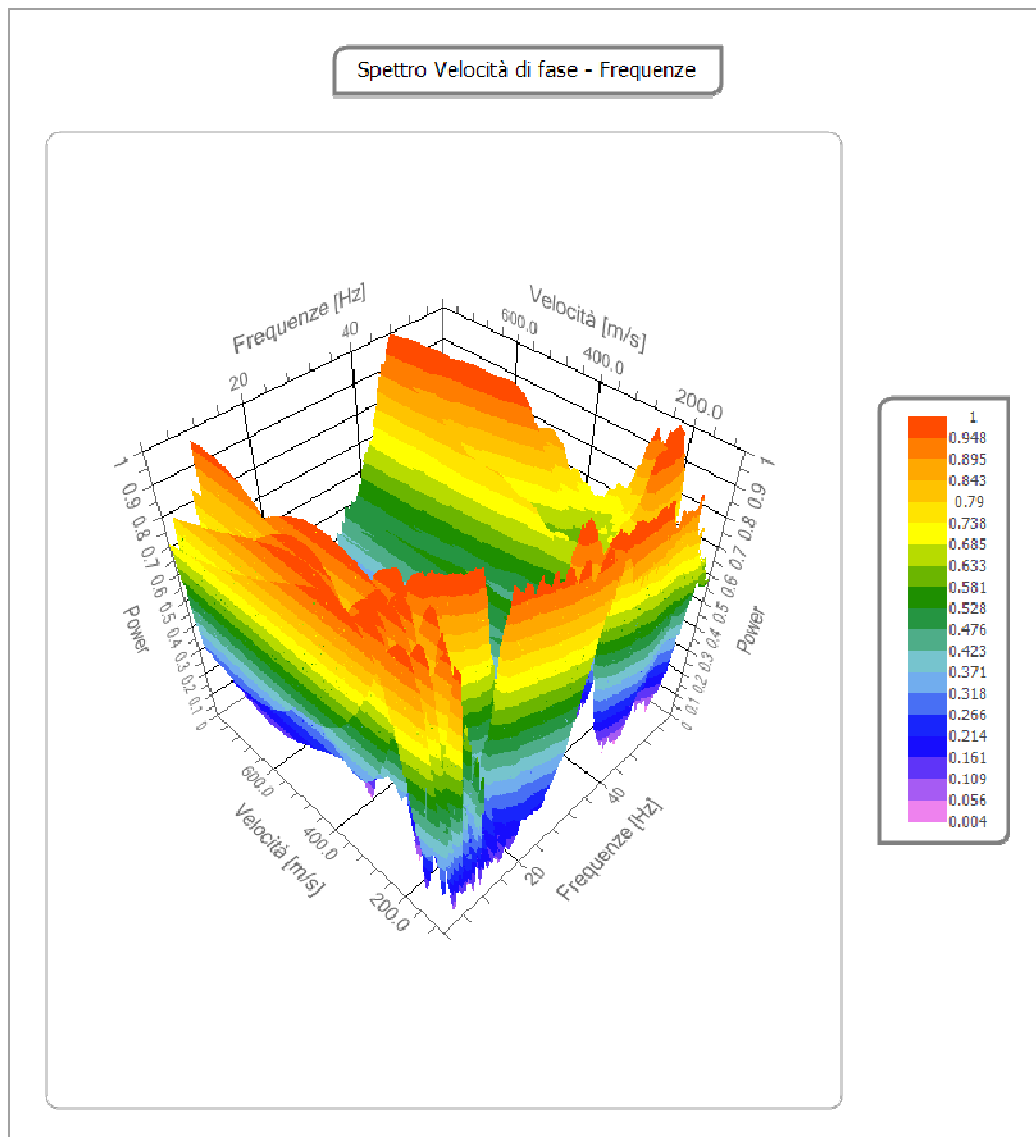
SISMOGRAMMA

- Numero tracce 24
- Durata acquisizione 2000 msec
- Interdistanza geofonica 2.50 m
- Periodo di campionamento 1 msec

Dott. Geol. Filippo Rizzo
Cantiere: Via Filippo Turati
Località: Sala Bolognese (BO)
Data: 05/03/2020

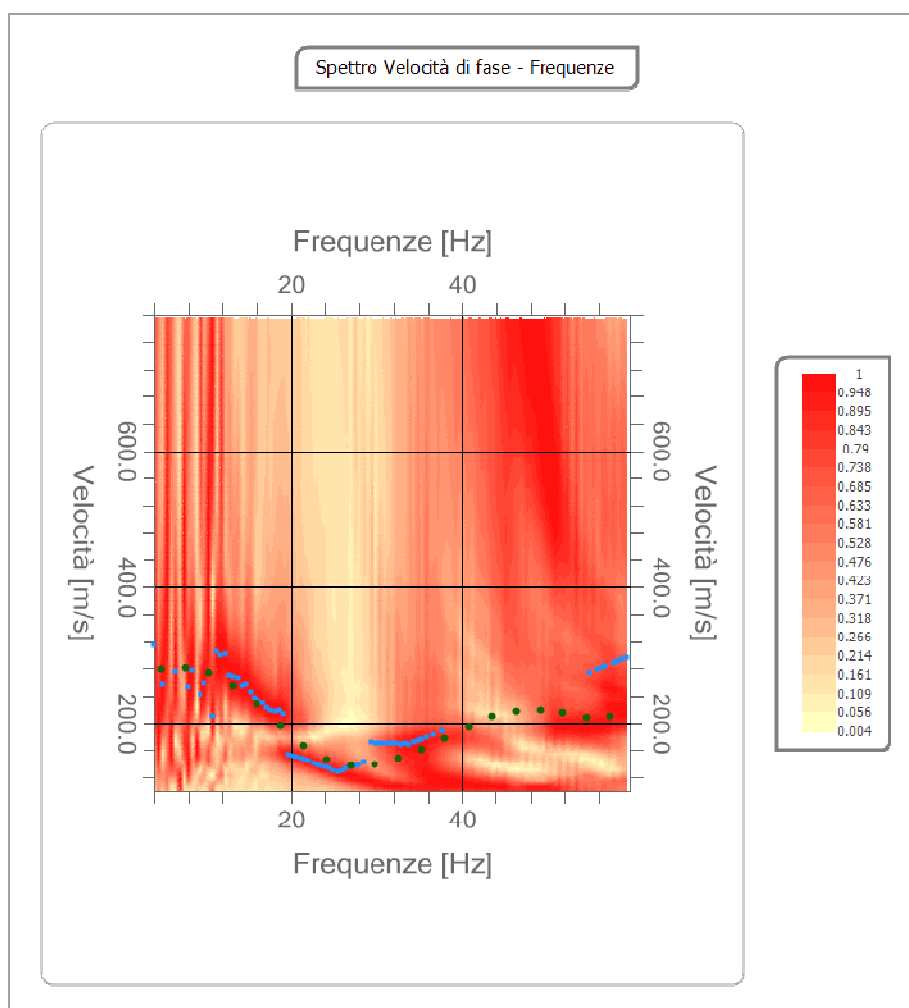


ANALISI SPETTRALE



- Frequenza minima di elaborazione 4 Hz
- Frequenza massima di elaborazione 60 Hz
- Velocità minima di elaborazione 100 m/sec
- Velocità massima di elaborazione 800 m/sec
- Intervallo velocità 1 m/sec

CURVA DI DISPERSIONE



n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	4.9	278.7	0
2	7.7	280.4	0
3	10.4	274.8	0
4	13.2	255.7	0
5	16.0	227.8	0
6	18.7	196.5	0
7	21.5	167.6	0
8	24.2	146.5	0
9	27.0	137.0	0
10	29.7	139.1	0
11	32.5	147.8	0
12	35.3	161.6	0
13	38.0	178.5	0
14	40.8	195.3	0
15	43.5	209.1	0
16	46.3	217.3	0
17	49.1	218.7	0
18	51.8	214.1	0
19	54.6	208.0	0
20	57.3	209.2	0

INVERSIONE

Inversione

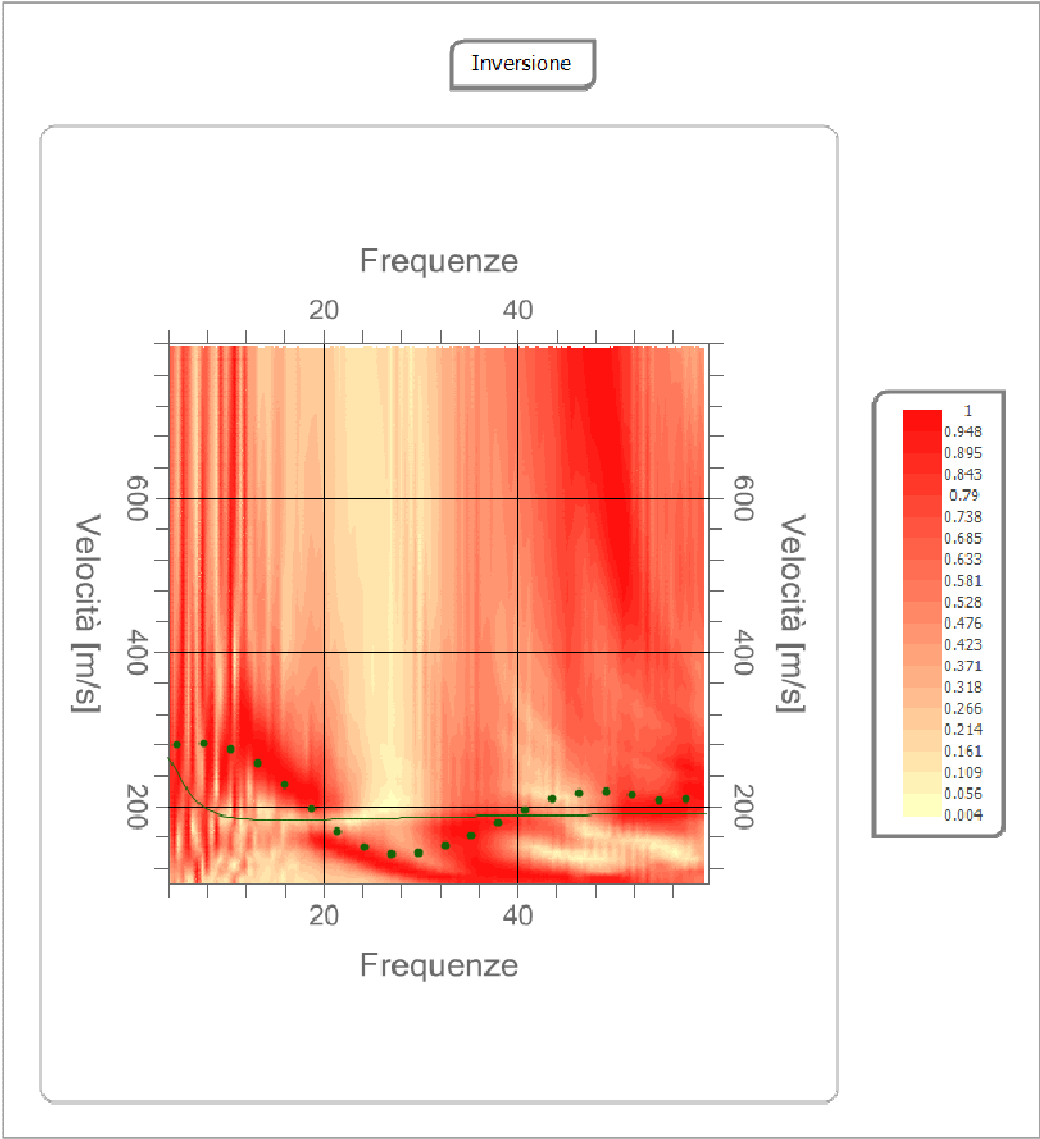
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	2.84	2.84	341.1	208.9
2	8.15	5.31	315.4	193.1
3	11.79	3.64	309.0	189.2
4	21.63	9.84	501.2	306.9
5	30.19	8.56	587.6	359.8

Percentuale di errore

2.102 %

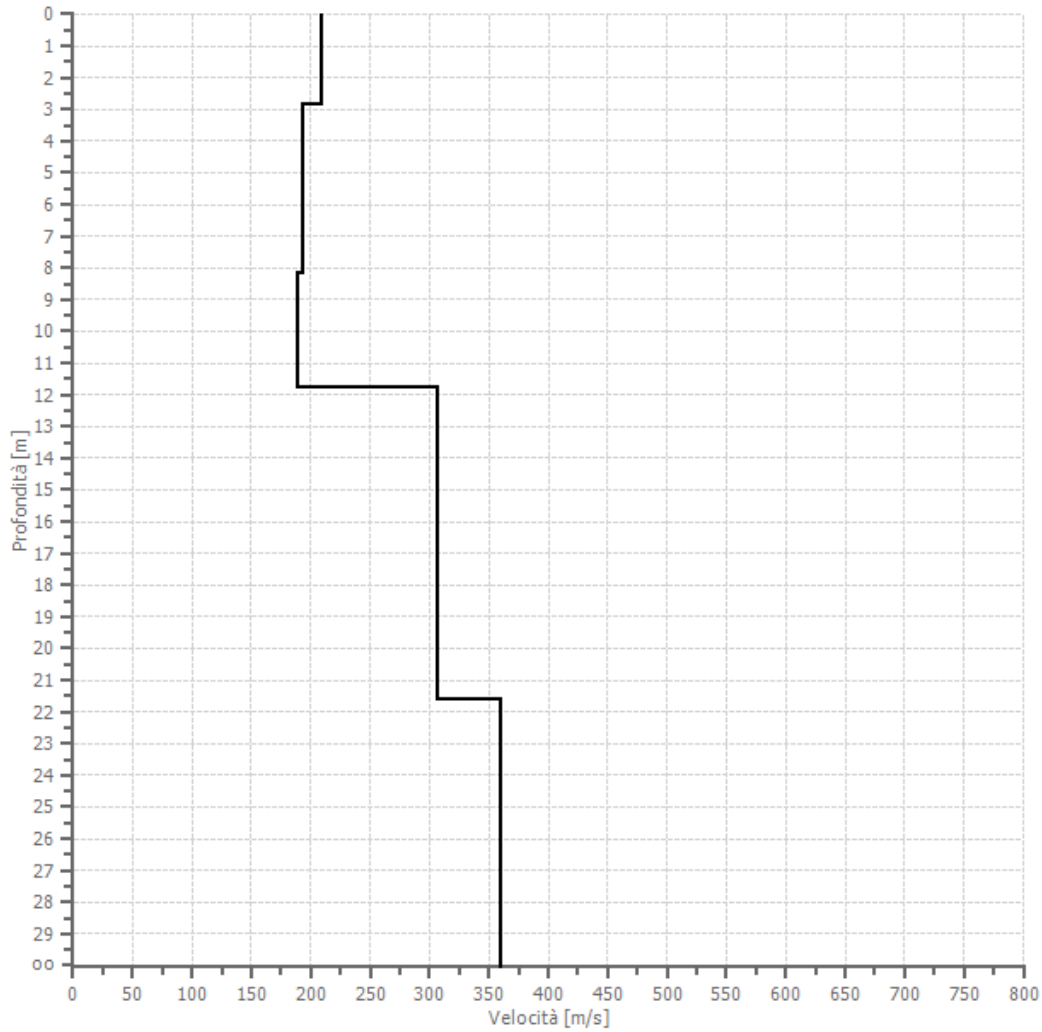
Fattore di disadattamento della soluzione

0.141



RISULTATI

Profilo di velocità



- **VSeq** **259.41 m/s**
- **Categoria di sottosuolo** **C (Tabella 3.2.II delle NTC 2018)**
- **Suolo di tipo C** Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Allegato 3 – Verifica della suscettibilità alla liquefazione

VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

PROVA CPT3

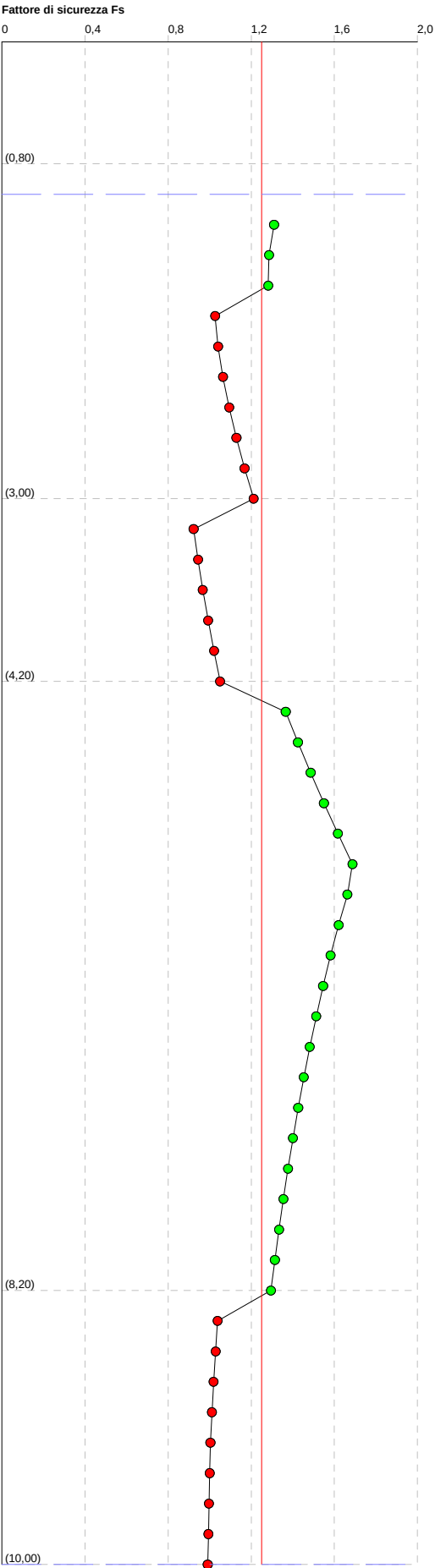
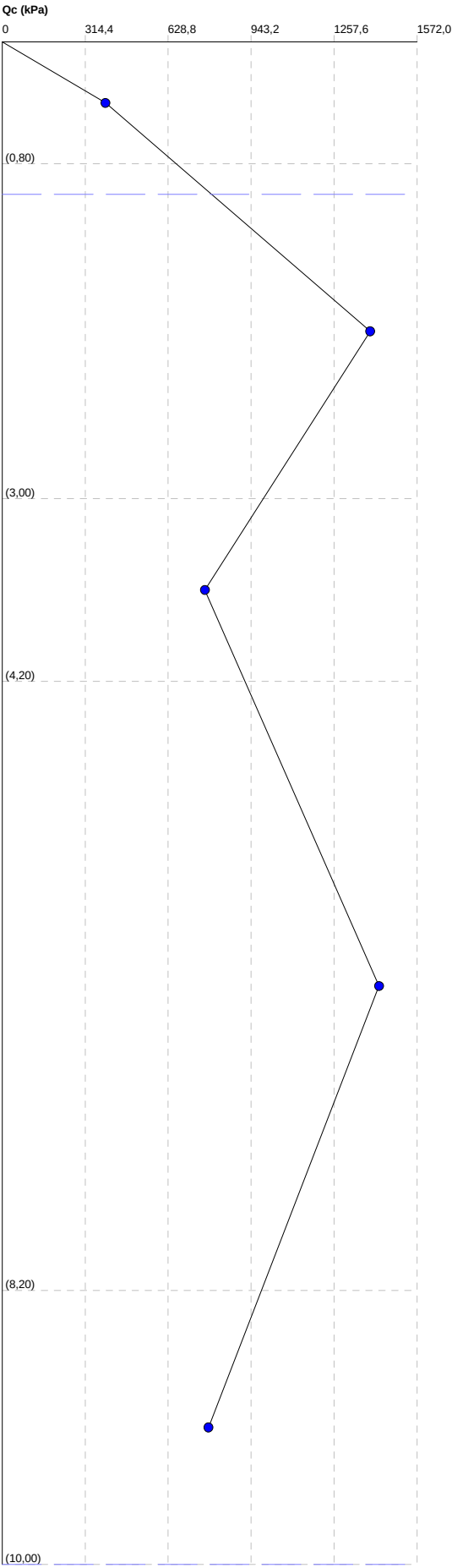
PARAMETRI GEOTECNICI

Strato (n)	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)
1	Coltivo	0,0	0,8	16,67	17,45	391,55	27,79
2	Argille	0,8	3,0	18,75	19,53	1394,2	73,7
3	Argille	3,0	4,2	17,66	18,44	768,13	42,5
4	Limi argillosi	4,2	8,2	18,69	19,47	1428,22	65,38
5	Argille	8,2	10,0	17,44	18,22	781,71	42,13

Correzione per la magnitudo (MSF) 1,77

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione e litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Indice di liquefazione	Rischio
1,20	20,992	19,031	48,388	5,367	2,644	1,7	85,430	0,991	0,138	0,105	1,310	0	Molto basso
1,40	24,898	20,975	44,982	5,382	2,666	1,7	89,013	0,989	0,146	0,113	1,286	0	Molto basso
1,60	28,804	22,920	42,089	5,398	2,687	1,7	92,439	0,988	0,153	0,120	1,282	0	Molto basso
1,80	32,710	24,865	54,756	5,413	2,610	1,7	80,375	0,986	0,128	0,125	1,026	0,00	Molto basso
2,00	36,616	26,809	50,638	5,429	2,634	1,7	83,935	0,985	0,135	0,130	1,041	0,00	Molto basso
2,20	40,522	28,754	47,078	5,444	2,656	1,7	87,434	0,983	0,142	0,134	1,064	0,00	Molto basso
2,40	44,428	30,699	43,968	5,460	2,677	1,7	90,874	0,982	0,150	0,137	1,094	0,00	Molto basso
2,60	48,334	32,643	41,229	5,476	2,697	1,7	94,261	0,980	0,158	0,140	1,129	0,00	Molto basso
2,80	52,240	34,588	38,798	5,492	2,717	1,7	97,597	0,979	0,166	0,142	1,168	0,00	Molto basso
3,00	56,146	36,533	36,626	5,508	2,735	1,7	100,885	0,977	0,175	0,145	1,212	0,00	Molto basso
3,20	59,834	38,259	18,513	6,000	2,974	1,7	84,324	0,976	0,136	0,147	0,923	2,27	Basso
3,40	63,522	39,986	17,621	6,032	2,991	1,7	86,804	0,974	0,141	0,149	0,944	1,74	Basso
3,60	67,210	41,713	16,804	6,063	3,008	1,7	89,259	0,972	0,146	0,151	0,967	1,07	Basso
3,80	70,898	43,439	16,051	6,096	3,025	1,7	91,691	0,971	0,152	0,153	0,993	0,24	Basso
4,00	74,586	45,166	15,355	6,128	3,041	1,7	94,103	0,969	0,157	0,154	1,021	0,00	Molto basso
4,20	78,274	46,893	14,711	6,161	3,056	1,7	96,494	0,968	0,164	0,156	1,050	0,00	Molto basso

4,40	82,168	48,825	27,569	4,857	2,785	1,7	113,001	0,966	0,214	0,157	1,366	0	Molto basso
4,60	86,062	50,758	26,442	4,871	2,799	1,7	115,873	0,965	0,225	0,158	1,425	0	Molto basso
4,80	89,956	52,691	25,398	4,885	2,812	1,7	118,719	0,963	0,236	0,159	1,486	0	Molto basso
5,00	93,850	54,623	24,429	4,900	2,826	1,7	121,541	0,962	0,247	0,159	1,550	0	Molto basso
5,20	97,744	56,556	23,525	4,914	2,839	1,7	124,339	0,960	0,259	0,160	1,617	0	Molto basso
5,40	101,638	58,489	22,681	4,928	2,851	1,7	127,114	0,959	0,271	0,161	1,687	0	Molto basso
5,60	105,532	60,421	21,891	4,943	2,863	1,65504 3	126,434	0,957	0,268	0,161	1,663	0	Molto basso
5,80	109,426	62,354	21,150	4,958	2,875	1,60374 4	125,095	0,956	0,262	0,162	1,621	0	Molto basso
6,00	113,320	64,287	20,454	4,972	2,887	1,55553	123,818	0,954	0,257	0,162	1,582	0	Molto basso
6,20	117,214	66,219	19,798	4,987	2,899	1,51013 1	122,599	0,953	0,251	0,163	1,546	0	Molto basso
6,40	121,108	68,152	19,179	5,002	2,910	1,46730 6	121,433	0,951	0,247	0,163	1,513	0	Molto basso
6,60	125,002	70,085	18,595	5,017	2,921	1,42684 4	120,317	0,950	0,242	0,163	1,482	0	Molto basso
6,80	128,896	72,017	18,042	5,032	2,931	1,38855 3	119,248	0,948	0,238	0,164	1,453	0	Molto basso
7,00	132,790	73,950	17,518	5,047	2,942	1,35226 3	118,223	0,946	0,234	0,164	1,426	0	Molto basso
7,20	136,684	75,883	17,020	5,062	2,952	1,31782 2	117,237	0,945	0,230	0,164	1,401	0	Molto basso
7,40	140,578	77,815	16,547	5,077	2,962	1,28509 2	116,290	0,943	0,226	0,164	1,377	0	Molto basso
7,60	144,472	79,748	16,098	5,093	2,972	1,25394 8	115,379	0,942	0,223	0,164	1,355	0	Molto basso
7,80	148,366	81,681	15,669	5,108	2,982	1,22427 8	114,501	0,940	0,220	0,165	1,334	0	Molto basso
8,00	152,260	83,613	15,260	5,124	2,992	1,19598	113,654	0,939	0,217	0,165	1,314	0	Molto basso
8,20	156,154	85,546	14,870	5,140	3,001	1,16896	112,838	0,937	0,214	0,165	1,295	0	Molto basso
8,40	159,798	87,229	7,130	6,774	3,325	1,14641 1	99,496	0,936	0,172	0,165	1,038	0,00	Molto basso
8,60	163,442	88,911	6,954	6,814	3,335	1,12471 4	99,021	0,934	0,170	0,166	1,029	0,00	Molto basso
8,80	167,086	90,594	6,784	6,855	3,345	1,10382 4	98,564	0,933	0,169	0,166	1,019	0,00	Molto basso
9,00	170,730	92,277	6,621	6,895	3,355	1,08369 6	98,123	0,931	0,168	0,166	1,011	0,00	Molto basso
9,20	174,374	93,959	6,464	6,937	3,365	1,06428 9	97,698	0,928	0,167	0,166	1,004	0,00	Molto basso
9,40	178,018	95,642	6,312	6,979	3,374	1,04556 4	97,289	0,923	0,166	0,166	1,000	0,00	Molto basso
9,60	181,662	97,325	6,165	7,021	3,384	1,02748 7	96,894	0,918	0,165	0,165	0,997	0,24	Basso
9,80	185,306	99,007	6,024	7,064	3,394	1,01002 5	96,514	0,912	0,164	0,165	0,994	0,46	Basso
10,00	188,950	100,690	5,887	7,107	3,403	0,99314 58	96,147	0,907	0,163	0,164	0,991	0,65	Basso



PROVA CPT4

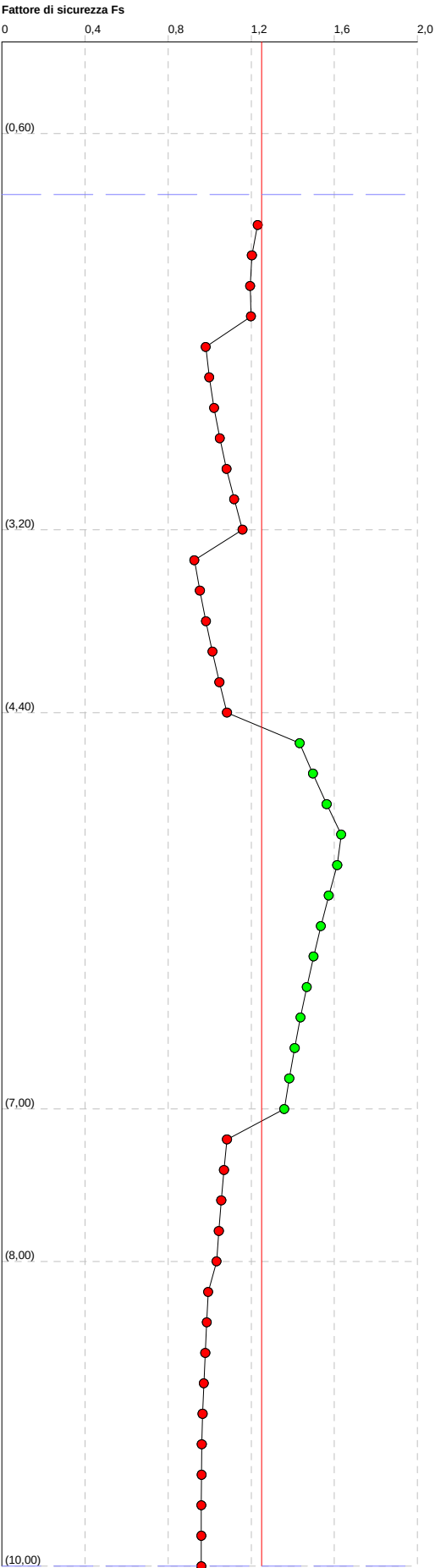
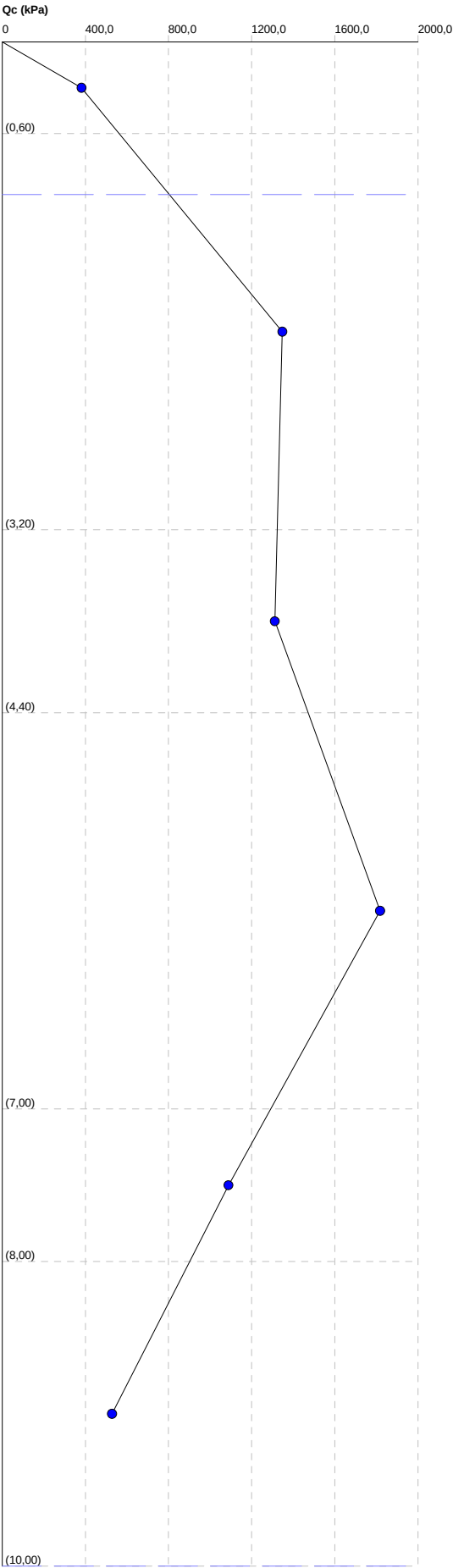
PARAMETRI GEOTECNICI

Strato (n)	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)
1	Coltivo	0,0	0,6	16,63	17,41	381,05	30,51
2	Argille	0,6	3,2	18,7	19,48	1347,76	65,88
3	Limi argillosi	3,2	4,4	18,63	19,41	1311,33	46,85
4	Limi argillosi	4,4	7,0	19,17	19,95	1817,58	67,89
5	Limi argillosi	7,0	8,0	18,25	19,04	1088,23	44,46
6	Argille	8,0	10,0	17,69	18,48	528,68	35,3

Correzione per la magnitudo (MSF) 1,77

Profondità dal p.c. (m)	Pressione e litostatica totale (KPa)	Pressione e vertical e effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione e litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Indice di liquefazione	Rischio
1,20	21,354	19,393	46,119	4,967	2,633	1,7	81,012	0,991	0,129	0,105	1,231	0,00	Molto basso
1,40	25,250	21,327	42,945	4,981	2,655	1,7	84,391	0,989	0,136	0,113	1,203	0,00	Molto basso
1,60	29,146	23,262	40,237	4,996	2,676	1,7	87,629	0,988	0,143	0,119	1,195	0,00	Molto basso
1,80	33,042	25,197	37,897	5,011	2,695	1,7	90,741	0,986	0,149	0,125	1,199	0,00	Molto basso
2,00	36,938	27,131	48,314	5,026	2,623	1,7	79,529	0,985	0,127	0,129	0,981	0,36	Basso
2,20	40,834	29,066	44,964	5,041	2,645	1,7	82,853	0,983	0,133	0,133	0,998	0,04	Basso
2,40	44,730	31,001	42,032	5,056	2,667	1,7	86,126	0,982	0,139	0,137	1,021	0,00	Molto basso
2,60	48,626	32,935	39,445	5,071	2,687	1,7	89,351	0,980	0,146	0,140	1,049	0,00	Molto basso
2,80	52,522	34,870	37,145	5,086	2,706	1,7	92,531	0,979	0,154	0,142	1,081	0,00	Molto basso
3,00	56,418	36,805	35,086	5,102	2,724	1,7	95,668	0,977	0,161	0,144	1,118	0,00	Molto basso
3,20	60,314	38,739	33,234	5,117	2,742	1,7	98,766	0,976	0,170	0,146	1,158	0,00	Molto basso
3,40	64,196	40,660	30,672	3,757	2,675	1,7	85,080	0,974	0,137	0,148	0,926	2,30	Basso
3,60	68,078	42,581	29,198	3,768	2,692	1,7	87,732	0,972	0,143	0,150	0,953	1,55	Basso
3,80	71,960	44,501	27,850	3,780	2,708	1,7	90,361	0,971	0,149	0,151	0,982	0,62	Basso
4,00	75,842	46,422	26,614	3,792	2,724	1,7	92,969	0,969	0,155	0,153	1,013	0,00	Molto basso
4,20	79,724	48,343	25,477	3,804	2,739	1,7	95,556	0,968	0,161	0,154	1,047	0,00	Molto basso
4,40	83,606	50,263	24,426	3,816	2,753	1,7	98,124	0,966	0,168	0,155	1,083	0,00	Molto basso
4,60	87,596	52,292	33,083	3,924	2,663	1,7	115,493	0,965	0,223	0,156	1,433	0	Molto basso
4,80	91,586	54,321	31,774	3,933	2,677	1,7	118,391	0,963	0,234	0,157	1,497	0	Molto basso
5,00	95,576	56,349	30,559	3,943	2,690	1,7	121,267	0,962	0,246	0,157	1,563	0	Molto basso
5,20	99,566	58,378	29,429	3,952	2,703	1,7	124,123	0,960	0,258	0,158	1,633	0	Molto basso

5,40	103,556	60,407	28,375	3,961	2,715	1,65544 4	123,631	0,959	0,256	0,158	1,614	0	Molto basso
5,60	107,546	62,435	27,389	3,970	2,727	1,60165 5	122,268	0,957	0,250	0,159	1,573	0	Molto basso
5,80	111,536	64,464	26,465	3,979	2,739	1,55125 1	120,973	0,956	0,245	0,159	1,535	0	Molto basso
6,00	115,526	66,493	25,598	3,989	2,751	1,50392 3	119,741	0,954	0,240	0,160	1,500	0	Molto basso
6,20	119,516	68,521	24,782	3,998	2,762	1,45939 8	118,568	0,953	0,235	0,160	1,467	0	Molto basso
6,40	123,506	70,550	24,012	4,007	2,773	1,41743 3	117,448	0,951	0,231	0,161	1,437	0	Molto basso
6,60	127,496	72,579	23,286	4,017	2,784	1,37781 3	116,377	0,950	0,227	0,161	1,409	0	Molto basso
6,80	131,486	74,607	22,600	4,026	2,794	1,34034 9	115,352	0,948	0,223	0,161	1,383	0	Molto basso
7,00	135,476	76,636	21,949	4,036	2,804	1,30486 8	114,370	0,946	0,219	0,161	1,359	0	Molto basso
7,20	139,284	78,483	12,091	4,685	3,046	1,27416 5	100,735	0,945	0,175	0,162	1,083	0,00	Molto basso
7,40	143,092	80,329	11,766	4,704	3,056	1,24487 3	100,082	0,943	0,173	0,162	1,069	0,00	Molto basso
7,60	146,900	82,176	11,455	4,723	3,066	1,21689 9	99,454	0,942	0,171	0,162	1,056	0,00	Molto basso
7,80	150,708	84,023	11,158	4,742	3,076	1,19015 3	98,848	0,940	0,170	0,163	1,044	0,00	Molto basso
8,00	154,516	85,869	10,874	4,762	3,086	1,16455 9	98,263	0,939	0,168	0,163	1,033	0,00	Molto basso
8,20	158,212	87,604	4,229	9,528	3,595	1,14149 9	95,903	0,937	0,162	0,163	0,993	0,46	Basso
8,40	161,908	89,339	4,105	9,625	3,608	1,11933 5	95,548	0,936	0,161	0,163	0,986	0,96	Basso
8,60	165,604	91,073	3,987	9,722	3,620	1,09801 5	95,212	0,934	0,160	0,164	0,979	1,44	Basso
8,80	169,300	92,808	3,872	9,822	3,633	1,07749 2	94,896	0,933	0,159	0,164	0,972	1,90	Basso
9,00	172,996	94,543	3,762	9,925	3,646	1,05772 2	94,599	0,931	0,159	0,164	0,966	2,35	Basso
9,20	176,692	96,277	3,656	10,029	3,658	1,03866 5	94,320	0,928	0,158	0,164	0,962	2,68	Basso
9,40	180,388	98,012	3,554	10,135	3,671	1,02028 2	94,059	0,923	0,157	0,164	0,961	2,80	Basso
9,60	184,084	99,747	3,455	10,244	3,684	1,00253 8	93,815	0,918	0,157	0,163	0,960	2,90	Basso
9,80	187,780	101,482	3,359	10,355	3,696	0,98540 15	93,588	0,912	0,156	0,163	0,960	2,96	Basso
10,00	191,476	103,216	3,267	10,468	3,709	0,96884 08	93,378	0,907	0,156	0,162	0,960	3,00	Basso



PROVA CPT5

PARAMETRI GEOTECNICI

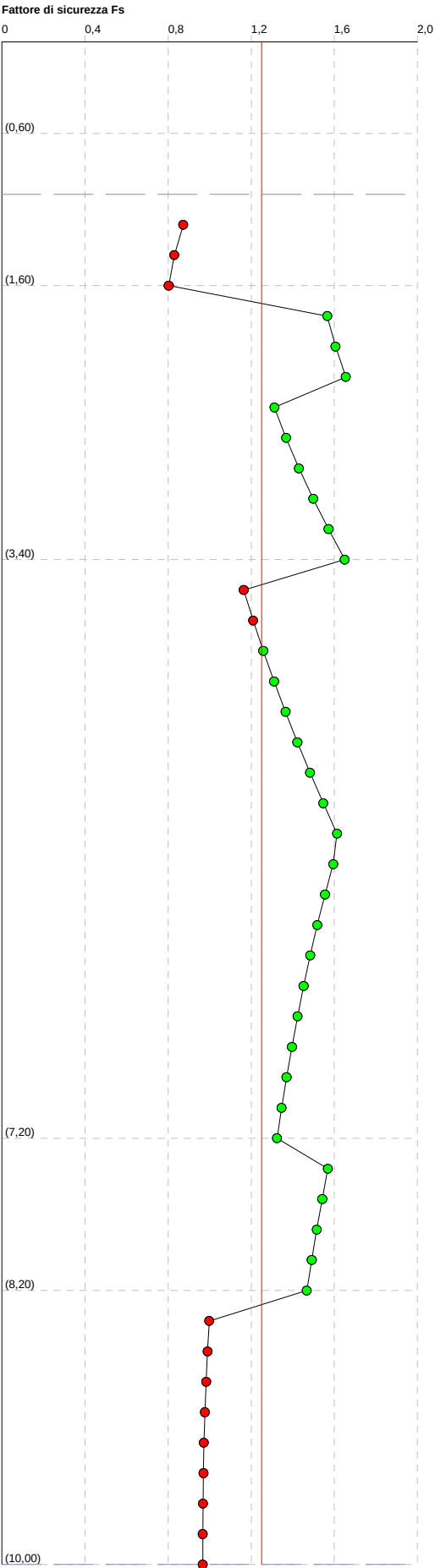
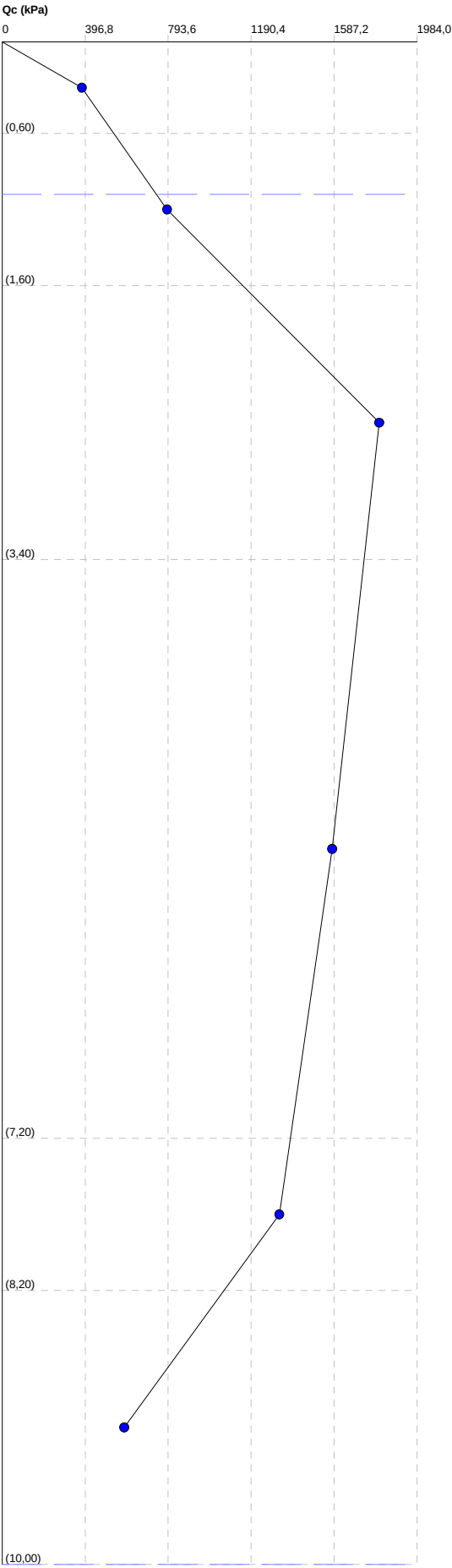
Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)
1	Coltivo	0,0	0,6	16,63	17,41	381,05	23,97
2	Argille	0,6	1,6	17,81	18,59	788,42	37,92
3	Argille	1,6	3,4	19,17	19,95	1803,03	97,34
4	Limi argillosi	3,4	7,2	18,88	19,67	1578,45	64
5	Argille	7,2	8,2	18,51	19,3	1325,59	74,53
6	Argille	8,2	10,0	17,41	18,2	583,32	37,05

Correzione per la magnitudo (MSF)

1,77

Profondità dal p.c. (m)	Pressione e litostatica totale (KPa)	Pressione e vertical e effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione e litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Indice di liquefazione	Rischio
1,20	20,820	18,859	40,703	4,940	2,669	1,7	50,610	0,991	0,092	0,105	0,873	1,48	Basso
1,40	24,538	20,615	37,054	4,964	2,699	1,7	53,467	0,989	0,094	0,114	0,830	2,30	Basso
1,60	28,256	22,372	33,978	4,988	2,727	1,7	56,269	0,988	0,097	0,120	0,803	3,03	Basso
1,80	32,246	24,401	51,934	5,497	2,631	1,7	107,892	0,986	0,197	0,126	1,566	0	Molto basso
2,00	36,236	26,429	48,915	5,509	2,649	1,7	111,548	0,985	0,209	0,130	1,606	0	Molto basso
2,20	40,226	28,458	46,275	5,522	2,666	1,7	115,072	0,983	0,222	0,134	1,655	0	Molto basso
2,40	44,216	30,487	57,691	5,534	2,603	1,7	102,474	0,982	0,180	0,137	1,312	0	Molto basso
2,60	48,206	32,515	53,969	5,547	2,623	1,7	106,285	0,980	0,192	0,140	1,368	0	Molto basso
2,80	52,196	34,544	50,684	5,560	2,641	1,7	110,039	0,979	0,204	0,143	1,430	0	Molto basso
3,00	56,186	36,573	47,764	5,572	2,659	1,7	113,738	0,977	0,217	0,145	1,498	0	Molto basso
3,20	60,176	38,601	45,150	5,585	2,677	1,7	117,386	0,976	0,230	0,147	1,572	0	Molto basso
3,40	64,166	40,630	42,798	5,598	2,693	1,7	120,984	0,974	0,245	0,148	1,650	0	Molto basso
3,60	68,100	42,603	35,452	4,237	2,665	1,7	100,498	0,972	0,174	0,150	1,164	0,00	Molto basso
3,80	72,034	44,575	33,795	4,248	2,680	1,7	103,445	0,971	0,183	0,151	1,209	0,00	Molto basso
4,00	75,968	46,548	32,278	4,260	2,696	1,7	106,365	0,969	0,192	0,153	1,258	0	Molto basso
4,20	79,902	48,521	30,885	4,271	2,710	1,7	109,259	0,968	0,201	0,154	1,310	0	Molto basso
4,40	83,836	50,493	29,600	4,282	2,725	1,7	112,128	0,966	0,211	0,155	1,365	0	Molto basso
4,60	87,770	52,466	28,412	4,293	2,738	1,7	114,973	0,965	0,221	0,156	1,422	0	Molto basso
4,80	91,704	54,439	27,310	4,305	2,752	1,7	117,794	0,963	0,232	0,156	1,483	0	Molto basso
5,00	95,638	56,411	26,286	4,316	2,765	1,7	120,594	0,962	0,243	0,157	1,547	0	Molto basso

5,20	99,572	58,384	25,330	4,328	2,778	1,7	123,372	0,960	0,255	0,158	1,613	0	Molto basso
5,40	103,506	60,357	24,437	4,339	2,790	1,656816	122,926	0,959	0,253	0,158	1,595	0	Molto basso
5,60	107,440	62,329	23,601	4,351	2,802	1,604379	121,620	0,957	0,247	0,159	1,555	0	Molto basso
5,80	111,374	64,302	22,815	4,362	2,814	1,55516	120,377	0,956	0,242	0,160	1,518	0	Molto basso
6,00	115,308	66,275	22,077	4,374	2,825	1,50887	119,192	0,954	0,237	0,160	1,484	0	Molto basso
6,20	119,242	68,247	21,381	4,386	2,837	1,465257	118,061	0,953	0,233	0,160	1,452	0	Molto basso
6,40	123,176	70,220	20,724	4,398	2,848	1,424094	116,979	0,951	0,229	0,161	1,423	0	Molto basso
6,60	127,110	72,193	20,104	4,410	2,858	1,38518	115,943	0,950	0,225	0,161	1,396	0	Molto basso
6,80	131,044	74,165	19,516	4,422	2,869	1,348337	114,950	0,948	0,221	0,161	1,370	0	Molto basso
7,00	134,978	76,138	18,959	4,434	2,879	1,313403	113,997	0,946	0,218	0,162	1,346	0	Molto basso
7,20	138,912	78,111	18,429	4,446	2,889	1,280233	113,081	0,945	0,214	0,162	1,324	0	Molto basso
7,40	142,772	80,009	14,783	6,301	3,061	1,249852	123,388	0,943	0,255	0,162	1,569	0	Molto basso
7,60	146,632	81,908	14,394	6,322	3,071	1,22088	122,411	0,942	0,251	0,163	1,542	0	Molto basso
7,80	150,492	83,807	14,022	6,342	3,080	1,193221	121,469	0,940	0,247	0,163	1,515	0	Molto basso
8,00	154,352	85,705	13,666	6,363	3,089	1,166787	120,560	0,939	0,243	0,163	1,491	0	Molto basso
8,20	158,212	87,604	13,326	6,384	3,099	1,141499	119,682	0,937	0,239	0,163	1,467	0	Molto basso
8,40	161,852	89,283	4,721	8,791	3,536	1,120037	96,367	0,936	0,163	0,164	0,998	0,13	Basso
8,60	165,492	90,961	4,593	8,867	3,547	1,099366	96,007	0,934	0,162	0,164	0,990	0,64	Basso
8,80	169,132	92,640	4,471	8,945	3,559	1,079446	95,666	0,933	0,161	0,164	0,983	1,14	Basso
9,00	172,772	94,319	4,353	9,025	3,570	1,060234	95,341	0,931	0,161	0,164	0,977	1,63	Basso
9,20	176,412	95,997	4,239	9,105	3,582	1,041694	95,033	0,928	0,160	0,164	0,972	2,00	Basso
9,40	180,052	97,676	4,129	9,187	3,593	1,023791	94,740	0,923	0,159	0,164	0,970	2,17	Basso
9,60	183,692	99,355	4,022	9,271	3,605	1,006494	94,464	0,918	0,158	0,164	0,968	2,31	Basso
9,80	187,332	101,034	3,919	9,356	3,616	0,9897708	94,202	0,912	0,158	0,163	0,967	2,42	Basso
10,00	190,972	102,712	3,820	9,443	3,628	0,9735945	93,955	0,907	0,157	0,163	0,967	2,51	Basso



PROVA CPT6

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato (n)	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)
1	Coltivo	0	0,6	16,53	17,31	358,62	37,05
2	Argille	0,6	1,8	17,8	18,59	687,72	39,23
3	Limi argillosi	1,8	4,2	18,84	19,63	1495,36	52,85
4	Argille	4,2	5,2	17,35	18,13	667,98	32,69
5	Limi argillosi	5,2	8	18,68	19,47	928,33	46,7
6	Argille	8	10	17,41	18,19	767,02	44,46

Correzione per la magnitudo (MSF) 1,77

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Indice di liquefazione	Rischio
1,20	20,756	18,795	35,487	5,882	2,765	1,7	52,530	0,991	0,093	0,105	0,886	1,33	Basso
1,40	24,474	20,551	32,273	5,915	2,795	1,7	55,474	0,989	0,096	0,114	0,844	2,11	Basso
1,60	28,192	22,308	29,565	5,948	2,824	1,7	58,353	0,988	0,098	0,120	0,818	2,79	Basso
1,80	31,910	24,065	27,252	5,982	2,851	1,7	61,173	0,986	0,101	0,126	0,803	3,38	Basso
2,00	35,836	26,029	41,034	3,621	2,571	1,7	80,233	0,985	0,128	0,131	0,980	0,39	Basso
2,20	39,762	27,994	38,855	3,631	2,589	1,7	82,932	0,983	0,133	0,135	0,988	0,24	Basso
2,40	43,688	29,959	36,928	3,641	2,606	1,7	85,551	0,982	0,138	0,138	1,002	0,00	Molto basso
2,60	47,614	31,923	35,210	3,651	2,622	1,7	88,097	0,980	0,144	0,141	1,019	0,00	Molto basso
2,80	51,540	33,888	33,668	3,660	2,637	1,7	90,576	0,979	0,149	0,143	1,039	0,00	Molto basso
3,00	55,466	35,853	32,274	3,670	2,652	1,7	92,993	0,977	0,155	0,146	1,062	0,00	Molto basso
3,20	59,392	37,817	37,971	3,680	2,601	1,7	84,677	0,976	0,136	0,148	0,924	2,24	Basso
3,40	63,318	39,782	35,997	3,691	2,618	1,7	87,483	0,974	0,142	0,149	0,952	1,50	Basso
3,60	67,244	41,747	34,209	3,701	2,635	1,7	90,264	0,972	0,148	0,151	0,983	0,57	Basso
3,80	71,170	43,711	32,582	3,711	2,652	1,7	93,022	0,971	0,155	0,152	1,016	0,00	Molto basso
4,00	75,096	45,676	31,094	3,721	2,668	1,7	95,757	0,969	0,162	0,154	1,052	0,00	Molto basso
4,20	79,022	47,641	29,730	3,731	2,683	1,7	98,470	0,968	0,169	0,155	1,091	0,00	Molto basso
4,40	82,648	49,305	11,872	5,585	3,100	1,7	89,952	0,966	0,148	0,156	0,946	2,12	Basso
4,60	86,274	50,970	11,413	5,620	3,115	1,7	92,096	0,965	0,153	0,157	0,970	1,24	Basso
4,80	89,900	52,635	10,983	5,655	3,129	1,7	94,229	0,963	0,158	0,159	0,995	0,21	Basso
5,00	93,526	54,299	10,579	5,691	3,144	1,7	96,354	0,962	0,163	0,160	1,022	0,00	Molto basso
5,20	97,152	55,964	10,200	5,727	3,158	1,7	98,470	0,960	0,169	0,161	1,050	0,00	Molto basso
5,40	101,046	57,897	14,289	5,645	3,041	1,7	113,786	0,959	0,217	0,161	1,345	0	Molto basso
5,60	104,940	59,829	13,762	5,672	3,055	1,671419	114,390	0,957	0,219	0,162	1,354	0	Molto basso
5,80	108,834	61,762	13,269	5,699	3,068	1,619117	113,233	0,956	0,215	0,162	1,324	0	Molto basso
6,00	112,728	63,695	12,805	5,726	3,081	1,569988	112,131	0,954	0,211	0,163	1,297	0	Molto basso
6,20	116,622	65,627	12,368	5,753	3,094	1,523754	111,081	0,953	0,207	0,163	1,271	0	Molto basso
6,40	120,516	67,560	11,957	5,781	3,107	1,480164	110,079	0,951	0,204	0,164	1,248	0,00	Molto basso
6,60	124,410	69,493	11,568	5,809	3,119	1,438999	109,121	0,950	0,201	0,164	1,226	0,00	Molto basso
6,80	128,304	71,425	11,201	5,837	3,131	1,400062	108,205	0,948	0,198	0,164	1,205	0,00	Molto basso

7,00	132,19 8	73,358	10,853	5,866	3,143	1,3631 76	107,32 8	0,946	0,195	0,164	1,186	0,00	Molto basso
7,20	136,09 2	75,291	10,522	5,895	3,155	1,3281 84	106,48 8	0,945	0,192	0,165	1,168	0,00	Molto basso
7,40	139,98 6	77,223	10,209	5,924	3,167	1,2949 44	105,68 2	0,943	0,190	0,165	1,151	0,00	Molto basso
7,60	143,88 0	79,156	9,910	5,953	3,178	1,2633 27	104,90 9	0,942	0,187	0,165	1,135	0,00	Molto basso
7,80	147,77 4	81,089	9,626	5,983	3,189	1,2332 16	104,16 6	0,940	0,185	0,165	1,121	0,00	Molto basso
8,00	151,66 8	83,021	9,355	6,013	3,200	1,2045 08	103,45 3	0,939	0,183	0,165	1,107	0,00	Molto basso
8,20	155,30 6	84,698	7,222	7,268	3,339	1,1806 64	102,63 3	0,937	0,181	0,166	1,090	0,00	Molto basso
8,40	158,94 4	86,375	7,040	7,312	3,350	1,1577 45	102,10 9	0,936	0,179	0,166	1,078	0,00	Molto basso
8,60	162,58 2	88,051	6,865	7,356	3,360	1,1357	101,60 3	0,934	0,178	0,166	1,068	0,00	Molto basso
8,80	166,22 0	89,728	6,696	7,400	3,370	1,1144 78	101,11 7	0,933	0,176	0,167	1,058	0,00	Molto basso
9,00	169,85 8	91,405	6,533	7,445	3,380	1,0940 34	100,64 8	0,931	0,175	0,167	1,048	0,00	Molto basso
9,20	173,49 6	93,081	6,376	7,491	3,390	1,0743 28	100,19 6	0,928	0,174	0,167	1,040	0,00	Molto basso
9,40	177,13 4	94,758	6,225	7,537	3,400	1,0553 18	99,761	0,923	0,172	0,166	1,036	0,00	Molto basso
9,60	180,77 2	96,435	6,079	7,584	3,410	1,0369 7	99,342	0,918	0,171	0,166	1,032	0,00	Molto basso
9,80	184,41 0	98,111	5,938	7,631	3,419	1,0192 49	98,938	0,912	0,170	0,165	1,029	0,00	Molto basso
10,00	188,04 8	99,788	5,802	7,679	3,429	1,0021 23	98,549	0,907	0,169	0,165	1,026	0,00	Molto basso

