

RICHIESTA DI PERMESSO DI COSTRUIRE PER
ADEGUAMENTO FUNZIONALE
DI EDIFICIO CON FUNZIONE RICETTIVA
SITUATA IN VIA CAIO DUILIO
COMUNE DI FORTE DEI MARMI (LU)

TECNICI INCARICATI

Dott. Geol.
VANESSA GRECO

Dott. Geol.
MICHELE GIOVANNETTI

DATA

FEBBRAIO 2022

PROGETTISTA

STUDIO DI ARCHITETTURA GLA

COMMITTENTE

COLONIAL srl

G&Geo  Studio Geologi Associati



Via Aurelia Sud, 14
55045 Pietrasanta (LU)
Part. IVA 02378660464
T+F (+39) 0584.1848216
C 335.6090871(M) 349.5926076(V)
info@gegeo.it

Michele Giovannetti
Vanessa Greco
Geologi

SOMMARIO

1 - PREMESSA	3
2 - VOLUME SIGNIFICATIVO	3
3 - INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE DEL SITO	5
3.1 - Descrizione delle indagini	5
3.1.1 - Sondaggi a carotaggio continuo	5
3.1.1.1 - Prove di permeabilità in foro Lefranc.....	9
3.1.2 - Penetrometria statica CPT	10
3.1.3- Penetrometria dinamica DPSH	12
3.1.4 - Prospezioni sismiche in foro (Down hole).....	14
4 - MODELLO GEOTECNICO DI SINTESI PER LA PROGETTAZIONE.....	16
4.1 - Parametri caratteristici	18
4.2 - Parametri di progetto.....	28
5 - PROBLEMATICHE INERENTI ALLA PROGETTAZIONE.....	31
5.1 - Stabilità del fronte di scavo.....	31
6 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	31

INDICE DELLE FIGURE NEL TESTO

Figura 1 VOLUME SIGNIFICATIVO GEOTECNICO SECONDO LANCELLOTTA E CALAVERA 1999.....	4
Figura 2 PLANIMETRIA DI DETTAGLIO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE	6
Figura 3 SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO ESEGUITO SUL SITO	8
Figura 4 SCHEMA ESECUTIVO DELLA PROVA LEFRANC	10
Figura 5 INDAGINE PENETROMETRICA CPT1 ESEGUITA SUL SITO.....	11
Figura 6 INDAGINE PENETROMETRICA CPT2 ESEGUITA SUL SITO.....	11
Figura 7 INDAGINE PENETROMETRICA CPT3 ESEGUITA SUL SITO.....	12
Figura 8 INDAGINE PENETROMETRICA DPSH1 ESEGUITA SUL SITO.....	13
Figura 8 ESECUZIONE PROSPEZIONI SISMICHE IN FORO	14
Figura 9 SCHEMA DI ACQUISIZIONE DOWN HOLE.....	15
Figura 10 TRACCE ONDE SH REGISTRATE SUL SITO IN ESAME.....	15

Allegati

ALLEGATO 1 - SONDAGGIO GEOGNOSTICO A CAROTAGGIO CONTINUO

ALLEGATO 2 - ANALISI DI LABORATORIO

ALLEGATO 3 - PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (CPT)

ALLEGATO 4 - PROVE PENETROMETRICHE SUPER-PESANTI (DPSH)

ALLEGATO 5 - SISMICA IN FORO DOWNHOLE

ALLEGATO 6 - PROVE LEFRANC A CARICO VARIABILE

ALLEGATO 7 - RELAZIONI USATE PER LA DETERMINAZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI CON IL METODO STATISTICO

1 - PREMESSA

Per incarico della Società Colonial srl vengono esplicitati i contenuti della Relazione Geologica redatta di supporto alla RICHIESTA DI PERMESSO DI COSTRUIRE PER ADEGUAMENTO FUNZIONALE DI EDIFICIO CON FUNZIONE RICETTIVA situata in Via Caio Duilio 3 - Comune di Forte dei Marmi (LU).

Questo elaborato viene redatto ai sensi del D.M. 17/01/2018 (Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni) ed è finalizzato alla caratterizzazione e modellazione geotecnica del sito ed a fornire un contributo, in relazione ai suddetti modelli, alle verifiche della sicurezza e delle prestazioni attese.

Le verifiche finali della sicurezza e delle prestazioni attese, ai sensi del D.M. 17/01/2018, dovranno essere eseguite, tenendo in considerazione i dati della presente relazione, da specifica professionalità (ingegnere strutturale), che esula da quella dello scrivente.

In particolare, il presente elaborato ricostruisce il modello geotecnico del sottosuolo, definendone i parametri caratteristici e il comportamento geomeccanico del volume di terreno direttamente o indirettamente interessato, in ottemperanza all'art. 6 del D.P.G.R. n. 36/R del 09/07/2009.

2 - VOLUME SIGNIFICATIVO

Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento, devono riguardare il volume significativo e, in presenza di azioni sismiche, devono essere conformi a quanto prescritto ai §§ 3.2.2 e 7.11.2 delle NTC 2018.

Per volume significativo di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso. Le indagini devono permettere la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione.

Il volume significativo da indagare è costituito dalla massa di terreno entro il quale si risentono gli effetti dell'intervento.

Tali effetti possono essere rappresentati da:

- modifiche dello stato tensionale per aumenti di pressione o scarichi tensionali;
- variazioni nel regime delle acque sotterranee per drenaggi o impermeabilizzazioni indotti dalle opere;
- inquinamento diretto o indotto dagli interventi;
- modifiche delle condizioni di stabilità dei versanti per variazioni planoaltimetriche o modifiche del regime delle acque;
- modifiche ambientali per apertura di cave di prestito o accumuli di materiali provenienti da scavi.

Per quanto riguarda perciò la profondità massima di indagine geognostica, il volume significativo si proietta in profondità fino al livello nel quale gli incrementi di sollecitazioni indotti dai carichi di superficie divengono trascurabili.

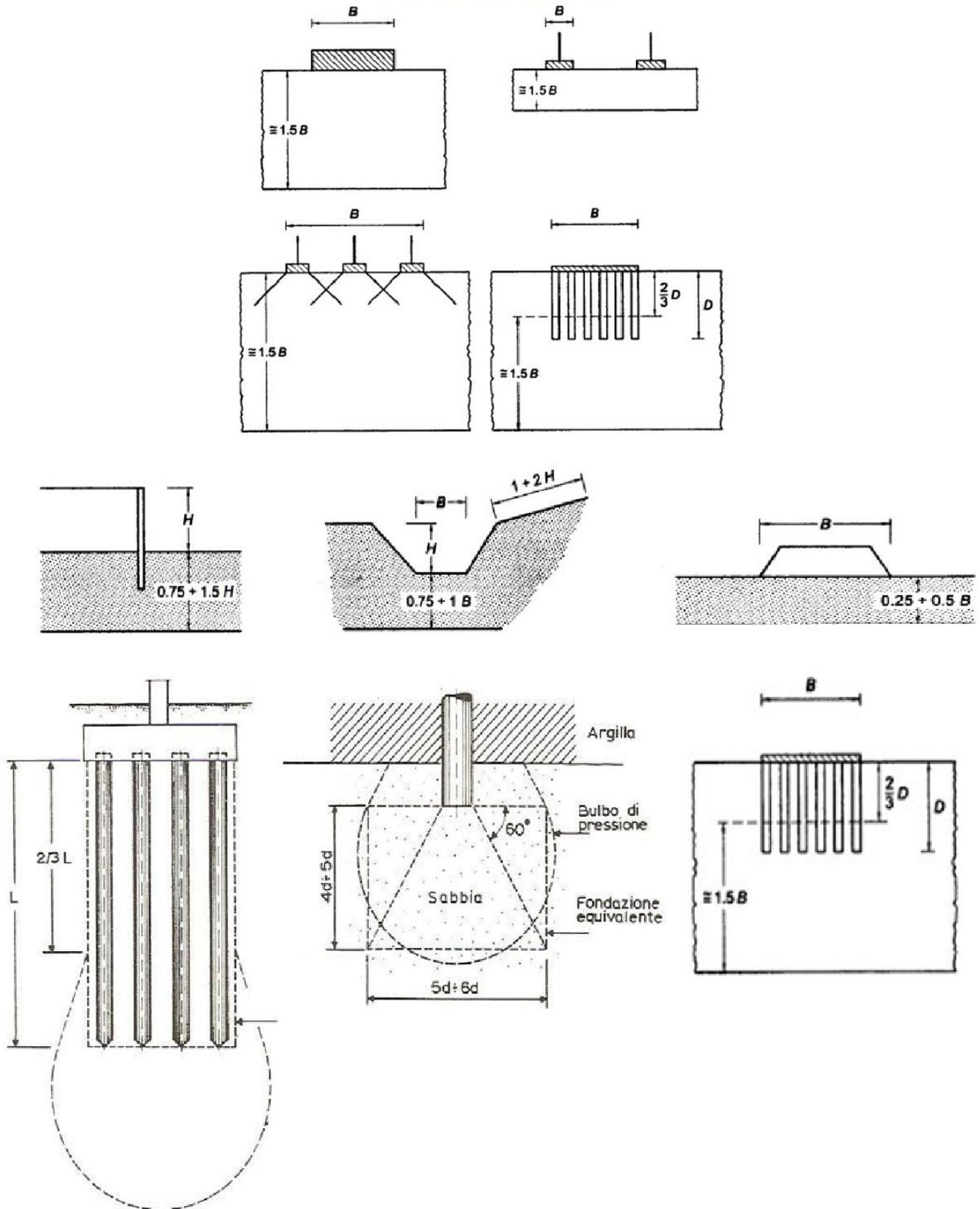


Figura 1 VOLUME SIGNIFICATIVO GEOTECNICO SECONDO LANCELLOTTA E CALAVERA 1999

Secondo quanto riportato da Lancellotta e Calavera (1999), nella Figura 1 vengono indicate le profondità massime di indagine a seconda dell'impianto fondazionale di progetto.

Secondo quanto invece previsto dagli Eurocodici, si riporta nella tabella seguente uno schema relativo alla profondità di indagine in relazione a varie tipologie di fondazioni:

Fondazione	Profondità
Plinti isolati	(1÷3) B
Travi rovesce	
Platea	$\geq B$
Palo	$\sim L+5d$
Gruppo di pali	$>L+B'$
Rilevati e rinterri	alla prof. per cui $w \leq 10\% w_f$

Nella tabella viene indicata con B la larghezza caratteristica della fondazione, con L la lunghezza del palo di diametro d, con B' la larghezza minore del rettangolo che circonda il gruppo di pali; con w il generico cedimento e con w_f il cedimento finale.

3 - INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE DEL SITO

Allo scopo di determinare le caratteristiche litologiche e stratigrafiche dei terreni presenti, sono state condotte le seguenti indagini (allegate fuori testo) per la cui ubicazione si rimanda alla planimetria di dettaglio (Figura 12):

- esecuzione di indagini in sito di tipo geofisico in foro (DownHole)
- esecuzione di indagini penetrometriche in sito di tipo CPT/DPSH
- sondaggio a carotaggio continuo
- analisi di laboratorio su campione indisturbato

Una tale campagna geognostica è stata organizzata non solo sulla base dell'importanza ed estensione dell'opera ed alle conseguenze che gli interventi possono produrre sull'ambiente circostante.

Si è inoltre tenuto conto di quanto riportato nella D.P.G.R. n. 36/R del 09.07.2009, secondo la quale l'opera in progetto ricade nella classe d'indagine n. 4 (opere di volume lordo superiore a seimila metri cubi o altezza massima in gronda superiore a 20 m).

3.1 - Descrizione delle indagini

3.1.1 - Sondaggi a carotaggio continuo

I sondaggi (diametro foro 101 mm, diametro rivestimento 127 mm), commissionati alla "ECOCANTIERI S.R.L." di Bologna ed eseguiti con sonda Boartlongyear (Figura 3), attrezzata con carotiere semplice, hanno raggiunto la profondità massima di 35 m dal p.c..

Le carote estratte sono state composte all'interno di cassette catalogatrici ciascuna della capienza di 5 m, per le eventuali ispezioni future. L'analisi delle carote estratte ha permesso di ricostruire la stratigrafia della zona nel modo seguente:

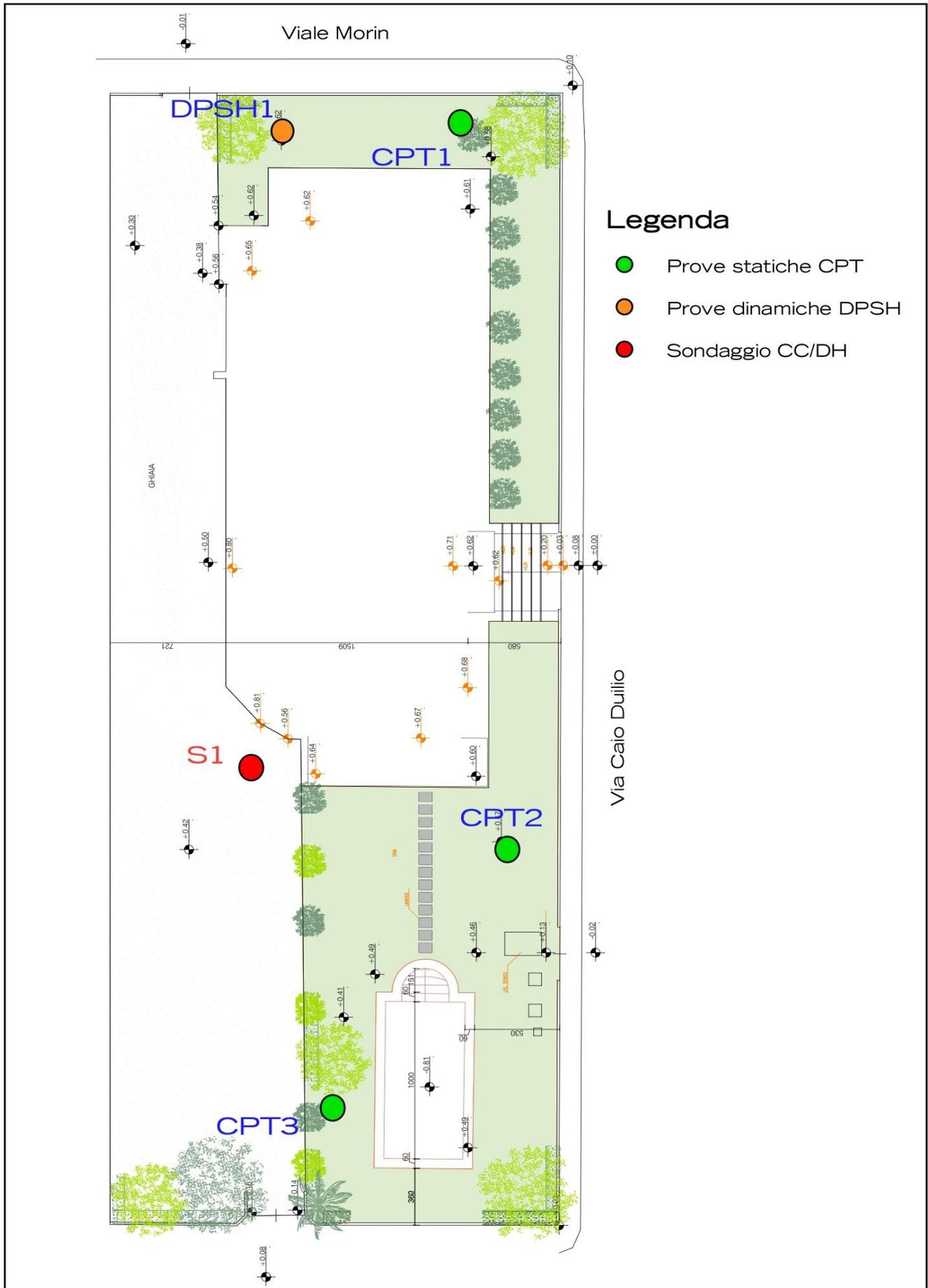


Figura 2 UBICAZIONE INDAGINI SU PIANTA INDICATIVA DELLO STATO ATTUALE

SONDAGGIO 01	
da 0.00 m a 1.60 m	Terreno di riporto passante a terreno limo - sabbioso nocciola poco addensato
da 1.60 m a 2.00 m	Sabbie fini limose nocciola chiaro poco addensate
da 2.00 m a 3.00 m	Sabbie medie fini con limo grigio-nocciola poco o mediamente addensate
da 3.00 m a 4.00 m	Sabbie fini o medio- fini mediamente o poco addensate con resti di conchiglie, grigio scure e lamine limose con tracce organiche
da 4.00 m a 8.60 m	Sabbie medio-grosse, micacee con resti di conchiglie, grigio scure poco o mediamente addensate
da 8.60 m a 10.0 m	Sabbie fini limose grigio-nocciola mediamente addensate
da 10.0 m a 12.0 m	Sabbie fini limo-argillose grigio-nocciola consistenti
da 12.0 m a 15.7 m	Sabbie medie deb limose grigio-nocciola, con tracce organiche passanti a sabbie medio-grosse, micacee con resti di conchiglie, grigio scure addensate e mediamente consistenti
da 15.7 m a 17.9 m	Limo-sabbioso e sabbia limosa fine, grigia mediamente consistente
da 17.9 m a 18.0 m	Limo-sabbioso argilloso, grigio
da 18.0 m a 20.0 m	Sabbie fini limose grigio-nocciola mediamente addensate
da 20.0 m a 21.5 m	Sabbie medie grigio scure mediamente addensate
da 21.5 m a 23.3 m	Limo sabbioso nocciola consistente
da 23.3 m a 28.6 m	Sabbie fini limose grigio scure a medio grado di addensamento
da 28.6 m a 28.9 m	Argilla limosa nocciola -ocra con resti organici molto consistente
da 28.9 m a 29.5 m	Ghiaia e ghiaietto con clasti eterogenei ed eterometrici ϕ max 4 cm
da 29.5 m a 30.0 m	Argilla limosa nocciola con resti organici consistente
da 30.0 m a 32.0 m	Alternanza di livelli a dominante ghiaiosa in matrice sabbioso-limosa e livelli ghiaiosi in matrice limo-argillosa, color nocciola. Clasti eterogenei ed eterometrici ϕ max 5 cm
da 32.0 m a 33.1 m	Ghiaia e ghiaietto in matrice sabbioso-limosa grigia. Clasti eterogenei ed eterometrici ϕ max 6 cm
da 33.1 m a 34.7 m	Ghiaia e ghiaietto in matrice sabbiosa debolmente limosa grigio-nocciola. Clasti eterogenei ed eterometrici ϕ max 8-10 cm
da 34.7 m a 35.0 m	Ghiaietto in matrice argillosa nocciola-ocra consistente



Figura 3 SONDAGGIO A CAROTTAGGIO CONTINUO ESEGUITO SUL SITO

Durante la realizzazione del sondaggio sono state eseguite, in avanzamento nel foro e secondo le raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana, una serie di prove penetrometriche dinamiche SPT con campionatore tipo Raymond con punta conica chiusa e con le seguenti caratteristiche:

- Peso della massa battente 63.5 kg
- Altezza di caduta libera 76 cm
- Avanzamento della punta 3 tratti successivi di 15 cm
- Dispositivo di sganciamento Automatico tipo Pilcon
- Rendimento medio 60 %

Punta conica

- Angolo al vertice 60°
- Diametro 51 mm
- Sezione 20.00 cm²

Aste di infissione

- Diametro 76 mm
- Spessore 5.9 mm
- Peso per metro 12.7 kg

Sono state eseguite otto prove nel terreno registrando al contempo il numero di colpi del maglio necessario alla penetrazione del campionatore per tre tratti successivi di 15 cm. Nella tabella seguente sono inoltre indicati i risultati relativi al numero di colpi N_{SPT} per avanzare di 30 cm:

Profondità (m)	N1	N2	N3	NSPT
6.0	4	7	7	14
10.5	3	9	15	24
15.0	9	10	12	22
17.0	10	11	14	25
21.0	8	10	12	22
25.0	6	11	12	23
30.0	16	15	18	32
33.5	12	12	18	30

Sono stati inoltre prelevati due campioni indisturbati Shelby, tra 5.00/5.50 e tra 16.00/16.50 m dal piano campagna, per le analisi geotecniche di laboratorio.

3.1.1.1 - Prove di permeabilità in foro Lefranc

La prova di permeabilità consiste nel creare un gradiente idraulico su un tratto di terreno scoperto tale per cui si possa misurare la tendenza al ristabilirsi dell'equilibrio idraulico (prova a carico variabile in abbassamento).

Nel sito oggetto di studio sono state eseguite due prove di permeabilità in foro Lefranc in avanzamento di perforazione del sondaggio S1, nell'intervallo compreso tra 4/5 e 10.5/11.5 metri di profondità.

La prova Lefranc consiste nel preparare un tratto di foro scoperto durante la perforazione del sondaggio e creare un gradiente idraulico mediante immissione (o estrazione) di acqua nella colonna di rivestimento, tale per cui si possa misurare la portata necessaria a mantenerlo costante (prova a carico costante), o la tendenza al ristabilirsi dell'equilibrio idraulico (prova a carico variabile). In questa maniera è possibile ricavare tramite opportuni algoritmi di calcolo il coefficiente di permeabilità del terreno.

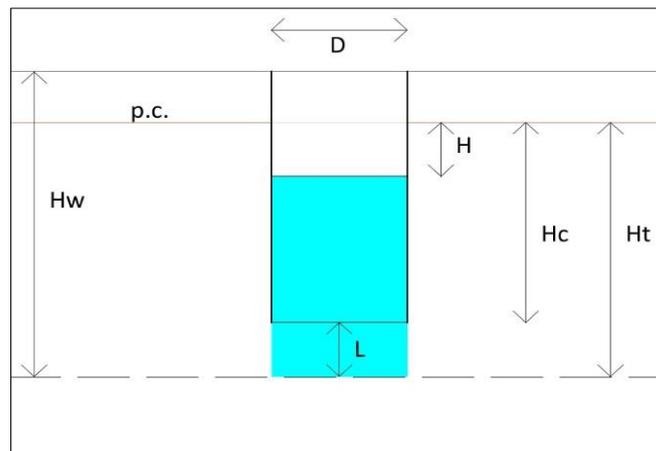
In questo tipo di prova si misura la velocità di riequilibrio del livello dell'acqua nel foro dopo averlo alterato mediante l'immissione di acqua. Dall'istante in cui si sospende l'immissione dell'acqua (raggiunta la testa della tubazione di rivestimento), a intervalli di tempo variabili a seconda della velocità di discesa dell'acqua nel foro, si annotano il livello e il tempo di ciascun abbassamento.

Il metodo utilizzato per l'interpretazione dei risultati della prova fa riferimento alla metodologia consigliata dalla Associazione Geotecnica Italiana (AGI) ed utilizza lo schema geometrico e relazione di calcolo di Figura 4.

L'immissione degli abbassamenti o delle risalite fa riferimento alle effettive variazioni di livello dell'acqua partendo dal livello iniziale ($t = 0$), con una successione di letture cumulate; il programma calcola automaticamente i valori complementari di h implementati nella formula in relazione al livello di falda.

Per quanto riguarda le altezze di carico idraulico variabili nel tempo, le NORME AGI affermano che esse sono "altezze rispetto alla falda indisturbata o rispetto al fondo foro"; risulterebbe pertanto che in mancanza di dati relativi alla falda il livello di riferimento può essere indifferentemente anche il fondo foro.

Livello di base dell'acqua [Hw] (cm)
Livello dell'acqua dal p.c. [H] (cm)
Diametro del tratto di prova [D] (cm)
Area di base del tratto di prova [A] (cmq)
Profondità del rivestimento [Hc] (cm)
Profondità del foro [Ht] (cm)
Spessore del tratto di prova [L] (cm)
Coefficiente di forma [CL]



$$k = \frac{A}{(CL \cdot (t_2 - t_1)) \cdot \ln(h_1/h_2)}$$

Figura 4 SCHEMA ESECUTIVO DELLA PROVA LEFRANC

In base a quanto detto il metodo "AGI" permette di ovviare all'introduzione della falda, se non nota, considerando automaticamente il fondo foro come livello di riferimento. Negli allegati fuori sono visualizzati il grafico tempi/abbassamenti in cui viene calcolato un valore di K per ogni tratto della curva tra una lettura e la successiva. Il coefficiente di permeabilità stimato è quello medio dal punto della curva che si ritiene che si sia instaurato un regime di flusso permanente (dopo saturazione dei terreni), fino a fine curva.

Applicando la formula ai dati rilevati si ottengono i seguenti risultati.

N° prova	Tipo di prova	Tratto di prova	k (cm/sec)	Drenaggio
S1k1	Lefranc carico variabile	da 4.0 a 5.0 m	1.84E-05	POVERO
S2k2	Lefranc carico variabile	da 10.5 a 11.5 m	7.54E-06	POVERO

3.1.2 - Penetrometria statica CPT

La penetrometria statica CPT consiste nell'infissione nel terreno di una punta, montata su una batteria di aste cave, mediante un pistone idraulico che spinge alla velocità costante di 20 mm/s (± 5

mm/s). Con l'infissione si misura la resistenza alla penetrazione della punta (resistenza alla punta Q_c) e del manicotto di attrito (resistenza laterale F_s) di cui è corredata.

Nel caso in esame le prove sono state eseguite con penetrometro statico-dinamico PAGANI TG 63/200, impiegato in configurazione statica e punta meccanica di tipo "Begemann", con le seguenti caratteristiche:



Figura 5 INDAGINE PENETROMETRICA CPT1 ESEGUITA SUL SITO



Figura 6 INDAGINE PENETROMETRICA CPT2 ESEGUITA SUL SITO

- lettura delle pressioni di picco tramite cella di carico digitale
- ancoraggio al terreno per mezzo di aste elicoidali

- spinta max in infissione di 200 KN

Punta conica

- Angolo al vertice 60°
- Diametro 35.7 mm
- Sezione 10 cm²

Manicotto di frizione

- Diametro 35.7 mm
- Lunghezza 133 mm
- Superficie 150 cm²



Figura 7 INDAGINE PENETROMETRICA CPT3 ESEGUITA SUL SITO

Negli allegati fuori testo (tabelle e diagrammi delle prove) sono riportati i valori della resistenza alla punta (Q_c), della resistenza laterale (F_s) necessari all'infissione di 20 cm dello strumento nel terreno. Fatte le dovute correlazioni di tipo empirico, è possibile ricavare una stima di massima dei principali parametri geomeccanici (angolo di attrito, densità relativa, coefficiente di compressibilità, ecc.) nonché un'indicazione della stratigrafia basata sul rapporto di Begemann (Q_c/F_s).

Per quanto riguarda la conversione dei valori di resistenza alla penetrazione dinamica nei corrispondenti valori di Standard Penetration Test (SPT) la relazione tra i due valori è generalmente regolata da rapporti empirici basati sullo studio di esperienze pratiche (funzione della litologia e del rendimento dello strumento).

3.1.3- Penetrometria dinamica DPSH

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari. Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

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

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno. Nel caso in esame le prove sono state eseguite con penetrometro statico-dinamico Pagani, impiegato in configurazione dinamica e punta conica, con le seguenti caratteristiche:

- Peso della massa battente 63.5 kg
- Altezza di caduta libera 75 cm
- Avanzamento della punta 20 cm

Punta conica

- Angolo al vertice 60°
- Diametro 50.50 mm
- Sezione 20.00 cm²

Aste di infissione

- Diametro 32 mm
- Lunghezza 100 mm
- Peso per metro 8 kg

Negli allegati fuori testo (tabelle e diagrammi delle prove) sono riportati i valori del numero di colpi (N) necessari all’infissione di 20 cm dello strumento nel terreno in modo continuo, fornendo delle indicazioni sui parametri geotecnici in funzione della resistenza che il terreno stesso offre alla penetrazione.



Figura 8 INDAGINE PENETROMETRICA DPSH1 ESEGUITA SUL SITO

Per quanto riguarda la conversione dei valori di resistenza alla penetrazione dinamica nei corrispondenti valori di Standard Penetration Test (SPT) la relazione tra i due valori è generalmente regolata da rapporti empirici basati sullo studio di esperienze pratiche (funzione della litologia e del rendimento dello strumento).

3.1.4 – Prospezioni sismiche in foro (Down hole)

Il metodo down hole prevede la sistemazione della sorgente in superficie e la misura delle onde d'arrivo in foro. La sonda, contenente il geofono a 3 componenti (una verticale e due orizzontali disposte ortogonalmente tra di loro), si fissa meccanicamente alle pareti del tubo in PVC all'interno del foro di sondaggio.

Tale tubo in PVC viene preventivamente reso solidale con le pareti del foro a mezzo di cementazione con opportune malte introdotte nell'intercapedine tra le pareti del foro e il tubo stesso.

Tale prospezione viene a determinare i parametri elastici del terreno, utilizzando onde S a polarizzazione orizzontale (SH) e onde P, quale componente delle onde trasmesse con una predisposta piastra di battuta ancorata al terreno mediante sovrapposizione di carico adeguato, e consente di qualificare i suoli nella profondità di investigazione e verificare la situazione stratigrafico tecnica con maggiore dettaglio.

L'apparato impiegato nell'indagine è rappresentato da un "geofono" tridimensionale dotato di sensori da 14 Hz, del diametro esterno di mm 44, della lunghezza complessiva di mm 760 della Geostuff, connesso ad un sismografo della SEISMIC SOURCE DAQLINK III.

L'energizzazione è stata prodotta mediante massa battente di Kg 10 in caduta con movimento rotatorio sulla piastra di battuta (Fig. 8). La direzione di impatto è perpendicolare alla direttrice energizzazione/perforo come illustrato nello schema di seguito riportato (Fig. 9).



Figura 9 ESECUZIONE PROSPEZIONI SISMICHE IN FORO

Una preliminare analisi qualitativa dei dati, opportunamente filtrati mediante contrasto del segnale, attenuazione delle interferenze ed analisi di fase, ha permesso di determinare i tempi di arrivo delle onde prime e seconde ai sensori in foro, in corrispondenza delle successive postazioni di prova, programmate ad intervalli di m 1 da bocca foro con la prima rilevazione a 1.00 m di profondità.

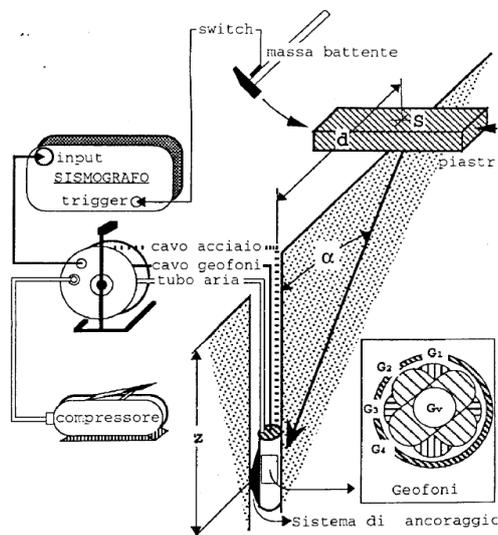


Figura 10 SCHEMA DI ACQUISIZIONE DOWN HOLE

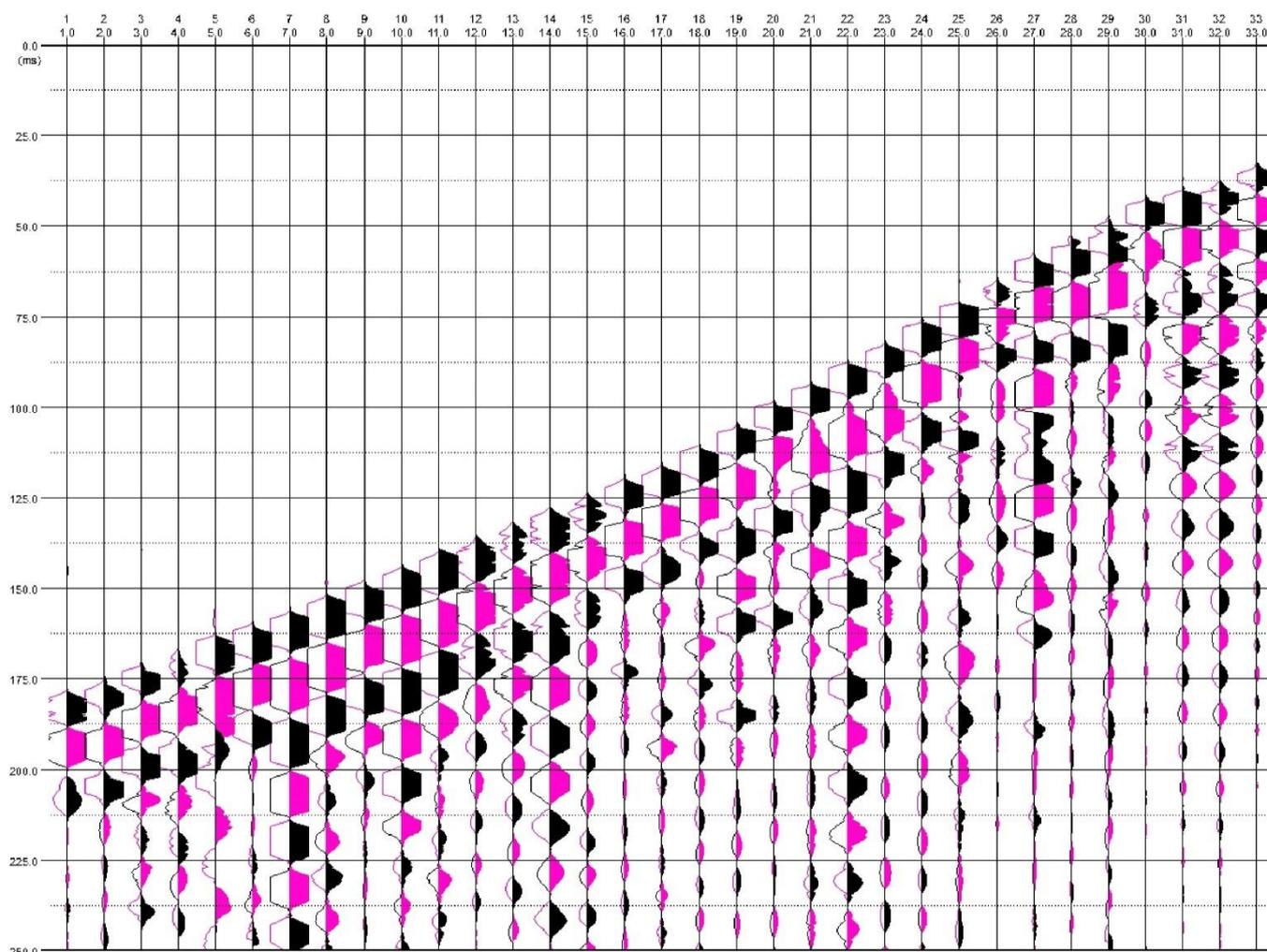


Figura 11 TRACCE ONDE SH REGISTRATE SUL SITO IN ESAME

L'indagine sismica in foro ha fornito, sempre e comunque a discrezione del professionista incaricato, risultati che collocano i terreni oggetto d'indagine in categoria C del D.M. 17 gennaio 2018, valori di $V_{s,30}$ pari a 201 m/s.

4 - MODELLO GEOTECNICO DI SINTESI PER LA PROGETTAZIONE

Dal punto di vista stratigrafico, il quadro messo in luce dalle indagini geognostiche è caratterizzato dalla presenza di alternanze di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi con variazioni verticali ed orizzontali sia per quanto riguarda la granulometria che per quanto riguarda lo stato di addensamento, passanti intorno ai 28.5 m dal piano campagna ad argille e argille limose con livelli di ciottoli e ghiaie.

In dettaglio l'andamento stratigrafico riscontrato è riportato in Tavola 01.

Nel seguente schema sono riassunti i parametri geomeccanici indicativi medi elaborati sulla base di correlazioni esistenti con le indagini eseguite:

DPSH1										
SINTESI GEOTECNICA - PARAMETRI MEDI										
Strato	Profondità		SPT	ϕ	Dr	γ dry	γ sat	mv	Eed	stato di addensamento
N°	da m	a m	N°	°	%	t/mc	t/mc	cmq/kg	kg/cmq	
1	0.00	1.80	2	25.46	9.87	1.37	1.78	0.026	38.70	sciolto
2	1.80	2.60	6	27.66	22.98	1.42	1.84	0.016	61.71	poco addensato
3	2.60	3.40	11	29.99	35.38	1.48	1.90	0.011	88.47	mod. addensato
4	3.40	5.80	7	28.03	25.07	1.43	1.85	0.015	65.84	poco addensato
5	5.80	7.60	10	29.44	32.62	1.47	1.89	0.012	81.86	poco addensato
6	7.60	8.80	14	31.57	42.99	1.53	1.95	0.009	108.26	mod. addensato
7	8.80	10.00	17	32.76	48.25	1.56	1.98	0.008	124.20	mod. addensato

CPT1												
SINTESI GEOTECNICA - PARAMETRI MEDI												
Strato	Profondità		RP	RL	Dr	γ tot	ϕ	Cu	c'	M	Ic	SBTn
N°	da m	a m	kg/cmq	kg/cmq	%	kg/mc	°	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	-	-
1	0.00	1.80	11.38	0.38	-	1698.50	-	0.29	0.03	38.49	2.60	3
2	1.80	2.60	36.75	0.87	54.67	1882.70	30.52	-	-	80.79	2.26	5
3	2.60	3.40	51.00	0.97	60.69	1913.40	31.91	-	-	107.38	2.14	5
4	3.40	5.80	35.00	0.53	44.36	1840.89	29.77	-	-	77.78	2.25	5
5	5.80	7.60	41.56	0.68	43.69	1882.92	29.88	-	-	90.36	2.29	5
6	7.60	8.80	51.67	0.79	46.59	1910.73	30.55	-	-	108.60	2.24	5
7	8.80	11.00	66.18	1.14	50.41	1965.01	31.20	-	-	132.16	2.23	5

CPT2												
SINTESI GEOTECNICA - PARAMETRI MEDI												
Strato	Profondità		RP	RL	Dr	γ tot	ϕ	Cu	c'	M	Ic	SBTn
N°	da m	a m	kg/cmq	kg/cmq	%	kg/mc	°	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	-	-
1	0.00	1.80	24.63	0.82	57.41	1847.57	28.47	-	-	56.57	2.33	5
2	1.80	2.40	37.67	0.91	53.67	1890.66	30.45	-	-	82.69	2.28	5
3	2.40	3.60	56.83	1.04	61.74	1926.50	32.20	-	-	117.11	2.12	5
4	3.60	7.60	34.40	0.64	39.67	1865.69	29.05	-	-	76.55	2.37	5
5	7.60	9.00	52.00	0.83	45.31	1916.05	30.37	-	-	108.99	2.26	5

6	9.00	11.40	60.50	1.12	46.23	1961.02	30.55	-	-	123.29	2.30	5
7	11.40	14.00	51.08	0.92	37.28	1937.29	29.31	-	-	107.56	2.41	5
8	14.00	15.00	48.20	0.92	33.14	1938.57	28.45	-	-	102.54	2.49	5

CPT3												
SINTESI GEOTECNICA - PARAMETRI MEDI												
Strato	Profondità		RP	RL	Dr	γ tot	ϕ	Cu	c'	M	lc	SBTn
N°	da m	a m	kg/cmq	kg/cmq	%	kg/mc	°	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	-	-
1	0.00	2.00	25.44	0.93	57.08	1863.39	25.70	0.78	0.03	58.26	2.36	4
2	2.00	3.60	53.00	1.33	61.38	1950.74	31.78	-	-	110.53	2.21	5
4	3.60	6.00	34.42	0.74	42.05	1878.36	29.21	-	-	76.62	2.37	5
9	6.00	7.00	23.80	0.56	26.99	1838.75	23.53	0.67	0.06	54.80	2.58	4
5	7.00	8.60	41.38	0.77	40.07	1899.69	29.36	-	-	89.97	2.37	5
6	8.60	11.40	58.00	1.03	45.77	1949.66	30.48	-	-	119.22	2.29	5
7	11.40	13.60	50.64	0.98	37.50	1944.03	29.28	-	-	106.82	2.43	5
8	13.60	15.00	53.50	0.74	36.78	1916.03	29.49	-	-	111.76	2.35	5

Per quanto concerne l'andamento geotecnico-parametrico dei terreni posti al di sotto del limite di profondità raggiunto dalle prove DPSH-CPT, si può far riferimento alle risultanze delle prove SPT eseguite nel foro di sondaggio.

Più in particolare, considerando le prove Spt4-5-6-7-8, è possibile individuare n. 2 orizzonti stratigraficamente omogenei Unità 8 (già individuata anche dalle CPT 2-3) e Unità 10, per i quali sono determinati i seguenti parametri:

Unità Litotecnica	Nsptmed	ϕ °	Dr %	γ t/mc	mv
Unità 8 (Spt 4-5-6)	23.6	33-34	50-60	1.95	0.008
Unità 10 (Spt 7-8)	31.5	35-38	65-75	1.95-2.00	0.006-0.007

Al paragrafo successivo viene definita la stratigrafia di sintesi che tiene conto di tutte le indagini eseguite, comprese le analisi di laboratorio su campioni indisturbati. I suddetti sono stati prelevati con fustella Shelby tra 5.00-5.50 m e tra 16.00-16.50 di profondità.

All'esame granulometrico sono risultati essere costituiti rispettivamente da sabbia con limo argilloso e sabbia media grossolana con ghiaia.

Risultato Analisi di Laboratorio - CAMPIONE C1

CARATTERISTICHE FISICHE	TAGLIO DIRETTO	ANALISI GRANULOMETRICA
Umidità naturale 26.9 %	Prova consolidata-lenta	Ghiaia 0 %
Peso di volume 19.1 kN/m³	c' 3.4 kPa	Sabbia 25.5 %
Peso di volume secco 15.1 kN/m³	ϕ ' 30.5	Limo 48.3 %
Peso di volume saturo 19.2 kN/m³		Argilla 13.0 %
Peso specifico 2.68		D 10 mm
Indice dei vuoti 0.743		D 50 mm 0.125201
Porosità 42.6 %		D 60 mm 0.170969
Grado di saturazione 97.0 %		D 90 mm 0.336151
		Passante set. 10 100.0%

		Passante set. 42	99.7%
		Passante set. 200	40.6%
PROVA EDOMETRICA			
σ kPa	E kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec
6.3 ÷ 12.5	2155	---	---
12.5 ÷ 25.0	3378	---	---
25.0 ÷ 50.0	4202	---	---
50.0 ÷ 100.0	6667	---	---
100.0 ÷ 200.0	9050	---	---
200.0 ÷ 400.0	12945	---	---
400.0 ÷ 800.0	21680	---	---
800.0 ÷ 1600.0	23810	---	---

Risultato Analisi di Laboratorio - CAMPIONE C2

CARATTERISTICHE FISICHE	TAGLIO DIRETTO	ANALISI GRANULOMETRICA	
Umidità naturale 14.1 %	Prova consolidata-lenta	Ghiaia 2.0 %	
Peso di volume 20.8 kN/m ³	c' 4.2 kPa	Sabbia 64.3 %	
Peso di volume secco 18.2 kN/m ³	ϕ' 29.5	Limo 18.3 %	
Peso di volume saturo 21.3 kN/m ³		Argilla 15.4 %	
Peso specifico 2.70		D 10 mm	
Indice dei vuoti 0.455		D 50 mm 0.191151	
Porosità 31.3 %		D 60 mm 0.244043	
Grado di saturazione 83.7 %		D 90 mm 0.396226	
		Passante set. 10	98.0%
		Passante set. 42	93.7%
		Passante set. 200	34.8%
PROVA EDOMETRICA			
σ kPa	E kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec
6.3 ÷ 12.5	3571	---	---
12.5 ÷ 25.0	3165	---	---
25.0 ÷ 50.0	3846	---	---
50.0 ÷ 100.0	5556	---	---
100.0 ÷ 200.0	8000	---	---
200.0 ÷ 400.0	18182	---	---
400.0 ÷ 800.0	26667	---	---
800.0 ÷ 1600.0	38005	---	---

4.1 - Parametri caratteristici

Per quanto riguarda i Valori Caratteristici, nel Paragrafo 6.2.2 del D.M. 17.01.2018 si ritrova la seguente definizione: "Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato".

La definizione del D.M. 2018 riprende di fatto quella del D.M. 2008 e quindi dell'Eurocodice 7, ma non offre metodi operativi per la loro determinazione.

La Circolare 617/2008 (afferente al D.M. 2008), nel paragrafo C 6.2.2 riprende la definizione del valore caratteristico data dal D.M. 2008, facendo esplicito riferimento agli Eurocodici ...” *nella progettazione geotecnica, in coerenza con gli Eurocodici, la scelta dei valori caratteristici dei parametri deriva da una stima cautelativa, effettuata dal progettista, del valore del parametro appropriato per lo stato limite considerato*”.

Ciò indica che la valutazione dei parametri caratteristici va eseguita alla luce delle indicazioni dell'Eurocodice 7 e si specifica che la stima cautelativa va condotta sul parametro più appropriato per lo stato limite preso in considerazione.

Nel paragrafo C 6.2.2 della Circolare, inoltre, viene chiarito, cosa si intende nella pratica per valore caratteristico di un parametro geotecnico: ... “*Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità. La scelta di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici può essere dettata anche solo dalle caratteristiche dei terreni ... Una migliore approssimazione nella valutazione dei valori caratteristici può essere ottenuta operando le opportune medie dei valori dei parametri geotecnici nell'ambito di piccoli volumi di terreno, quando questi assumano importanza per lo stato limite considerato.*”

Le opere che coinvolgono grandi volumi di terreno sono quelle che inducono variazioni tensionali all'interno di una porzione sufficientemente elevata di sottosuolo da dare origine a una compensazione delle resistenze. Si parla in questo caso di RESISTENZE COMPENSATE: le zone di terreno a resistenza minima e massima vengono sollecitate contemporaneamente e quello che emerge è un comportamento meccanico intermedio fra i due estremi. Per questo motivo i valori caratteristici dei parametri geotecnici dovranno corrispondere ad una stima cautelativa del valore medio misurato (Di Bernardo, 2009).

Rientrano in questa categoria (Aiello, 2010):

- terreno di sedime di fondazioni superficiali di grande estensione (platee) o di dimensione ridotta (plinti e travi) ma collegate rigidamente fra loro, in modo da consentire il trasferimento delle azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti;
- pali per la portata laterale;
- pendii naturali e fronti di scavo di elevata estensione;
- opere di contenimento di notevole altezza.

Nel caso di opere che coinvolgono modesti volumi di terreno a essere sollecitate sono piccole porzioni di terreno in cui prevalgono le resistenze locali. Si parla, quindi, di RESISTENZE NON COMPENSATE e il valore caratteristico andrà selezionato prendendo come riferimento un valore prossimo al minimo misurato.

Rientrano in questa categoria (Aiello, 2010):

- terreno di base di un palo;
- verifica a scorrimento di un muro;
- plinti e travi non collegati;
- fronti di scavo di modesta ampiezza e muri di altezza contenuta;
- strutture con insufficiente rigidità.

In pratica, le Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici suggeriscono che la determinazione del valore caratteristico è basata sul giudizio del geotecnico, così come quella operativa o di progetto. Nelle valutazioni che il geotecnico deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato, secondo il CSLP, il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando, come già detto, nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, mentre si può fare riferimento ai valori minimi nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno.

In conclusione, pertanto, tenendo ferme le definizioni riportate, per modesti lavori va bene quanto suggerito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici; per lavori rilevanti e di grande impatto sul terreno, è opportuno utilizzare il metodo suggerito dall'Eurocodice 7 (Aiello, 2010). Nell'Eurocodice 7 la scelta del valore caratteristico deve partire da una stima della media spaziale. Lo stesso Eurocodice 7 chiarisce che, partendo dal fatto che molti stati limite dipendono dalla variabilità e dal valore medio del terreno nel volume di interesse, si potrà scegliere di avere una probabilità del 5% che un valore peggiore governi il comportamento del materiale in sito o, in un'ottica molto meno pessimistica, scegliere una semplice stima cautelativa del valore medio spaziale.

In generale quando il campo di variabilità dei dati ottenuti dalle prove è ristretto, quando cioè non si ha una sistematica variazione dei risultati a seconda della posizione dei campioni analizzati nell'area del progetto e con la profondità, e quindi le variazioni possono essere trattate come casuali, potrà essere accettabile adottare un valore cautelativo medio spaziale (associabile ad un Intervallo di confidenza al 95% della media del campione).

Dove, invece, il campo di variazione dei valori ottenuti dalle prove di laboratorio e in sito è ampio, è necessario adottare un valore caratteristico più pessimistico (in riferimento ad una distribuzione statistica tale probabilità può essere associata al frattile 5% della distribuzione normale della popolazione).

Tanto premesso i valori caratteristici, sono stati determinati con relazioni riportate e riassunte nell'Allegato fuori testo (Allegato 1) in base alle seguenti fonti di letteratura:

- EUROCODICE 7
- Frank, R., Bauduin, C., Driscoll, R., Kavvas, M., Krebs Ovesen, N., Orr, T., Schuppener, B.: Designers' guide to EN 1997-1, Eurocode 7: geotechnical design-general rules, 2004, Thomas Telford Ltd (series editor Gulvanessian)
- Bond, A., Harris, A., Decoding Eurocode 7, Taylor and Francis, 2008

Si fa presente che il valore della covarianza esprime una misura della affidabilità della tendenza centrale di una serie di dati o, in maniera equivalente, della dispersione della componente fluttuante rispetto al valore medio del trend. Minore è il valore del COV, minore la dispersione dei dati. Dalla

Letteratura (Vannucchi, Uzielli, 2004) risulta che valori del COV inferiori al 10% possano essere considerati “bassi”, valori compresi tra 10% e 30% “medi” e valori superiori al 30% “alti”.

Nella determinazione dei parametri caratteristici si è inoltre tenuto conto della numerosità dei dati del dataset analizzato (rispetto ad una soglia calcolata statisticamente), adottando a seconda del caso una procedura con coefficiente di variazione non determinato oppure noto da letteratura per ciascuna grandezza considerata.

Si mette in risalto infine che, nella maggior parte dei casi, ad esclusione di quanto indicato nella letteratura specializzata i valori caratteristici da utilizzare nelle verifiche sono i valori inferiori (lower bound).

Si pone inoltre in evidenza che i valori caratteristici superiori (upper bound), come prescritto dalla norma prEN 1990 (Eurocodice 0) e rilevato da Gulvanessian et al., 2002 (Designer’s guide to EN 1990), vanno usati nelle verifiche nelle condizioni in cui il loro utilizzo risulti in un effetto sfavorevole rispetto all’utilizzo dei valori caratteristici inferiori. Alcuni casi particolari nei quali gli effetti possono risultare sfavorevoli adottando il valore caratteristico superiore sono l’attrito negativo nei pali (Φ), i cedimenti differenziali (moduli elastici e di comprimibilità), la stabilità dei fronti di scavo, rilevati e versanti (γ), come rilevato da Frank et al., 2004 (Designer’s guide to Eurocode 7).

Di seguito vengono riportate le tabelle contenenti i dati statistici e le elaborazioni eseguite per ciascun parametro considerato:

DPSH1														
Gulvanessian et al. (Telford 2002)														
PHI								Vx $\phi = 10\%$			IC 95% media		5% frattile	
da m	a m	Media	DevST	n°dati	COV	Max	Min	t(n-1)	z _{0.05}	Soglia	Xk _{mean} ⁻	Xk _{mean} ⁺	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁺
0.00	1.80	25.46	0.36	9	1.42%	26.10	25.28	1.86	1.64	0.14	25.24	25.69	24.75	26.17
1.80	2.60	27.66	0.62	4	2.23%	28.41	26.90	2.35	1.64	0.37	26.93	28.39	26.03	29.28
2.60	3.40	29.99	0.66	4	2.19%	30.50	29.13	2.35	1.64	0.39	29.22	30.76	28.26	31.71
3.40	5.80	28.03	0.60	12	2.15%	28.41	26.90	1.80	1.64	0.35	27.72	28.34	26.91	29.16
5.80	7.60	29.44	0.37	9	1.25%	29.83	29.13	1.86	1.64	0.12	29.21	29.67	28.72	30.16
7.60	8.80	31.57	0.33	6	1.03%	31.78	31.15	2.02	1.64	0.09	31.31	31.84	30.86	32.28
8.80	10.00	32.76	0.54	6	1.66%	33.30	32.12	2.02	1.64	0.24	32.32	33.21	31.58	33.95
γ dry								Vx $\gamma = 5\%$			IC 95% media		5% frattile	
da m	a m	Media	DevST	n°dati	COV	Max	Min	t(n-1)	z _{0.05}	Soglia	Xk _{mean} ⁻	Xk _{mean} ⁺	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁺
0.00	1.80	1.37	0.01	9	0.64%	1.39	1.37	1.86	1.64	0.00	1.36	1.38	1.35	1.39
1.80	2.60	1.42	0.02	4	1.10%	1.44	1.41	2.35	1.64	0.00	1.41	1.44	1.38	1.47
2.60	3.40	1.48	0.02	4	1.16%	1.50	1.46	2.35	1.64	0.01	1.46	1.51	1.44	1.53
3.40	5.80	1.43	0.02	12	1.06%	1.44	1.41	1.80	1.64	0.00	1.43	1.44	1.41	1.46
5.80	7.60	1.47	0.01	9	0.65%	1.48	1.46	1.86	1.64	0.00	1.46	1.48	1.45	1.49
7.60	8.80	1.53	0.01	6	0.58%	1.53	1.52	2.02	1.64	0.00	1.52	1.53	1.51	1.55
8.80	10.00	1.56	0.02	6	0.97%	1.58	1.54	2.02	1.64	0.00	1.55	1.57	1.53	1.59
γ sat								Vx $\gamma = 5\%$			IC 95% media		5% frattile	
da m	a m	Media	DevST	n°dati	COV	Max	Min	t(n-1)	z _{0.05}	Soglia	Xk _{mean} ⁻	Xk _{mean} ⁺	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁺
0.00	1.80	1.78	0.01	9	0.55%	1.80	1.78	1.86	1.64	0.00	1.78	1.79	1.76	1.80

1.80	2.60	1.84	0.02	4	0.90%	1.86	1.82	2.35	1.64	0.00	1.82	1.86	1.80	1.89
2.60	3.40	1.90	0.02	4	0.90%	1.92	1.88	2.35	1.64	0.00	1.88	1.92	1.86	1.95
3.40	5.80	1.85	0.02	12	0.87%	1.86	1.82	1.80	1.64	0.00	1.84	1.86	1.82	1.88
5.80	7.60	1.89	0.01	9	0.51%	1.90	1.88	1.86	1.64	0.00	1.88	1.90	1.87	1.91
7.60	8.80	1.95	0.01	6	0.43%	1.95	1.93	2.02	1.64	0.00	1.94	1.95	1.93	1.96
8.80	10.00	1.98	0.01	6	0.69%	1.99	1.96	2.02	1.64	0.00	1.96	1.99	1.95	2.00
mv								Vx mv = 30%			IC 95% media		5% frattile	
da m	a m	Media	DevST	n°dati	COV	Max	Min	t(n-1)	Z _{0.05}	Soglia	Xk _{mean} ⁻	Xk _{mean} ⁺	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁺
0.00	1.80	0.026	0.00	9	8.45%	0.027	0.014	1.86	1.64	0.01	0.025	0.027	0.022	0.030
1.80	2.60	0.016	0.00	4	11.08%	0.019	0.014	2.35	1.64	0.01	0.014	0.018	0.012	0.021
2.60	3.40	0.011	0.00	4	9.27%	0.013	0.011	2.35	1.64	0.00	0.010	0.013	0.009	0.014
3.40	5.80	0.015	0.00	12	11.28%	0.019	0.014	1.80	1.64	0.01	0.014	0.016	0.012	0.019
5.80	7.60	0.012	0.00	9	5.23%	0.013	0.012	1.86	1.64	0.00	0.012	0.013	0.011	0.014
7.60	8.80	0.009	0.00	6	4.00%	0.010	0.009	2.02	1.64	0.00	0.009	0.010	0.008	0.010
8.80	10.00	0.008	0.00	6	6.11%	0.009	0.008	2.02	1.64	0.00	0.008	0.008	0.007	0.009
Eed								Vx Eed = 30%			IC 95% media		5% frattile	
da m	a m	Media	DevST	n°dati	COV	Max	Min	t(n-1)	Z _{0.05}	Soglia	Xk _{mean} ⁻	Xk _{mean} ⁺	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁺
0.00	1.80	38.70	3.66	9	9.46%	45.16	36.86	1.86	1.64	9.37	32.34	45.07	18.57	58.84
1.80	2.60	61.71	6.74	4	10.93%	69.97	53.45	2.35	1.64	19.95	46.49	76.94	27.67	95.76
2.60	3.40	88.47	7.86	4	8.88%	94.63	78.21	2.35	1.64	18.90	66.64	110.30	39.66	137.28
3.40	5.80	65.84	6.59	12	10.01%	69.97	53.45	1.80	1.64	17.84	56.46	75.22	32.02	99.66
5.80	7.60	81.86	4.33	9	5.29%	86.42	78.21	1.86	1.64	6.20	79.17	84.54	73.37	90.35
7.60	8.80	108.26	4.22	6	3.90%	110.98	102.81	2.02	1.64	4.45	104.79	111.73	99.08	117.44
8.80	10.00	124.20	7.46	6	6.01%	131.65	115.39	2.02	1.64	12.13	99.18	149.22	58.00	190.40

CPT1														
Gulvanessian et al. (Telford 2002)														
PHI								Vx φ = 10%			IC 95% media		5% frattile	
da m	a m	Media	DevST	n° dati	COV	Max	Min	t(n-1)	Z _{0.05}	Soglia	Xk _{mean} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁺
0.00	1.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.80	2.60	30.52	1.05	4	3.43%	31.64	29.33	2.35	1.64	0.97	29.29	31.76	27.77	33.28
2.60	3.40	31.91	0.41	4	1.29%	32.29	31.32	2.35	1.64	0.14	31.42	32.40	30.82	33.00
3.40	5.80	29.77	0.31	12	1.05%	30.49	29.34	1.80	1.64	0.09	29.60	29.93	29.18	30.35
5.80	7.60	29.88	0.39	9	1.31%	30.32	29.15	1.86	1.64	0.14	29.63	30.12	29.11	30.64
7.60	8.80	30.55	0.16	6	0.52%	30.79	30.34	2.02	1.64	0.02	30.42	30.68	30.21	30.90
8.80	11.00	31.20	0.18	11	0.59%	31.52	30.93	1.81	1.64	0.03	31.10	31.30	30.85	31.55
Cu								Vx Cu = 30%			IC 95% media		5% frattile	
da m	a m	Media	DevST	n° dati	COV	Max	Min	t(n-1)	Z _{0.05}	Soglia	Xk _{mean} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁺
0.00	1.80	0.29	0.08	6	26.33%	0.40	0.20	2.02	1.64	0.55	0.23	0.36	0.13	0.46
1.80	2.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.60	3.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.40	5.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.80	7.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.60	8.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.80	11.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

GAMMA								Vx $\gamma = 5\%$			IC 95% media		5% frattile	
da m	a m	Media	DevST	n° dati	COV	Max	Min	t(n-1)	z _{0.05}	Soglia	Xk _{mean} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁺
0.00	1.80	1698.50	87.68	8	5.16%	1810.69	1537.87	1.89	1.64	122.48	1649.11	1747.89	1550.34	1846.66
1.80	2.60	1882.70	34.05	4	1.81%	1920.07	1841.74	2.35	1.64	16.67	1805.29	1960.12	1709.59	2055.82
2.60	3.40	1913.40	23.04	4	1.20%	1931.87	1881.27	2.35	1.64	7.51	1834.72	1992.08	1737.47	2089.34
3.40	5.80	1840.89	10.42	12	0.57%	1857.07	1824.42	1.80	1.64	1.60	1835.48	1846.29	1821.40	1860.37
5.80	7.60	1882.92	11.02	9	0.59%	1900.64	1865.98	1.86	1.64	1.74	1876.09	1889.75	1861.33	1904.51
7.60	8.80	1910.73	13.60	6	0.71%	1925.84	1889.39	2.02	1.64	2.62	1899.54	1921.92	1881.12	1940.34
8.80	11.00	1965.01	11.63	11	0.59%	1979.11	1937.47	1.81	1.64	1.86	1958.66	1971.37	1943.00	1987.02
c'								Vx c' = 30%			IC 95% media		5% frattile	
da m	a m	Media	DevST	n° dati	COV	Max	Min	t(n-1)	z _{0.05}	Soglia	Xk _{mean} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁺
0.00	1.80	0.03	0.00	6	12.83%	0.04	0.03	2.02	1.64	0.01	0.03	0.03	0.02	0.04
1.80	2.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.60	3.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.40	5.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.80	7.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.60	8.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.80	11.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M								Vx M = 30%			IC 95% media		5% frattile	
da m	a m	Media	DevST	n° dati	COV	Max	Min	t(n-1)	z _{0.05}	Soglia	Xk _{mean} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁺
0.00	1.80	38.49	13.70	8	35.59%	55.25	16.39	1.89	1.64	131.96	31.78	45.21	18.35	58.64
1.80	2.60	80.79	17.39	4	21.53%	100.40	61.58	2.35	1.64	101.33	60.86	100.72	36.22	125.36
2.60	3.40	107.38	7.46	4	6.95%	114.31	96.78	2.35	1.64	14.04	80.88	133.87	48.14	166.62
3.40	5.80	77.78	3.77	12	4.85%	83.65	69.80	1.80	1.64	4.94	75.82	79.73	70.73	84.82
5.80	7.60	90.36	4.81	9	5.32%	96.78	81.71	1.86	1.64	6.93	87.38	93.35	80.93	99.79
7.60	8.80	108.60	3.85	6	3.54%	115.99	105.73	2.02	1.64	3.69	105.43	111.76	100.23	116.97
8.80	11.00	132.16	4.25	11	3.21%	137.91	124.14	1.81	1.64	3.69	129.84	134.48	124.12	140.20
E								Vx E = 30%			IC 95% media		5% frattile	
da m	a m	Media	DevST	n° dati	COV	Max	Min	t(n-1)	z _{0.05}	Soglia	Xk _{mean} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁺
0.00	1.80	38.81	13.17	4	33.93%	54.00	24.75	2.35	1.64	120.89	29.24	48.39	17.40	60.23
1.80	2.60	82.69	20.16	4	24.38%	105.75	60.75	2.35	1.64	132.95	62.29	103.09	37.07	128.31
2.60	3.40	114.75	9.55	4	8.32%	123.75	101.25	2.35	1.64	21.49	86.44	143.06	51.44	178.06
3.40	5.80	78.75	4.29	12	5.45%	85.50	69.75	1.80	1.64	6.33	76.53	80.97	70.73	86.77
5.80	7.60	93.50	5.75	9	6.15%	101.25	83.25	1.86	1.64	9.56	78.12	108.88	44.87	142.13
7.60	8.80	116.25	5.06	6	4.36%	126.00	112.50	2.02	1.64	5.97	112.08	120.42	105.23	127.27
8.80	11.00	148.91	6.27	11	4.21%	157.50	137.25	1.81	1.64	7.14	145.48	152.34	137.04	160.78

CPT2														
Gulvanessian et al. (Telford 2002)														
PHI								Vx $\phi = 10\%$			IC 95% media		5% frattile	
da m	a m	Media	DevST	n° dati	COV	Max	Min	t(n-1)	z _{0.05}	Soglia	Xk _{mean} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁺
0.00	1.80	28.47	3.52	8	12.36%	32.50	22.67	1.89	1.64	11.76	26.82	30.13	23.50	33.44
1.80	2.40	30.45	0.94	3	3.09%	31.38	29.50	2.92	1.64	0.79	28.86	32.04	27.27	33.63
2.40	3.60	32.20	0.61	6	1.91%	32.82	31.27	2.02	1.64	0.32	31.69	32.70	30.86	33.53
3.60	7.60	29.05	0.54	20	1.86%	30.40	28.34	1.73	1.64	0.27	28.84	29.25	28.09	30.00

7.60	9.00	30.37	0.41	7	1.34%	30.79	29.81	1.94	1.64	0.15	30.08	30.67	29.53	31.22
9.00	11.40	30.55	0.37	12	1.20%	31.07	30.05	1.80	1.64	0.12	30.36	30.74	29.87	31.24
11.40	14.00	29.31	0.20	13	0.67%	29.67	29.04	1.78	1.64	0.04	29.22	29.41	28.95	29.67
14.00	15.00	28.45	0.56	5	1.96%	28.89	27.84	2.13	1.64	0.30	27.92	28.99	27.15	29.76
Cu								Vx Cu = 30%			IC 95% media		5% frattile	
da m	a m	Media	DevST	n° dati	COV	Max	Min	t(n-1)	Z _{0.05}	Soglia	Xk _{mean} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁺
0.00	1.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.80	2.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.40	3.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.60	7.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.60	9.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.00	11.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.40	14.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14.00	15.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GAMMA								Vx γ = 5%			IC 95% media		5% frattile	
da m	a m	Media	DevST	n° dati	COV	Max	Min	t(n-1)	Z _{0.05}	Soglia	Xk _{mean} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁺
0.00	1.80	1847.57	16.43	8	0.89%	1867.38	1824.77	1.89	1.64	3.95	1836.57	1858.57	1814.56	1880.58
1.80	2.40	1890.66	26.13	3	1.38%	1918.80	1867.16	2.92	1.64	9.77	1800.88	1980.43	1711.11	2070.21
2.40	3.60	1926.50	21.57	6	1.12%	1940.63	1884.51	2.02	1.64	6.53	1861.81	1991.18	1755.36	2097.63
3.60	7.60	1865.69	11.48	20	0.62%	1892.49	1850.43	1.73	1.64	1.91	1861.25	1870.13	1845.34	1886.03
7.60	9.00	1916.05	25.07	7	1.31%	1944.95	1873.71	1.94	1.64	8.88	1856.49	1975.61	1747.59	2084.51
9.00	11.40	1961.02	9.24	12	0.47%	1976.29	1946.86	1.80	1.64	1.18	1956.22	1965.81	1943.74	1978.30
11.40	14.00	1937.29	10.33	13	0.53%	1954.48	1918.92	1.78	1.64	1.49	1932.19	1942.40	1918.19	1956.39
14.00	15.00	1938.57	10.23	5	0.53%	1955.84	1932.01	2.13	1.64	1.46	1928.81	1948.32	1914.67	1962.47
c'								Vx c' = 30%			IC 95% media		5% frattile	
da m	a m	Media	DevST	n° dati	COV	Max	Min	t(n-1)	Z _{0.05}	Soglia	Xk _{mean} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁺
0.00	1.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.80	2.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.40	3.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.60	7.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.60	9.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.00	11.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.40	14.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14.00	15.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M								Vx M = 30%			IC 95% media		5% frattile	
da m	a m	Media	DevST	n° dati	COV	Max	Min	t(n-1)	Z _{0.05}	Soglia	Xk _{mean} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁺
0.00	1.80	56.57	3.39	8	6.00%	61.58	50.97	1.89	1.64	5.50	54.29	58.84	49.75	63.38
1.80	2.40	82.69	15.44	3	18.67%	98.60	67.77	2.92	1.64	77.99	59.13	106.25	35.57	129.81
2.40	3.60	117.11	10.95	6	9.35%	128.86	100.40	2.02	1.64	27.70	93.52	140.71	54.69	179.54
3.60	7.60	76.55	6.24	20	8.15%	87.47	65.72	1.73	1.64	13.76	74.13	78.96	65.49	87.60
7.60	9.00	108.99	10.22	7	9.38%	120.92	94.95	1.94	1.64	25.95	88.66	129.32	51.50	166.49
9.00	11.40	123.29	4.63	12	3.76%	131.94	117.65	1.80	1.64	4.71	120.89	125.69	114.63	131.95
11.40	14.00	107.56	4.44	13	4.13%	115.99	102.19	1.78	1.64	4.96	105.37	109.76	99.35	115.77
14.00	15.00	102.54	1.95	5	1.90%	103.97	100.40	2.13	1.64	1.01	100.68	104.40	97.98	107.10
E								Vx E = 30%			IC 95% media		5% frattile	

da m	a m	Media	DevST	n° dati	COV	Max	Min	t(n-1)	z _{0.05}	Soglia	Xk _{mean} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁺
0.00	1.80	55.41	3.60	8	6.49%	60.75	49.50	1.89	1.64	6.31	53.00	57.81	48.18	62.63
1.80	2.40	84.75	18.05	3	21.29%	103.50	67.50	2.92	1.64	103.99	60.60	108.90	36.46	133.04
2.40	3.60	127.88	14.75	6	11.53%	144.00	105.75	2.02	1.64	46.03	102.11	153.64	59.72	196.03
3.60	7.60	77.40	7.09	20	9.16%	90.00	65.25	1.73	1.64	17.59	74.66	80.14	64.83	89.97
7.60	9.00	117.00	13.25	7	11.32%	132.75	99.00	1.94	1.64	40.59	95.18	138.82	55.28	178.72
9.00	11.40	136.13	6.54	12	4.81%	148.50	128.25	1.80	1.64	8.51	132.73	139.52	123.90	148.35
11.40	14.00	114.92	5.77	13	5.02%	126.00	108.00	1.78	1.64	7.84	112.07	117.78	104.25	125.60
14.00	15.00	108.45	2.46	5	2.27%	110.25	105.75	2.13	1.64	1.52	106.10	110.80	102.69	114.21

CPT3														
Gulvanessian et al. (Telford 2002)														
PHI								Vx φ = 10%			IC 95% media		5% frattile	
da m	a m	Media	DevST	n° dati	COV	Max	Min	t(n-1)	z _{0.05}	Soglia	Xk _{mean} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁺
0.00	2.00	25.70	4.03	9	15.68%	32.25	21.87	1.86	1.64	17.11	24.29	27.11	21.25	30.16
2.00	3.60	31.78	0.74	8	2.33%	32.69	30.78	1.89	1.64	0.47	31.28	32.27	30.29	33.27
3.60	6.00	29.21	0.33	12	1.12%	29.82	28.73	1.80	1.64	0.10	29.04	29.38	28.60	29.83
6.00	7.00	23.53	0.54	5	2.30%	24.09	22.80	2.13	1.64	0.34	23.01	24.04	22.26	24.79
7.00	8.60	29.36	0.35	8	1.18%	30.02	28.98	1.89	1.64	0.11	29.13	29.59	28.67	30.05
8.60	11.40	30.48	0.29	15	0.94%	30.77	29.93	1.76	1.64	0.07	30.35	30.61	29.96	31.00
11.40	13.60	29.28	0.21	11	0.71%	29.60	29.07	1.81	1.64	0.04	29.17	29.40	28.89	29.68
13.60	15.00	29.49	0.26	8	0.89%	29.73	28.95	1.89	1.64	0.06	29.31	29.66	28.96	30.01
Cu								Vx Cu = 30%			IC 95% media		5% frattile	
da m	a m	Media	DevST	n° dati	COV	Max	Min	t(n-1)	z _{0.05}	Soglia	Xk _{mean} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁺
0.00	2.00	0.78	0.07	6	9.14%	0.90	0.70	2.02	1.64	0.18	0.72	0.84	0.62	0.93
2.00	3.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.60	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.00	7.00	0.67	0.07	5	10.61%	0.74	0.57	2.13	1.64	0.20	0.60	0.74	0.50	0.84
7.00	8.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.60	11.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.40	13.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13.60	15.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GAMMA								Vx γ = 5%			IC 95% media		5% frattile	
da m	a m	Media	DevST	n° dati	COV	Max	Min	t(n-1)	z _{0.05}	Soglia	Xk _{mean} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁺
0.00	2.00	1863.39	21.50	9	1.15%	1899.65	1822.24	1.86	1.64	6.72	1850.06	1876.72	1821.24	1905.54
2.00	3.60	1950.74	18.83	8	0.97%	1971.97	1918.89	1.89	1.64	4.92	1938.13	1963.35	1912.91	1988.58
3.60	6.00	1878.36	20.94	12	1.11%	1920.76	1845.09	1.80	1.64	6.31	1867.50	1889.21	1839.22	1917.49
6.00	7.00	1838.75	25.11	5	1.37%	1864.86	1801.83	2.13	1.64	9.28	1771.12	1906.38	1673.09	2004.41
7.00	8.60	1899.69	15.98	8	0.84%	1921.80	1866.82	1.89	1.64	3.64	1888.98	1910.39	1867.58	1931.80
8.60	11.40	1949.66	13.91	15	0.71%	1969.98	1921.80	1.76	1.64	2.69	1943.34	1955.99	1924.36	1974.97
11.40	13.60	1944.03	9.90	11	0.51%	1956.93	1929.86	1.81	1.64	1.36	1938.62	1949.44	1925.29	1962.77
13.60	15.00	1916.03	11.12	8	0.58%	1933.61	1904.43	1.89	1.64	1.75	1908.59	1923.48	1893.70	1938.37
c'								Vx c' = 30%			IC 95% media		5% frattile	
da m	a m	Media	DevST	n° dati	COV	Max	Min	t(n-1)	z _{0.05}	Soglia	Xk _{mean} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁺
0.00	2.00	0.03	0.00	6	9.02%	0.04	0.03	2.02	1.64	0.01	0.03	0.04	0.03	0.04

2.00	3.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.60	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.00	7.00	0.06	0.02	5	28.23%	0.08	0.04	2.13	1.64	0.12	0.04	0.07	0.02	0.10
7.00	8.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.60	11.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.40	13.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13.60	15.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M								Vx M = 30%			IC 95% media		5% frattile	
da m	a m	Media	DevST	n° dati	COV	Max	Min	t(n-1)	z _{0.05}	Soglia	Xk _{mean} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁺
0.00	2.00	58.26	5.94	9	10.20%	69.80	48.80	1.86	1.64	16.41	48.68	67.85	27.96	88.57
2.00	3.60	110.53	13.54	8	12.25%	127.30	87.47	1.89	1.64	44.90	91.25	129.82	52.68	168.39
3.60	6.00	76.62	4.08	12	5.32%	83.65	71.82	1.80	1.64	5.88	74.51	78.73	69.00	84.24
6.00	7.00	54.80	4.62	5	8.44%	59.48	48.80	2.13	1.64	10.55	42.71	66.90	25.18	84.42
7.00	8.60	89.97	7.35	8	8.17%	103.97	81.71	1.89	1.64	16.25	74.27	105.66	42.88	137.05
8.60	11.40	119.22	5.36	15	4.49%	124.14	103.97	1.76	1.64	6.52	116.79	121.66	109.48	128.97
11.40	13.60	106.82	2.74	11	2.56%	110.92	102.19	1.81	1.64	1.90	105.33	108.32	101.64	112.00
13.60	15.00	111.76	3.04	8	2.72%	114.31	105.73	1.89	1.64	2.24	109.72	113.79	105.65	117.87
E								Vx E = 30%			IC 95% media		5% frattile	
da m	a m	Media	DevST	n° dati	COV	Max	Min	t(n-1)	z _{0.05}	Soglia	Xk _{mean} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁻	Xk _{low} ⁺
0.00	2.00	57.25	6.38	9	11.14%	69.75	47.25	1.86	1.64	19.21	47.83	66.67	27.47	87.03
2.00	3.60	119.25	17.68	8	14.82%	141.75	90.00	1.89	1.64	70.90	98.45	140.05	56.84	181.66
3.60	6.00	77.44	4.65	12	6.00%	85.50	72.00	1.80	1.64	7.55	75.03	79.85	68.75	86.12
6.00	7.00	56.25	3.90	3	6.93%	58.50	51.75	2.92	1.64	7.31	40.22	72.28	24.20	88.30
7.00	8.60	93.09	8.91	8	9.58%	110.25	83.25	1.89	1.64	23.10	76.85	109.34	44.37	141.82
8.60	11.40	130.50	7.22	15	5.53%	137.25	110.25	1.76	1.64	10.80	127.22	133.78	117.37	143.63
11.40	13.60	113.93	3.53	11	3.09%	119.25	108.00	1.81	1.64	2.95	112.01	115.86	107.26	120.60
13.60	15.00	120.38	3.99	8	3.31%	123.75	112.50	1.89	1.64	3.58	117.70	123.05	112.36	128.39

Vista la volumetria di volume coinvolto e la rigidità della fondazione prevista, nelle tabelle successive vengono riassunti i parametri caratteristici per ciascuna verticale indagata, avendo ritenuto accettabile un valore cautelativo medio spaziale (Intervallo di confidenza al 95% della media del campione).

DPSH1								
SINTESI GEOTECNICA - PARAMETRI CARATTERISTICI								
Strato	Profondità		SPT	ϕ	γ dry	γ sat	mv	Eed
N°	da m	a m	N°	°	t/mc	t/mc	cmq/kg	kg/cmq
1	0.00	1.80	2	25.24	1.36	1.78	0.025	32.34
2	1.80	2.60	6	26.93	1.41	1.82	0.014	46.49
3	2.60	3.40	11	29.22	1.46	1.88	0.010	66.64
4	3.40	5.80	7	27.72	1.43	1.84	0.014	56.46
5	5.80	7.60	10	29.21	1.46	1.88	0.012	79.17
6	7.60	8.80	14	31.31	1.52	1.94	0.009	104.79
7	8.80	10.00	17	32.32	1.55	1.96	0.008	99.18

CPT1							
SINTESI GEOTECNICA - PARAMETRI CARATTERISTICI							
Strato	Profondità		γ tot	ϕ	Cu	c'	M
Nº	da m	a m	kg/mc	°	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq
1	0.00	1.80	1649.11	-	0.23	0.03	31.78
2	1.80	2.60	1805.29	29.29	-	-	60.86
3	2.60	3.40	1834.72	31.42	-	-	80.88
4	3.40	5.80	1835.48	29.60	-	-	75.82
5	5.80	7.60	1876.09	29.63	-	-	87.38
6	7.60	8.80	1899.54	30.42	-	-	105.43
7	8.80	11.00	1958.66	31.10	-	-	129.84

CPT2							
SINTESI GEOTECNICA - PARAMETRI CARATTERISTICI							
Strato	Profondità		γ tot	ϕ	Cu	c'	M
Nº	da m	a m	kg/mc	°	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq
1	0.00	1.80	1836.57	26.82	-	-	54.29
2	1.80	2.40	1800.88	28.86	-	-	59.13
3	2.40	3.60	1861.81	31.69	-	-	93.52
4	3.60	7.60	1861.25	28.84	-	-	74.13
5	7.60	9.00	1856.49	30.08	-	-	88.66
6	9.00	11.40	1956.22	30.36	-	-	120.89
7	11.40	14.00	1932.19	29.22	-	-	105.37
8	14.00	15.00	1928.81	27.92	-	-	100.68

CPT3							
SINTESI GEOTECNICA - PARAMETRI CARATTERISTICI							
Strato	Profondità		γ tot	ϕ	Cu	c'	M
Nº	da m	a m	kg/mc	°	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq
1	0.00	2.00	1850.06	24.29	0.72	0.03	48.68
2	2.00	3.60	1938.13	31.28	-	-	91.25
4	3.60	6.00	1867.50	29.04	-	-	74.51
9	6.00	7.00	1771.12	23.01	0.60	0.04	42.71
5	7.00	8.60	1888.98	29.13	-	-	74.27
6	8.60	11.40	1943.34	30.35	-	-	116.79
7	11.40	13.60	1938.62	29.17	-	-	105.33
8	13.60	15.00	1908.59	29.31	-	-	109.72

Pur tenendo conto del dettaglio informativo delle singole verticali di prova indagate, alla luce della parametrizzazione da esse derivante, tenendo conto delle prove SPT eseguite in foro, nonché delle analisi di laboratorio svolte sui campioni indisturbati, ai fini di una parametrizzazione generale del sito è stata effettuata una sintesi parametrica media dei singoli orizzonti individuati come di seguito riportata (vedi Tav. 1).

Si precisa che non è stata attribuita coesione agli orizzonti in quanto di fatto attestata su valori

poco significativi, come deducibile dai campioni di laboratorio analizzati (C1 e C2); esclusivamente l'Unità 9 ha evidenziato una geometria lentiforme, rilevata da CPT3, e dimostrato una natura mista, non esclusivamente granulare, per tanto ad essa è stato attribuito tale parametro.

Parametrizzazione geotecnica di sintesi		
Unità 1	Terreno di riporto passante a terreno limo-sabbioso nocciola poco addensato.	$\Phi=25/27$ - $Dr=10-30\%$ - $\gamma_{sat}= 1.75/1.80$ t/mc - $mv= 0.02-0.025$ cmq/kg
Unità 2	Sabbia fine limosa nocciola chiaro poco addensato.	$\Phi=30$ - $Dr=50/55\%$ - $\gamma_{sat}= 1.85/1.88$ t/mc - $mv= 0.011-0.015$ cmq/kg
Unità 3	Sabbie fini o medio-fini mediamente o poco addensate con resti di conchiglie, grigio scure e lamine limose con tracce organiche.	$\Phi=31$ - $Dr=60\%$ - $\gamma_{sat}= 1.90/1.92$ t/mc - $mv= 0.010$ cmq/kg
Unità 4	Sabbie medie o grossolane con limo, micacee con resti di conchiglie, grigio scure poco o mediamente addensate.	$\Phi=29$ - $Dr=40-42\%$ - $\gamma_{sat}= 1.85/1.87$ t/mc - $mv= 0.013-0.015$ cmq/kg
Unità 5	Sabbie fini limose grigio-nocciola mediamente addensate.	$\Phi=29/30$ - $Dr=40/45\%$ - $\gamma_{sat}= 1.90/1.91$ t/mc - $mv= 0.010-0.012$ cmq/kg
Unità 6	Sabbie fini limo-argillose grigio-nocciola consistenti.	$\Phi=30/31$ - $Dr=45/48\%$ - $\gamma_{sat}= 1.94/1.96$ t/mc - $mv= 0.008-0.009$ cmq/kg
Unità 7	Sabbie medie deb limose grigio-nocciola, con tracce organiche passanti a sabbie medio-grosse, micacee con resti di conchiglie, grigio scure addensate e mediamente consistenti.	$\Phi=30$ - $Dr=40\%$ - $\gamma_{sat}= 1.93/1.95$ t/mc - $mv= 0.09$ cmq/kg
Unità 8	Limo-sabbioso argilloso, grigio.	$\Phi=29-30$ - $Dr=35-40\%$ - $\gamma_{sat}= 1.90$ t/mc - $mv= 0.009-0.010$ cmq/kg
Unità 9	Limo-sabbioso argilloso poco addensato.	$\Phi=23$ - $C_u=0.6$ kg/cm ² - $\gamma_{sat}= 1.80$ t/mc - $mv= 0.020$ cmq/kg
Unità 10	Alternanza di livelli a dominante ghiaiosa in matrice sabbioso-limosa (fino 31.6 m) e livelli ghiaiosi in matrice limo-argillosa, color nocciola Clasti eterogenei ed eterometrici ϕ max 5 cm. Livello marcatamente argilloso tra 31.9-32. L'orizzonte evolve in profondità verso livelli più francamente ghiaiosi in matrice sabbiosa debolmente limosa grigio-nocciola e con clasti eterogenei ed eterometrici ϕ max 8-10 cm.	$\Phi=35-38$ - $Dr=65/75\%$ - $\gamma_{sat}= 1.90/2.00$ t/mc - $mv= 0.006-0.007$ cmq/kg

4.2 - Parametri di progetto

I valore dei parametri di progetto (X_d) sono stati determinati dividendo il valore dei parametri geotecnici caratteristici (X_k) per il valore del coefficiente parziale (γ_M) specificato nella Tab.6.2.II (dal D.M.17.01.2018):

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	
		(M1)	(M2)
Angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	1.0	1.25
Coesione efficace	c'_k	1.0	1.25
Resistenza non drenata	C_{u_k}	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	γ_k	1.0	1.0

da cui:

DPSH1			
Orizzonti litotecnici	Parametri geotecnici di progetto (γ_d) - M1		
	ϕ_d (°)	C_{u_d} (kg/cm ²)	γ_d (kg/m ³)
1	25.24	-	1780
2	26.93	-	1820
3	29.22	-	1880
4	27.72	-	1840
5	29.21	-	1880

6	31.31		1940
7	32.32		1960
Orizzonti litotecnici	Parametri geotecnici di progetto (γ_d) - M2		
	φ_d (°)	Cu_d (kg/cm ²)	γ_d (kg/m ³)
1	20.66	-	1780
2	22.12	-	1820
3	24.11	-	1880
4	22.80	-	1840
5	24.10	-	1880
6	25.95		1940
7	26.85		1960

CPT1			
Orizzonti litotecnici	Parametri geotecnici di progetto (γ_d) - M1		
	φ_d (°)	Cu_d (kg/cm ²)	γ_d (kg/m ³)
1	-	0.23	1649.11
2	29.29	-	1805.29
3	31.42	-	1834.72
4	29.60	-	1835.48
5	29.63	-	1876.09
6	30.42	-	1899.54
7	31.10	-	1958.66
Orizzonti litotecnici	Parametri geotecnici di progetto (γ_d) - M2		
	φ_d (°)	Cu_d (kg/cm ²)	γ_d (kg/m ³)
1	-	0.16	1649.11
2	24.17	-	1805.29
3	26.05	-	1834.72
4	24.44	-	1835.48
5	24.47	-	1876.09
6	25.16	-	1899.54
7	25.76	-	1958.66

CPT2			
Orizzonti litotecnici	Parametri geotecnici di progetto (γ_d) - M1		
	φ_d (°)	Cu_d (kg/cm ²)	γ_d (kg/m ³)
1	26.82	-	1836.57
2	28.86	-	1800.88
3	31.69	-	1861.81
4	28.84	-	1861.25
5	30.08	-	1856.49
6	30.36	-	1956.22
7	29.22		1932.19
8	27.92		1928.81
Orizzonti litotecnici	Parametri geotecnici di progetto (γ_d) - M2		
	φ_d (°)	Cu_d (kg/cm ²)	γ_d (kg/m ³)

1	22.02	-	1836.57
2	23.79	-	1800.88
3	26.28	-	1861.81
4	23.77	-	1861.25
5	24.86	-	1856.49
6	25.11	-	1956.22
7	24.10	-	1932.19
8	22.97	-	1928.81

CPT3			
Orizzonti litotecnici	Parametri geotecnici di progetto (γ_d) - M1		
	φ_d (°)	Cu_d (kg/cm ²)	γ_d (kg/m ³)
1	24.29	0.72	1850.06
2	31.28	-	1938.13
4	29.04	-	1867.50
9	23.01	0.60	1771.12
5	29.13	-	1888.98
6	30.35	-	1943.34
7	29.17	-	1938.62
8	29.31	-	1908.59
Orizzonti litotecnici	Parametri geotecnici di progetto (γ_d) - M2		
	φ_d (°)	Cu_d (kg/cm ²)	γ_d (kg/m ³)
1	19.85	0.51	1850.06
2	25.92	-	1938.13
4	23.95	-	1867.50
9	18.76	0.43	1771.12
5	24.03	-	1888.98
6	25.10	-	1943.34
7	24.06	-	1938.62
8	24.19	-	1908.59

A completamento di quanto sopra detto, in riferimento alla sintesi generale del sito, si offre la parametrizzazione di progetto della sintesi di cui alla Tavola 1.

Orizzonti litotecnici	Parametri geotecnici di progetto (γ_d) - M1		
	φ_d (°)	Cu_d (kg/cm ²)	γ_d (kg/m ³)
1	26	-	1775
2	30	-	1875
3	31	-	1910
4	29	-	1860
5	29.5	-	1905
6	30.5	-	1950
7	30	-	1940
8	29.5	-	1900
9	23	0.6	1800

10	36.5	-	1980
Orizzonti litotecnici	Parametri geotecnici di progetto (γ_d) - M2		
	φ_d (°)	Cu_d (kg/cm ²)	γ_d (kg/m ³)
1	21.32	-	1775
2	24.79	-	1875
3	25.67	-	1910
4	23.91	-	1860
5	24.35	-	1905
6	25.23	-	1950
7	24.79	-	1940
8	24.35	-	1900
9	18.76	0.43	1800
10	30.62	-	1980

5 - PROBLEMATICHE INERENTI ALLA PROGETTAZIONE

5.1 - Stabilità del fronte di scavo

Limitatamente agli scavi si ritiene utile sottolineare come, vista la geometria e la profondità del nuovo piano di imposta dell'edificio, sia necessario ricorrere ad un perimetro di sostegno e isolamento costituito da palancole metalliche o diaframmi gettati in opera; per tale motivo si omette la verifica analitica della stabilità della parete di scavo.

6 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Sulla base di quanto fin qui esposto si ritiene di aver illustrato, nelle linee generali e di locale dettaglio e conformemente a quanto previsto dalla normativa vigente, gli aspetti geotecnici della zona interessata dall'intervento edilizio in progetto.

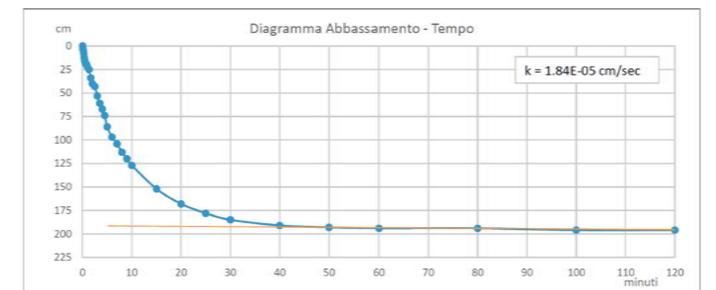
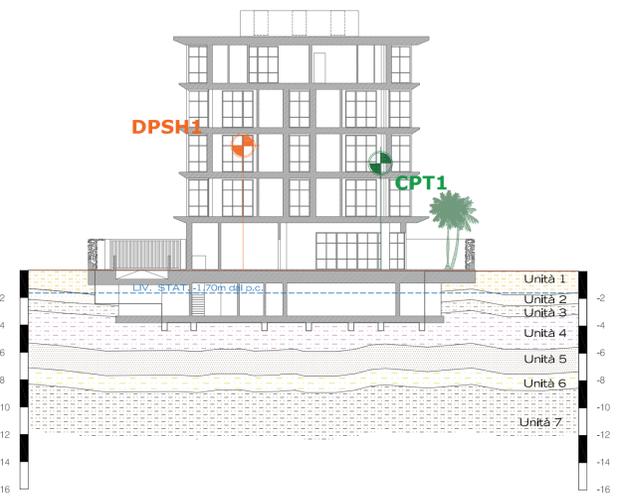
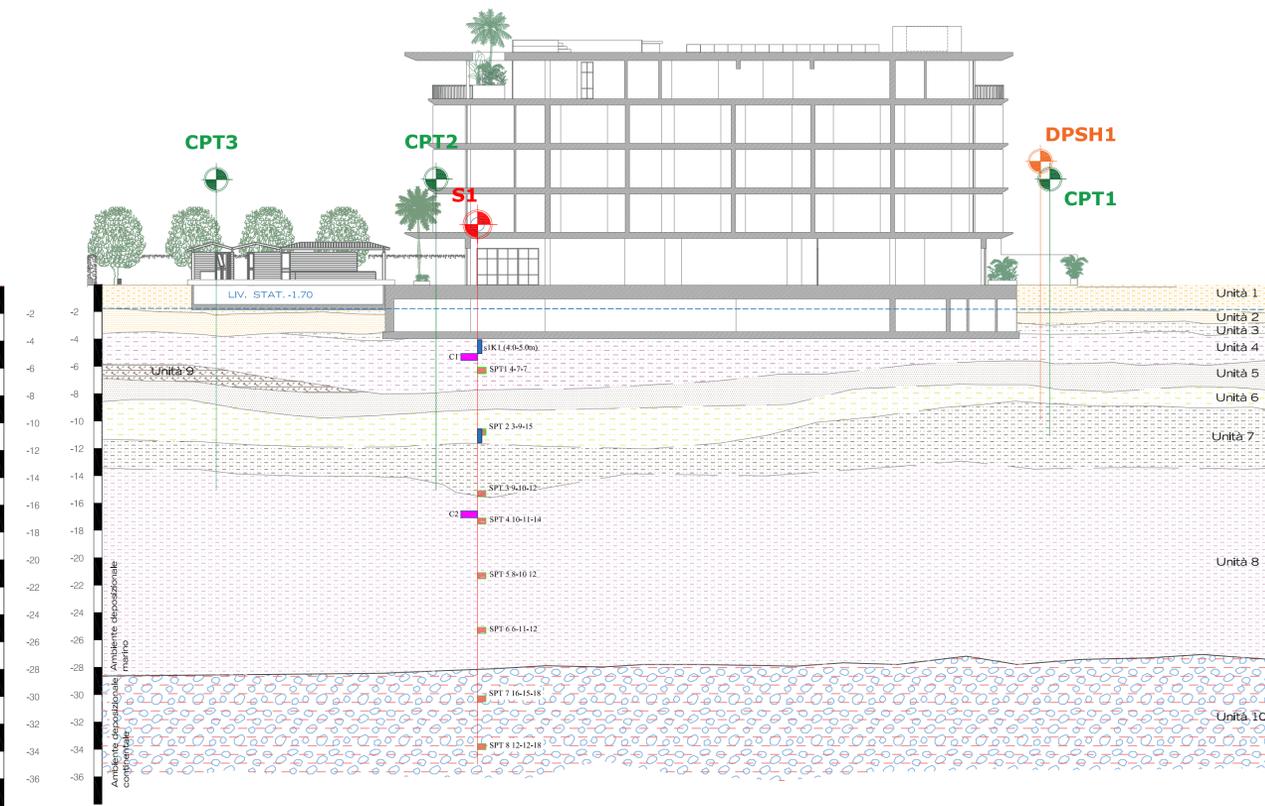
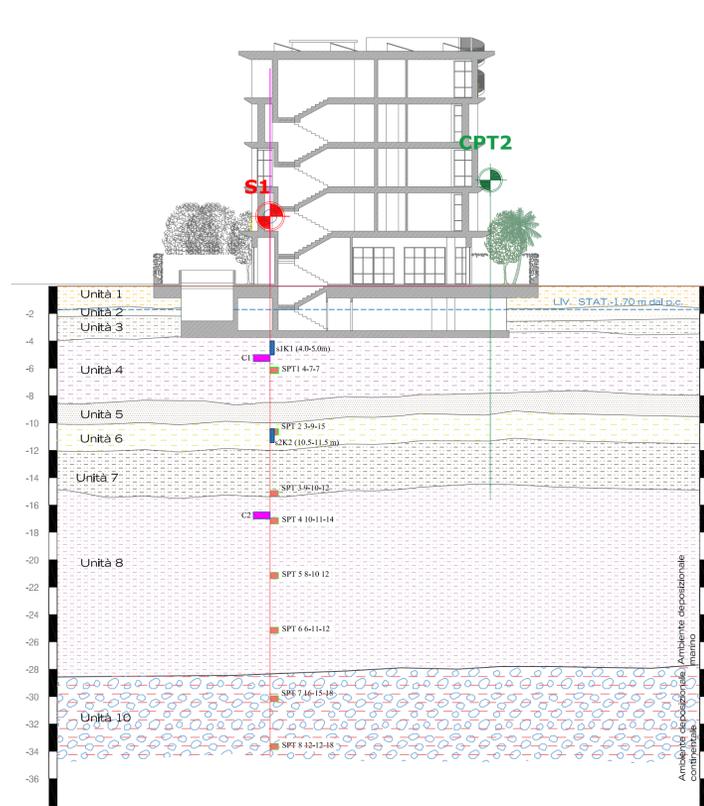
Ciò sulla base del complesso di dati geognostici a disposizione; va da sé, in vista della imprevedibilità di comportamento che le formazioni esaminate hanno a volte manifestato in sede esecutiva, che gli elementi stratigrafici e geomeccanici, necessariamente puntuali e localizzati e pertanto nei limiti di una ragionevole estensione estrapolativa, dovranno essere opportunamente controllati, verificati e validati da parte del tecnico progettista.

A tal fine e per quanto attiene l'utilizzo geotecnico dei terreni non si pongono limitazioni di fattibilità per particolari tipologie di fondazioni; il dimensionamento e la scelta del tipo fondale sarà legata alle verifiche di portanza e cedimento dei terreni di appoggio, in relazione ai carichi previsti dal progetto e tenendo presente la posizione e l'oscillazione dei livelli idrici di falda.

Pietrasanta, 10/02/2022

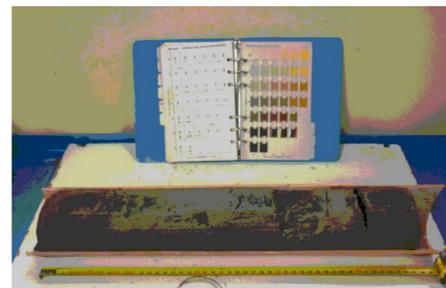
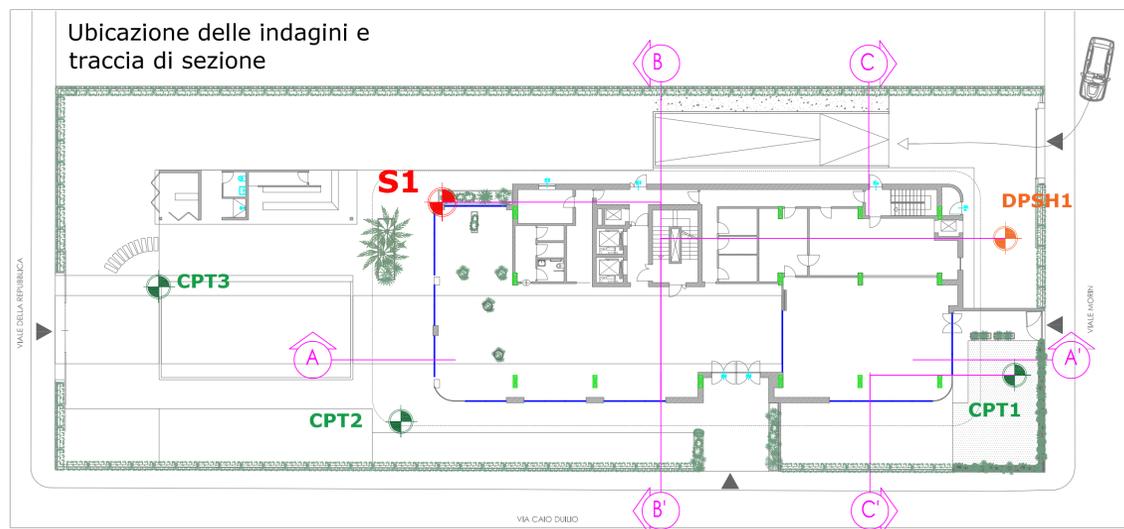
G&Geo Studio Geologi Associati
Dott. Vanessa Greco - Geologo

G&Geo Studio Geologi Associati
Dott. Michele Giovannetti - Geologo



Prova Lefranc 4.0-5.0 m dal p.c.

Ubicazione delle indagini e traccia di sezione



Campione 1



Campione 2



RICHIESTA DI PERMESSO DI COSTRUIRE PER ADEGUAMENTO FUNZIONALE DI EDIFICIO CON FUNZIONE RICETTIVA

UBICAZIONE

via Caio Duilio 3 - Comune di Forte dei Marmi (LU)

PROPRIETA'
Colonial SRL

TAVOLA 1

PLANIMETRIA DI UBICAZIONE DELLE INDAGINI E SEZIONI LITOSTRATIGRAFICHE INTERPRETATIVE

SCALA GRAFICA Prot. ex N°120GG2011_v.1/21GG2202 FEBBRAIO 2022

I geologi incaricati:

Michele Giovannetti
GEOLOGO

Vanessa Greco
GEOLOGO

Legenda

- DPSHn** Penetrometrie dinamiche superpesanti e relativo numero d'ordine
- CPTn** Penetrometrie statiche e relativo numero d'ordine
- S1** Sondaggio geognostico con indagini sismiche down-hole in foro
- snKn** Prove Lefranc in foro, loro numero d'ordine e profondità di esecuzione

- SPTn N1-N2-N3** Indagini Spt in foro con numeri di acquisizione
- A A'** Traccia di sezione
- LIV. STAT.** Livello falda freatica (prof. min riscontrata -1.25 dal p.c.)
- Cn** Campioni indisturbati e relativo numero d'ordine.

Parametrizzazione geotecnica di sintesi

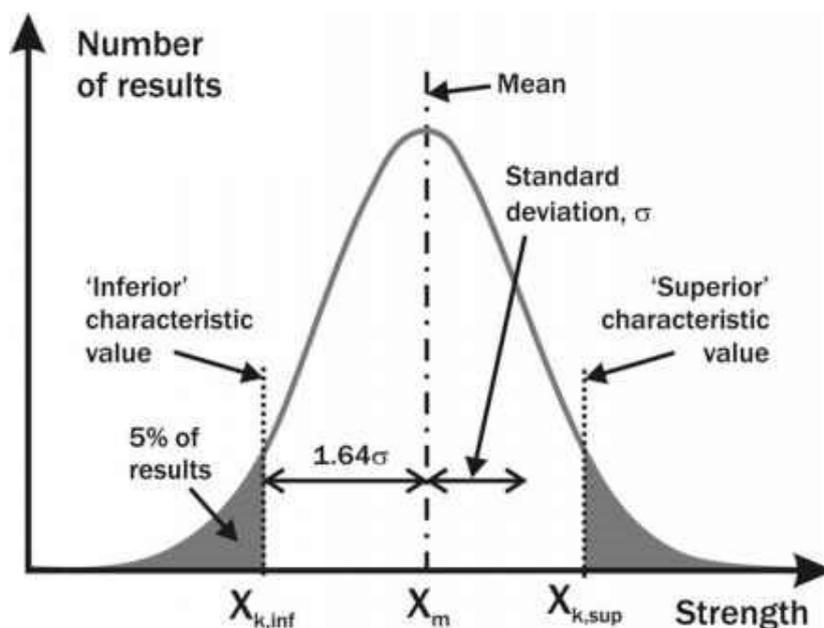
Unità 1	Terreno di riporto passante a terreno limo-sabbioso: nocciola poco addensata.	$\Phi=26 - Dr=10-30\% - \gamma_{sat}= 1.75/1.80 \text{ t/mc} - mv= 0.02-0.025 \text{ cm}^2/\text{kg}$
Unità 2	Sabbia fine limosa nocciola chiaro poco addensata.	$\Phi=30 - Dr=50/55\% - \gamma_{sat}= 1.85/1.88 \text{ t/mc} - mv= 0.011-0.015 \text{ cm}^2/\text{kg}$
Unità 3	Sabbie fini o medio-fini mediamente o poco addensate con resti di conchiglie, grigio scure e lamine limose con tracce organiche.	$\Phi=31 - Dr=60\% - \gamma_{sat}= 1.90/1.92 \text{ t/mc} - mv= 0.010 \text{ cm}^2/\text{kg}$
Unità 4	Sabbie medie o grossolane con limo, micacee con resti di conchiglie, grigio scure poco o mediamente addensate.	$\Phi=29 - Dr=40-42\% - \gamma_{sat}= 1.85/1.87 \text{ t/mc} - mv= 0.013-0.015 \text{ cm}^2/\text{kg}$
Unità 5	Sabbie fini limose grigio-nocciola mediamente addensate.	$\Phi=29/30 - Dr=40/45\% - \gamma_{sat}= 1.90/1.91 \text{ t/mc} - mv= 0.010-0.012 \text{ cm}^2/\text{kg}$
Unità 6	Sabbie fini limo-argillose grigio-nocciola consistenti.	$\Phi=30/31 - Dr=45/48\% - \gamma_{sat}= 1.94/1.96 \text{ t/mc} - mv= 0.008-0.009 \text{ cm}^2/\text{kg}$
Unità 7	Sabbie medie del limose grigio-nocciola, con tracce organiche passanti a sabbie medio-grosse, micacee con resti di conchiglie, grigio scure addensate e mediamente consistenti.	$\Phi=30 - Dr=40\% - \gamma_{sat}= 1.93/1.95 \text{ t/mc} - mv= 0.09 \text{ cm}^2/\text{kg}$
Unità 8	Limo-sabbioso argilloso, grigio.	$\Phi=29-30 - Dr=35-40\% - \gamma_{sat}= 1.90 \text{ t/mc} - mv= 0.009-0.010 \text{ cm}^2/\text{kg}$
Unità 9	Limo-sabbioso argilloso poco addensato.	$\Phi=23 - Cu=0.6 \text{ kg/cm}^2 - \gamma_{sat}= 1.80 \text{ t/mc} - mv= 0.020 \text{ cm}^2/\text{kg}$
Unità 10	Alternanza di livelli a dominante ghiaiosa in matrice sabbioso-limosa (fino 31.5 m) e livelli ghiaiosi in matrice limo-argillosa, color nocciola. Clasti eterogenei ed eterometrici ϕ max 5 cm. Livello marcatamente argilloso tra 31.5-32. L'orizzonte evolve in profondità verso livelli più francamente ghiaiosi in matrice sabbiosa debolmente limosa grigio-nocciola e con clasti eterogenei ed eterometrici ϕ max 8-10 cm.	$\Phi=35-38 - Dr=65/75\% - \gamma_{sat}= 1.96/2.00 \text{ t/mc} - mv= 0.006-0.007 \text{ cm}^2/\text{kg}$



COMUNE DI FORTE DEI MARMI (LU)

----- ALLEGATO 7 -----

**RELAZIONI USATE PER LA DETERMINAZIONE DEI VALORI
CARATTERISTICI CON IL METODO STATISTICO**



COMMITTENTE: Colonial srl

GENNAIO 2021

Via Caio Duilio, Forte dei Marmi

G&Geo



Studio Geologi Associati

Michele Giovannetti - Vanessa Greco



Via Aurelia Sud, 14
55045 Pietrasanta (LU)

Tel/Fax: (+39) 0584.1848216

Cell: 335.6090871 (M) - 349.5926076 (V)

Email: info@gegeo.it

Web: www.gegeo.it



Per fondazioni in presenza di compensazione della resistenza delle zone di terreno più deboli con quelle più forti (fondazioni rigide o relativamente grandi volumi di terreno interessati dallo SL); la media dei dati governa lo SL

Intervallo di confidenza della media al 95%

Stima del valore medio con una affidabilità del 95%

<p style="text-align: center;">DATASET NUMEROSO Coefficiente di variazione Vx ignoto</p> <p>Equazione D21 da “Designer’s guide to EN 1990”, Gulvanessian et al. (Telford 2002)</p> $m - t_p \cdot \sigma/n^{1/2} \leq \mu \leq m + t_p \cdot \sigma/n^{1/2}$	$x_k = m \pm t_{n-1}^{0.95} \cdot s \cdot \sqrt{\frac{1}{n}}$ <p>Dove:</p> <p>x_k = valore caratteristico m = valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato uguale al valore medio del campione t = valore della distribuzione di Student ad n-1 gradi di libertà con probabilità u = 95% s = deviazione standard del campione n = numero di dati.</p>
<p style="text-align: center;">DATASET POCO NUMEROSO Coefficiente di variazione Vx noto</p> <p>Equazione D20 da “Designer’s guide to EN 1990”, Gulvanessian et al. (Telford 2002)</p> $m - u_p \cdot \sigma/n^{1/2} \leq \mu \leq m + u_p \cdot \sigma/n^{1/2}$	$x_k = m \pm z_{0.05} \cdot \sigma \cdot \sqrt{\frac{1}{n}}$ <p>Dove:</p> <p>x_k = valore caratteristico m = valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato uguale al valore medio del campione $z_{0.05}$ = valore corrispondente al 5° percentile della distribuzione normale standardizzata σ = deviazione standard della popolazione n = numero di dati.</p>

Per fondazioni in assenza di compensazione della resistenza delle zone di terreno più deboli con quelle più forti (fondazioni non rigide e relativamente piccoli volumi di terreno interessati dallo SL); i valori minimi governano lo SL

5° frattile della distribuzione normale della popolazione con metodo predittivo

<p style="text-align: center;">DATASET NUMEROSO Coefficiente di variazione Vx ignoto</p> <p>Equazione D37 da “Designer’s guide to EN 1990”, Gulvanessian et al. (Telford 2002)</p> $x_{p,pred} := m - t_p \cdot \sigma \left(\frac{1}{n} + 1 \right)^{1/2}$	$x_k = m \pm t_{n-1}^{0.95} \cdot s \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{n}}$ <p>Dove:</p> <p>x_k = valore caratteristico m = valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato uguale al valore medio del campione t = valore della distribuzione di Student ad n-1 gradi di libertà con probabilità u = 95% s = deviazione standard del campione n = numero di dati.</p>
--	---

DATASET POCO NUMEROSO
Coefficiente di variazione Vx noto

Equazione D36 da "Designer's guide to EN 1990",
 Gulvanessian et al. (Telford 2002)

$$x_{p,pred} = m - u_p \cdot \sigma \left(\frac{1}{n} + 1 \right)^{1/2}$$

$$x_k = m \pm z_{0.05} \cdot \sigma \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{n}}$$

Dove:

- x_k** = valore caratteristico
- m** = valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato uguale al valore medio del campione
- z_{0.05}** = valore corrispondente al 5° percentile della distribuzione normale standardizzata
- σ** = deviazione standard della popolazione
- n** = numero di dati.