

COMUNE DI LA SPEZIA
PROVINCIA DELLA SPEZIA

OGGETTO: Realizzazione nuovo impianto filoviario e nuova sottostazione elettrica di conversione

COMMITTENTE: ATC MOBILITA' E PARCHEGGI SPA
Sede Legale Via Saffi, 3 – 19126, La Spezia

ELABORATO: Relazione Geotecnica

Data emissione
Dicembre 2021



INDICE

1. RELAZIONE GEOTECNICA	- 3 -
1.1. PREMessa	- 3 -
1.2. SITUAZIONE STRATIGRAFICO-GEOTECNICA	- 3 -
1.3. PARAMETRI SISMICI	- 7 -
1.4. CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE	- 9 -
1.4.1 SOTTO STAZIONE ELETTRICA	- 10 -
1.4.2 PLINTI DI FONDAZIONE DEI PALI	- 12 -
1.5. CONCLUSIONI	- 16 -

1. RELAZIONE GEOTECNICA

1.1. Premessa

La presente relazione geotecnica è riferita all'intervento di miglioramento, potenziamento e ampliamento della rete ferroviaria esistente della città della Spezia mediante posa di nuovi pali su plinti in c.a.. oltre alla realizzazione di una nuova SottoStazione Elettrica di conversione e alimentazione dell'impianto.

I parametri geotecnici ai fini del calcolo sono stati determinati utilizzando i dati descritti nella relazione geologica redatta dal Dott. Geol. Domenico Bianco iscritto all'Ordine dei Geologi dell'Emilia Romagna al n.1052, eseguita secondo le seguenti norme:

- Decreto Ministeriale 17.01.2018 - Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni» di cui al D.M. 17 gennaio 2018".
- D. M. 11/03/88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- D.G.R. 216 del 17 marzo 2017 – Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria.
- L.R. n. 29 del 21 luglio 1983 – Costruzioni in zone sismiche - deleghe e norme urbanistiche particolari – così come modificata dalla L.R. n. 29 del 20 ottobre 2006, ed integrata dalla D.G.R. n. 471 del 22 marzo 2010 e dalla D.G.R. n. 714 del 21 giugno 2011 (Criteri e linee guida regionali per l'approfondimento degli studi geologico – tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica comunale).
- Circolare n. 2/2010 Regione Liguria Dipartimento Ambiente - Circolare applicativa della nuova disciplina sul vincolo idrogeologico ai sensi dell'art. 35 della L.R. n. 4/1999, così come modificato dall'art. 15 della L.R. n. 63/2009.
- Piano di Bacino Stralcio "Ambito 20 – Golfo della Spezia" di rilievo regionale, relativamente all'individuazione delle zone a rischio geomorfologico, idrogeologico ed idraulico, ai sensi dell'art. 1, c. 1, del D.L. 180/1998 convertito con L. 267/1998, approvato con delibera del Consiglio Provinciale della Spezia n. 34 del 31/03/2003; ultima modifica dell'elaborato D.D.G. n. 143 del 13/06/2017, entrata in vigore il 05/07/2017.

1.2. Situazione stratigrafico-geotecnica

L'area oggetto d'intervento è situata nella zona centro-occidentale del Comune della Spezia, compresa tra la Stazione Ferroviaria di Migliarina, il Centro Commerciale "Le Terrazze", l'Ospedale Sant'Andrea e l'area del quartiere di Mazzetta antistante il Deposito dei Mezzi ATC. Trattasi di aree pressochè pianeggianti, caratterizzate da sistemi di faglie dirette di età plio-pleistocenica ed colmate da depositi alluvionali, marini e lagunari in eteropia laterale, costituiti da orizzonti e lenti di terreni a granulometria variabile. In particolare si rinvencono fitte stratificazioni di torbe e argille.

Nel dettaglio, i terreni interessati, si possono descrivere come superficialmente interessati da una potente

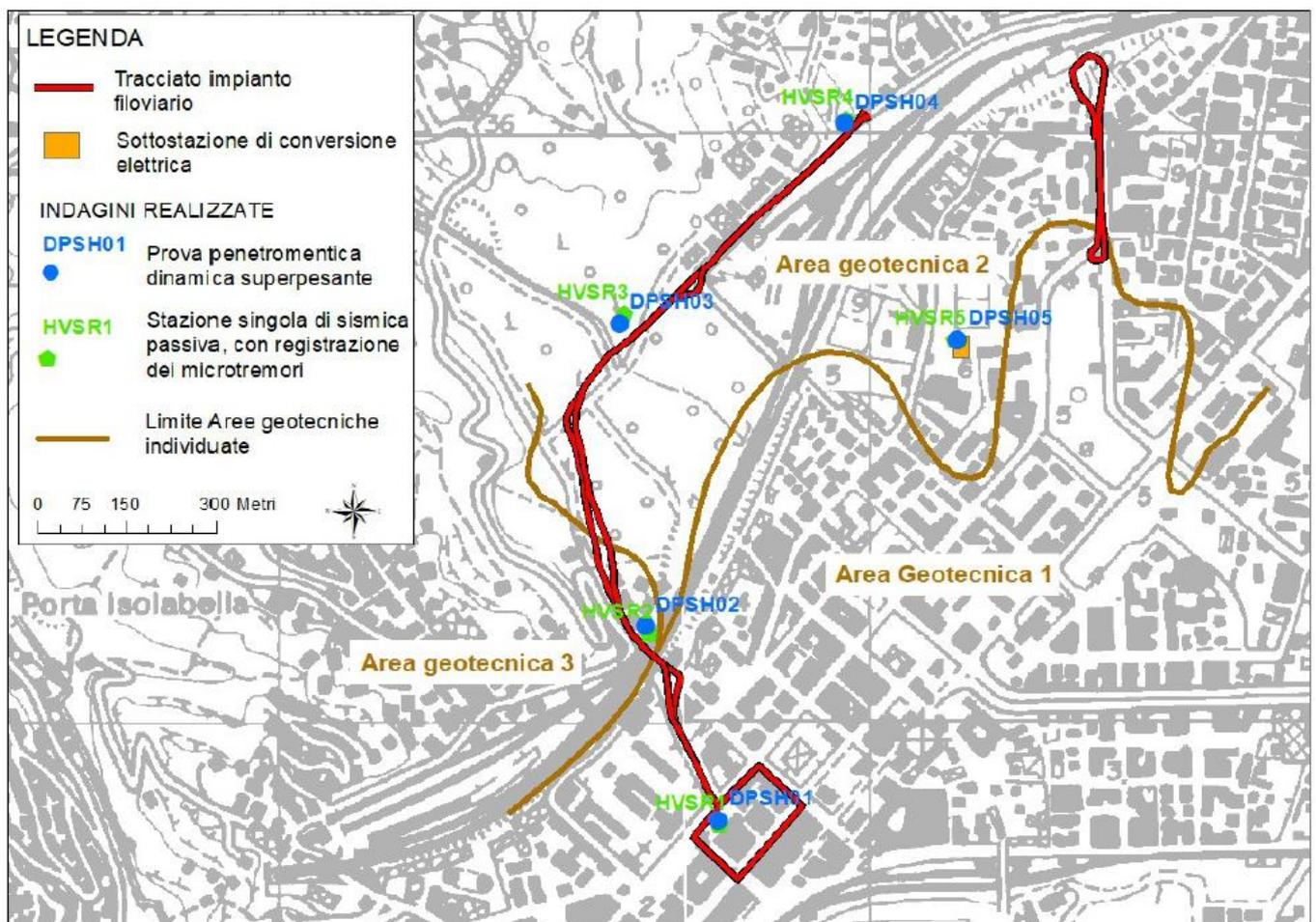
copertura sedimentaria, che raggiunge spessori pari a circa 30 – 35 metri, la cui genesi è direttamente correlabile alle ingressioni e regressioni marine, variando quindi da depositi marini a depositi lagunari e continentali. Il substrato geologico è costituito dalla falda Ligure nel settore Occidentale (Zona Ospedale San Andrea), rappresentata dalle Arenarie di M. Gottero (GOT) e dall'Unità subigure di Canetolo, nel settore orientale (Zona Migliarina), rappresentata dalle Argille e Calcari (ACC) e da lembi dei Calcari del Gruppo del Vescovo (CCV), non affioranti nell'areale di studio.

Per la definizione del modello geologico - sismico dei terreni oggetto di intervento e per una loro caratterizzazione geotecnica sono state eseguite le seguenti prove:

- n. 5 prove penetrometriche dinamiche di tipo DPSH.
- n. 5 stazione singola di sismica passiva di tipo HVSR.

Per una descrizione esaustiva delle prove e per l'esatta ubicazione delle indagini si rimanda alla relazione geologica.

In analogia a quanto riportato nella Relazione geologica, si è scelto di mantenere la suddivisione della zona oggetto di intervento in n°3 distinte **Aree Geotecniche**, identificate in base a parametri e stratigrafia simili, illustrate nella seguente immagine, estrapolata dalla relazione geologica del Dott. Geol. Domenico Bianco:



Per ogni area geotecnica sono stati individuati i vari livelli litostratigrafici così definiti:

Area Geotecnica 1

- *Livello A*: si sviluppa da piano campagna fino ad una profondità massima, dal piano campagna stesso, di circa 1.5 m e rappresenta il suolo e il terreno di riporto costituito da ghiaia sabbiosa;
- *Livello B*: si estende inferiormente al Livello A fino a profondità, da piano campagna, di circa 5.0 m ed è costituito da limo sabbioso con argilla e lenti ghiaiose;
- *Livello C*: segue il Livello B fino a profondità, da piano campagna, di circa 15.0 m ed è costituito da argille limose con sabbie molli;
- *Livello D*: segue il Livello C fino a profondità, da piano campagna, di circa 20.0 m ed è costituito da argille sabbiose compatte con ghiaia

Circa le caratterizzazioni geomeccaniche dei terreni investigati si riportano i valori caratteristici dei parametri geotecnici (operando in favore della sicurezza laddove nella relazione geologica sia stato indicato un “range” di valori si è considerato quello minore) :

Livello A:

- γ_{nat} = 1.50 t/m³
- ϕ' = 38°
- c' = 0.00 Kg/cm²

Livello B:

- γ_{nat} = 1.60 t/m³
- ϕ' = 22°
- c' = 0.10 Kg/cm²

Livello C:

- γ_{nat} = 1.75 t/m³
- ϕ' = 21°
- c' = 0.05 Kg/cm²

Livello D:

- γ_{nat} = 1.95 t/m³
- ϕ' = 34°
- c' = 0.10 Kg/cm²

Area Geotecnica 2

- *Livello A*: si sviluppa da piano campagna fino ad una profondità massima, dal piano campagna stesso, di circa 1.5 m e rappresenta il suolo e il terreno di riporto costituito da ghiaia sabbiosa;
- *Livello B*: si estende inferiormente al Livello A fino a profondità, da piano campagna, di circa 7.0 m ed è costituito ghiaie sabbie e limi;
- *Livello C*: segue il Livello B fino a profondità, da piano campagna, di circa 14.0 m ed è costituito dalimi sabbiosi molli;
- *Livello D*: segue il Livello C fino a profondità, da piano campagna, di circa 19.0 m ed è costituito da argille sabbiose compatte con ghiaia

Circa le caratterizzazioni geomeccaniche dei terreni investigati si riportano i valori caratteristici dei parametri geotecnici (operando in favore della sicurezza laddove nella relazione geologica sia stato indicato un “range” di valori si è considerato quello minore) :

Livello A:

- γ_{nat} = 1.50 t/m³
- ϕ' = 38°
- c' = 0.00 Kg/cm²

Livello B:

- γ_{nat} = 1.60 t/m³
- ϕ' = 26°
- c' = 0.10 Kg/cm²

Livello C:

- γ_{nat} = 1.75 t/m³
- ϕ' = 24°
- c' = 0.05 Kg/cm²

Livello D:

- γ_{nat} = 1.95 t/m³
- ϕ' = 34°
- c' = 0.10 Kg/cm²

Area Geotecnica 3

- *Livello A:* si sviluppa da piano campagna fino ad una profondità massima, dal piano campagna stesso, di circa 1.5 m e rappresenta il suolo e il terreno di riporto costituito da ghiaia sabbiosa;
- *Livello B:* si estende inferiormente al Livello A fino a profondità, da piano campagna, di circa 10.0 m ed è costituito ghiaie sabbie e limi;

Circa le caratterizzazioni geomeccaniche dei terreni investigati si riportano i valori caratteristici dei parametri geotecnici (operando in favore della sicurezza laddove nella relazione geologica sia stato indicato un “range” di valori si è considerato quello minore) :

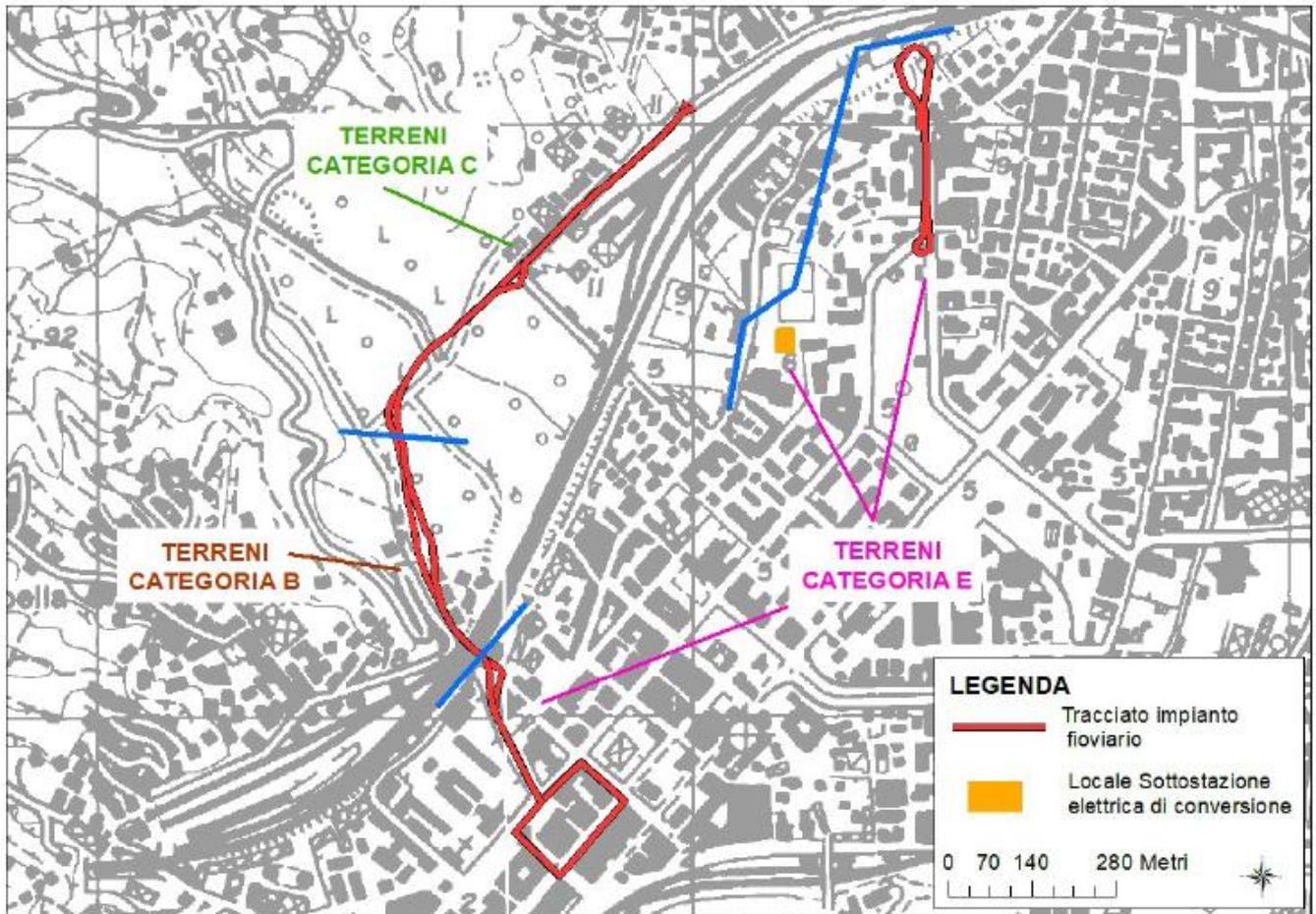
Livello A:

- γ_{nat} = 1.50 t/m³
- ϕ' = 38°
- c' = 0.00 Kg/cm²

Livello B:

- γ_{nat} = 1.60 t/m³
- ϕ' = 26°
- c' = 0.10 Kg/cm²

La falda freatica, nelle diverse aree geotecniche è stata indicata ad una quota di circa 2.0 metri dal piano di campagna .



I terreni d'imposta rientranti nella **categoria di sottosuolo "B"** (indicata nella tabella 3.2.II del D.M. 17/01/18) ovvero – "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s". sono individuati nell'area dell'"Antoniana" e, dai parametri relativi al tipo di costruzione sopra enunciati, si ottiene il **coefficiente di amplificazione stratigrafica SLV pari a $S_s = 1.20$, $C_c = 1.41$ e $SLD S_s = 1.20$, $C_c = 1.46$.**

I terreni d'imposta rientranti nella **categoria di sottosuolo "C"** (indicata nella tabella 3.2.II del D.M. 17/01/18) ovvero – "Depositati 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." sono individuati nell'area a monte rispetto alla linea ferroviaria (zona Centro Commerciale "Le Terrazze") e, dai parametri relativi al tipo di costruzione sopra enunciati, si ottiene il **coefficiente di amplificazione stratigrafica SLV pari a $S_s = 1.50$, $C_c = 1.58$ e $SLD S_s = 1.50$, $C_c = 1.68$.**

I terreni d'imposta rientranti nella **categoria di sottosuolo "E"** (indicata nella tabella 3.2.II del D.M. 17/01/18) ovvero – "Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m" sono individuati nell'area a valle della linea ferroviaria (zona Mazzetta e Ospedale Sant'Andrea) e, dai parametri relativi al tipo di costruzione sopra enunciati, si ottiene il **coefficiente di amplificazione stratigrafica SLV pari a $S_s = 1.60$, $C_c = 1.89$ e $SLD S_s = 1.60$, $C_c = 2.04$.**

Riguardo invece agli effetti d'amplificazione sismica dovuta alle condizioni topografiche locali, l'intera area indagata è classificabile nella categoria T1 (indicata nella tabella 3.2.IV del D.M. 17/01/18) ovvero – “Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ” con **coefficiente di amplificazione topografica $St = 1.0$** .

1.4. Calcolo della capacità portante

Il progetto prevede la realizzazione di una nuova Sottostazione Elettrica e l'installazione di pali su plinti in c.a. per l'ampliamento della linea filoviaria. Trattandosi di intervento esteso sulla base delle considerazioni precedenti si è determinato il valore del carico ultimo mediante la formula di Hansen applicata di volta in volta alle caratteristiche del sito specifico.

$$q_{lim} = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c z_c + q N_q s_q d_q i_q g_q b_q z_q + 0.5 \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma z_\gamma r_\gamma$$

in cui d_c, d_q, d_γ , sono i fattori di profondità; s_c, s_q, s_γ , sono i fattori di forma; i_c, i_q, i_γ , sono i fattori di inclinazione del carico; b_c, b_q, b_γ , sono i fattori di inclinazione del piano di posa; g_c, g_q, g_γ , sono i fattori che tengono conto dell'inclinazione del terreno; z_c, z_q, z_γ fattori che tengono conto degli effetti inerziali.

I fattori N_c, N_q, N_γ sono espressi come:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2(45 + \phi/2); N_c = (N_q - 1) \cot \phi; N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$$

I vari fattori correttivi che compaiono nella espressione del carico ultimo sono espressi di seguito:

Fattori di forma

$$\text{per } \phi > 0 \quad s_c = 1 + 0.2 \frac{B}{L} \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}$$

$$s_\gamma = 1 + 0.1 \frac{B}{L} \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}$$

$$s_q = s_\gamma$$

Fattori di profondità

Si definisce il parametro k come

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{se } \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = \tan^{-1} \frac{D}{B} \quad \text{se } \frac{D}{B} > 1$$

I vari coefficienti si esprimono come

$$\text{per } \phi > 0 \quad d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \phi)$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 k$$

$$d_\gamma = 1$$

Fattori di inclinazione del carico

Indichiamo con V e H le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con A_f l'area efficace della fondazione ottenuta come $A_f = B' \times L'$ (B' e L' sono legate alle dimensioni effettive della fondazione B, L e all'eccentricità del carico e_B, e_L dalle relazioni $B' = B - 2e_B$ $L' = L - 2e_L$).

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

$$\text{per } \phi > 0 \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left(1 - \frac{H}{V + A_f c_a \cot \phi}\right)^m$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + A_f c_a \cot \phi}\right)^{m+1}$$

$$m = (2+B/L)/(1+B/L)$$

Fattori di inclinazione del piano di posa della fondazione

Indichiamo con η l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ($\eta=0$ per fondazione orizzontale).

$$\text{per } \phi > 0 \quad b_q = (1 - \eta \tan \phi)^2$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q)/(N_c \tan \phi)$$

$$b_\gamma = b_q$$

Fattori di inclinazione del terreno

Indicando con β la pendenza del pendio, i fattori g si ottengono dalle espressioni seguenti:

$$\text{per } \phi > 0 \quad g_c = g_q - (1 - g_q)/(N_c \tan \phi); \quad g_q = g_\gamma = (1 - \text{tg} \beta)^2$$

Fattori effetti inerziali

$$z_c = 1 - 0.32k_h$$

$$z_q = z_\gamma = (1 - k_h/\tan \phi)^{0.35}$$

$$k_h = S_s S_t a_g / g$$

Fattori di correzione per fondazioni tipo piastra (per $B \geq 2$)

$$r_\gamma = 1 - 0.25 \log (B/k) \text{ dove } k = 2$$

Per poter applicare la formula di Hansene Vesic devono risultare verificate le seguenti condizioni:

$$H < V \text{tg} \delta + A_f c_a; \quad \beta \leq \phi; \quad i_q, i_\gamma > 0; \quad \beta + \eta \leq 90^\circ$$

1.4.1 Sotto Stazione elettrica

Il sito ricade in "Area Geotecnica 2" – Cat. Sottosuolo E e, ai fini del predimensionamento della fondazione, si è considerato un carico permanente totale di 28000 kg (comprensivo del peso del container e delle attrezzature interne) e un carico variabile di 200 kg/mq (rappresentativo del personale addetto alla manutenzione) che, sviluppato sull'area di fondazione, porta ad un carico totale di 12000 kg.

Trattandosi di fondazione a platea, avente sezione pari a 7.00x11.00 m, si è considerando il terreno del Livello A.

Il valore del carico ultimo è stato calcolato mediante la formula di Brinch-Hansen, impostando il piano di posa a 0.5 m dal piano di campagna e falda a - 2.0 m. Adottando i parametri geomeccanici sopradescritti e applicando un coefficiente parziale di sicurezza (γ_R), definito R3, pari a 2.3 risulta:

Caratteristiche terreno e fondazione di progetto

<i>Fnd</i>	Indice della fondazione
<i>H</i>	Altezza del cono di rottura, espressa in [m]
γ	Peso di volume, espressa in [kg/mc]
ϕ	Angolo di attrito, espressa in [°]
<i>c</i>	Coesione, espressa in [kg/cm ^q]
<i>G</i>	Modulo di taglio, espresso in [kg/cm ^q]
<i>B'</i>	Base ridotta per effetto dell'eccentricità del carico ($B'=B-2e_x$), espressa in [m]
<i>L'</i>	Lunghezza ridotta per effetto dell'eccentricità del carico ($L'=L-2e_y$), espressa in [m]
<i>R_{ex}</i>	Fattore di riduzione per carico eccentrico lungo X
<i>R_{ey}</i>	Fattore di riduzione per carico eccentrico lungo Y
<i>I_R</i>	Indice di rigidezza
<i>I_{RC}</i>	Indice di rigidezza critico

Cmb	Fnd	H [m]	γ [kg/mc]	ϕ [°]	c [kg/cm ^q]	G [kg/cm ^q]	B' [m]	L' [m]	R _{ex}	R _{ey}	I _c	I _{RC}
1	1	5,50	922,71	25.09	0,08	124,61	7,00	11,00	--	--	1.00	60.52
2	1	5,50	922,71	25.09	0,08	124,61	7,00	11,00	--	--	1.00	60.52

Fattori correttivi verifica capacità portante

Combinazione n° 1

Fattori di capacità portante	N _c = 20.86	N _q = 10.77	N _γ = 6.86
Fattori di forma	S _c = 1.33	S _q = 1.30	S _γ = 0.75
Fattori per effetto del punzonamento	Ψ _c = 1.00	Ψ _q = 1.00	Ψ _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del carico	I _c = 1.00	I _q = 1.00	I _γ = 1.00
Fattori di profondità	D _c = 1.11	D _q = 1.09	Q _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del piano di posa	B _c = 1.00	B _q = 1.00	B _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del pendio	G _c = 1.00	G _q = 1.00	G _γ = 1.00

Combinazione n° 2

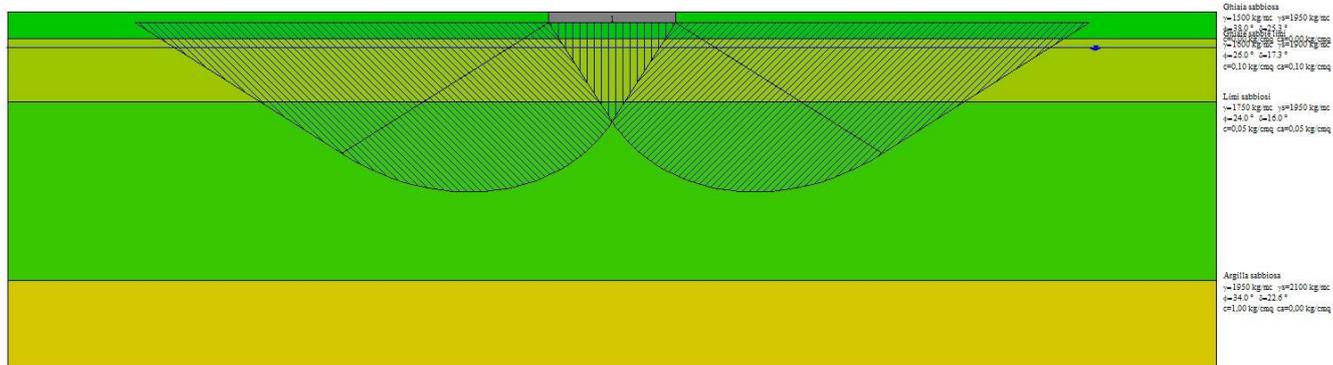
Fattori di capacità portante	N _c = 20.86	N _q = 10.77	N _γ = 6.86
Fattori di forma	S _c = 1.33	S _q = 1.30	S _γ = 0.75
Fattori per effetto del punzonamento	Ψ _c = 1.00	Ψ _q = 1.00	Ψ _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del carico	I _c = 1.00	I _q = 1.00	I _γ = 1.00
Fattori di profondità	D _c = 1.11	D _q = 1.09	Q _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del piano di posa	B _c = 1.00	B _q = 1.00	B _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del pendio	G _c = 1.00	G _q = 1.00	G _γ = 1.00

Verifica della portanza per carichi verticali

Simbologia adottata

<i>Cmb</i>	Indice della combinazione
<i>Fnd</i>	Indice della fondazione
<i>PF</i>	Rottura per punzonamento in presenza di falda
<i>q_u</i>	Portanza ultima, espressa in [kg/cm ^q]
<i>q_d</i>	Portanza di progetto, espressa in [kg/cm ^q]
<i>P_u</i>	Portanza ultima, espressa in [kg]
<i>P_d</i>	Portanza di progetto, espressa in [kg]
<i>V</i>	Carico ortogonale al piano di posa, espresso in [kg]
<i>η</i>	Fattore di sicurezza a carico limite ($\eta = P_d/V$)

Cmb	Fnd	PF	q _u [kg/cm ^q]	q _d [kg/cm ^q]	P _u [kg]	P _d [kg]	V [kg]	η
1	1	SI	8,72	3,79	6711401	2918001	36400	80.16
2	1	SI	8,72	3,79	6711401	2918001	54400	53.64



1.4.2 Plinti di fondazione dei pali

Il percorso filoviario ricade in tutte e tre le aree geotecniche descritte e, per ognuno di essi sarà individuato la corretta categoria di sottosuolo, al fine di determinare la capacità portante. In ognuna delle possibili combinazioni, tuttavia, il piano di posa ricadrà nel Livello B, poiché si prevede la realizzazione di un plinto di dimensioni 2,0x2,0x2,0 m. Relativamente ai carichi agenti si è considerata un'azione verticale di circa 2230 kg dovuta al peso proprio del palo e dei carichi gravanti su esso (fili, sostegni, etc.) e un momento ribaltante pari a circa 17714 kg dovuto all'eccentricità di applicazione dei suddetti carichi sul palo.

- Plinto ricadente in "Area Geotecnica 1" – Cat. Sottosuolo E

Per tutti i plinti ricadenti nell'area Geotecnica 1, considerate le caratteristiche scadenti del livello "B", si prevede l'approfondimento della fondazione per ulteriori 80 cm e successivo riempimento con materiale arido di cava di varia pezzatura (cautelativamente caratterizzato con angolo di attrito interno pari a $\phi=35^\circ$).

Caratteristiche terreno e fondazione di progetto

Simbologia adottata

<i>Cmb</i>	Indice della combinazione
<i>Fnd</i>	Indice della fondazione
<i>H</i>	Altezza del cuneo di rottura, espressa in [m]
γ	Peso di volume, espressa in [kg/mc]
ϕ	Angolo di attrito, espressa in [°]
<i>c</i>	Coesione, espressa in [kg/cm ^q]
<i>G</i>	Modulo di taglio, espresso in [kg/cm ^q]
<i>B'</i>	Base ridotta per effetto dell'eccentricità del carico ($B'=B-2e_x$), espressa in [m]
<i>L'</i>	Lunghezza ridotta per effetto dell'eccentricità del carico ($L'=L-2e_y$), espressa in [m]
<i>R_{ex}</i>	Fattore di riduzione per carico eccentrico lungo X
<i>R_{ey}</i>	Fattore di riduzione per carico eccentrico lungo Y
<i>I_R</i>	Indice di rigidezza
<i>I_{RC}</i>	Indice di rigidezza critico

Cmb	Fnd	H	γ	ϕ	c	G	B'	L'	R _{ex}	R _{ey}	I _c	I _{RC}
		[m]	[kg/mc]	[°]	[kg/cm ^q]	[kg/cm ^q]	[m]	[m]				
1	1	1,67	900,00	28.22	0,05	472,68	2,00	0,41	--	--	1.00	89.21

Fattori correttivi verifica capacità portante

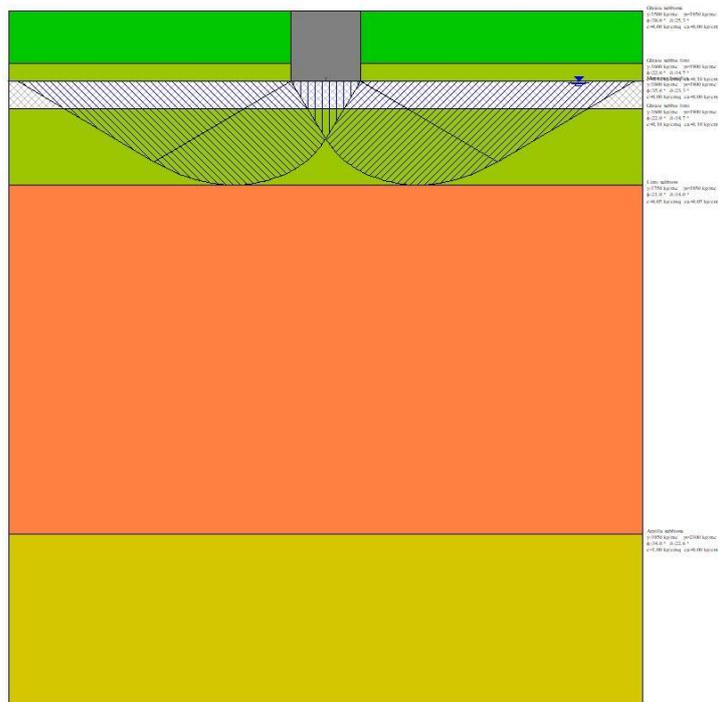
Fattori di capacità portante	N _c = 26.25	N _q = 15.09	N _γ = 11.34
Fattori di forma	S _c = 1.12	S _q = 1.11	S _γ = 0.92
Fattori per effetto del punzonamento	Ψ _c = 1.00	Ψ _q = 1.00	Ψ _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del carico	I _c = 1.00	I _q = 1.00	I _γ = 1.00
Fattori di profondità	D _c = 1.40	D _q = 1.30	Q _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del piano di posa	B _c = 1.00	B _q = 1.00	B _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del pendio	G _c = 1.00	G _q = 1.00	G _γ = 1.00

Verifica della portanza per carichi verticali

Simbologia adottata

<i>Cmb</i>	Indice della combinazione
<i>Fnd</i>	Indice della fondazione
<i>PF</i>	Rottura per punzonamento in presenza di falda
<i>q_u</i>	Portanza ultima, espressa in [kg/cm ^q]
<i>q_d</i>	Portanza di progetto, espressa in [kg/cm ^q]
<i>P_u</i>	Portanza ultima, espressa in [kg]
<i>P_d</i>	Portanza di progetto, espressa in [kg]
<i>V</i>	Carico ortogonale al piano di posa, espresso in [kg]
<i>η</i>	Fattore di sicurezza a carico limite ($\eta=P_d/V$)

Cmb	Fnd	PF	q _u	q _d	P _u	P _d	V	η
			[kg/cm ^q]	[kg/cm ^q]	[kg]	[kg]	[kg]	
1	1	NO	8,95	3,89	72765	31637	28899	1.09



- Plinto ricadente in "Area Geotecnica 2" – Cat. Sottosuolo C

Caratteristiche terreno e fondazione di progetto

Simbologia adottata

<i>Cmb</i>	Indice della combinazione
<i>Fnd</i>	Indice della fondazione
<i>H</i>	Altezza del cuneo di rottura, espressa in [m]
γ	Peso di volume, espressa in [kg/mc]
ϕ	Angolo di attrito, espressa in [°]
<i>c</i>	Coesione, espressa in [kg/cm ²]
<i>G</i>	Modulo di taglio, espresso in [kg/cm ²]
<i>B'</i>	Base ridotta per effetto dell'eccentricità del carico ($B'=B-2e_x$), espressa in [m]
<i>L'</i>	Lunghezza ridotta per effetto dell'eccentricità del carico ($L'=L-2e_y$), espressa in [m]
<i>R_{ex}</i>	Fattore di riduzione per carico eccentrico lungo X
<i>R_{ey}</i>	Fattore di riduzione per carico eccentrico lungo Y
<i>I_R</i>	Indice di rigidezza
<i>I_{RC}</i>	Indice di rigidezza critico

<i>Cmb</i>	<i>Fnd</i>	<i>H</i> [m]	γ [kg/mc]	ϕ [°]	<i>c</i> [kg/cm ²]	<i>G</i> [kg/cm ²]	<i>B'</i> [m]	<i>L'</i> [m]	<i>R_{ex}</i>	<i>R_{ey}</i>	<i>I_c</i>	<i>I_{RC}</i>
1	1	1,59	900,00	26,00	0,10	195,00	2,00	0,41	--	--	1,00	47,84

Fattori correttivi verifica capacità portante

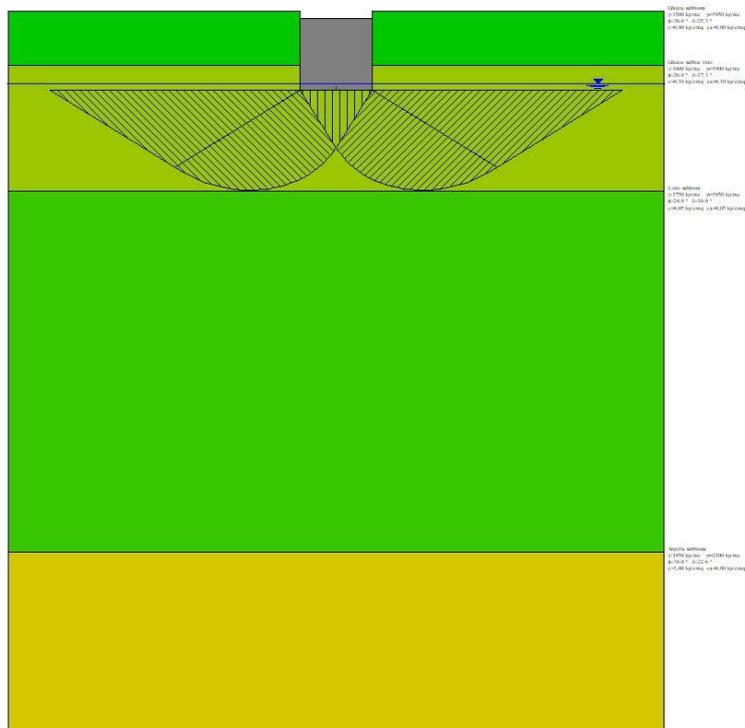
Fattori di capacità portante	$N_c = 22,25$	$N_q = 11,85$	$N_\gamma = 7,94$
Fattori di forma	$S_c = 1,11$	$S_q = 1,10$	$S_\gamma = 0,92$
Fattori per effetto del punzonamento	$\Psi_c = 1,00$	$\Psi_q = 1,00$	$\Psi_\gamma = 1,00$
Fattori di inclinazione del carico	$I_c = 1,00$	$I_q = 1,00$	$I_\gamma = 1,00$
Fattori di profondità	$D_c = 1,33$	$D_q = 1,26$	$D_\gamma = 1,00$
Fattori di inclinazione del piano di posa	$B_c = 1,00$	$B_q = 1,00$	$B_\gamma = 1,00$
Fattori di inclinazione del pendio	$G_c = 1,00$	$G_q = 1,00$	$G_\gamma = 1,00$

Verifica della portanza per carichi verticali

Simbologia adottata

<i>Cmb</i>	Indice della combinazione
<i>Fnd</i>	Indice della fondazione
<i>PF</i>	Rottura per punzonamento in presenza di falda
<i>q_u</i>	Portanza ultima, espressa in [kg/cm ²]
<i>q_d</i>	Portanza di progetto, espressa in [kg/cm ²]
<i>P_u</i>	Portanza ultima, espressa in [kg]
<i>P_d</i>	Portanza di progetto, espressa in [kg]
<i>V</i>	Carico ortogonale al piano di posa, espresso in [kg]
η	Fattore di sicurezza a carico limite ($\eta = P_d/V$)

Cmb	Fnd	PF	q_u [kg/cmq]	q_d [kg/cmq]	P_u [kg]	P_d [kg]	V [kg]	η
1	1	NO	8,71	3,79	70763	30766	28899	1.06



- Plinto ricadente in "Area Geotecnica 2" – Cat. Sottosuolo E

Caratteristiche terreno e fondazione di progetto

Simbologia adottata

<i>Cmb</i>	Indice della combinazione
<i>Fnd</i>	Indice della fondazione
<i>H</i>	Altezza del cuneo di rottura, espressa in [m]
γ	Peso di volume, espressa in [kg/mc]
ϕ	Angolo di attrito, espressa in [°]
<i>c</i>	Coesione, espressa in [kg/cmq]
<i>G</i>	Modulo di taglio, espresso in [kg/cmq]
<i>B'</i>	Base ridotta per effetto dell'eccentricità del carico ($B'=B-2e_x$), espressa in [m]
<i>L'</i>	Lunghezza ridotta per effetto dell'eccentricità del carico ($L'=L-2e_y$), espressa in [m]
<i>R_{ex}</i>	Fattore di riduzione per carico eccentrico lungo X
<i>R_{ey}</i>	Fattore di riduzione per carico eccentrico lungo Y
<i>I_R</i>	Indice di rigidezza
<i>I_{RC}</i>	Indice di rigidezza critico

Cmb	Fnd	H [m]	γ [kg/mc]	ϕ [°]	c [kg/cmq]	G [kg/cmq]	B' [m]	L' [m]	R _{ex}	R _{ey}	I _c	I _{RC}
1	1	1,59	900,00	26.00	0,10	195,00	2,00	0,41	--	--	1.00	47.84

Fattori correttivi verifica capacità portante

Fattori di capacità portante	N _c = 22.25	N _q = 11.85	N _γ = 7.94
Fattori di forma	S _c = 1.11	S _q = 1.10	S _γ = 0.92
Fattori per effetto del punzonamento	Ψ _c = 1.00	Ψ _q = 1.00	Ψ _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del carico	I _c = 1.00	I _q = 1.00	I _γ = 1.00
Fattori di profondità	D _c = 1.40	D _q = 1.31	Q _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del piano di posa	B _c = 1.00	B _q = 1.00	B _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del pendio	G _c = 1.00	G _q = 1.00	G _γ = 1.00

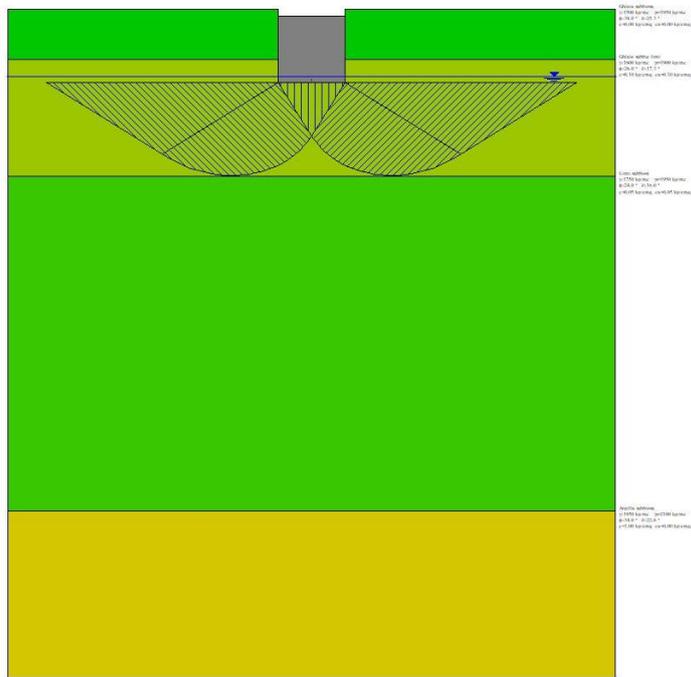
Verifica della portanza per carichi verticali

Simbologia adottata

<i>Cmb</i>	Indice della combinazione
<i>Fnd</i>	Indice della fondazione

PF Rottura per punzonamento in presenza di falda
q_u Portanza ultima, espressa in [kg/cm²]
q_d Portanza di progetto, espressa in [kg/cm²]
P_u Portanza ultima, espressa in [kg]
P_d Portanza di progetto, espressa in [kg]
V Carico ortogonale al piano di posa, espresso in [kg]
η Fattore di sicurezza a carico limite ($\eta = P_d/V$)

Cmb	Fnd	PF	q _u [kg/cm ²]	q _d [kg/cm ²]	P _u [kg]	P _d [kg]	V [kg]	η
1	1	NO	8,78	3,82	71367	31029	28899	1.07



- Plinto ricadente in “Area Geotecnica 3” – Cat. Sottosuolo B

Caratteristiche terreno e fondazione di progetto

Simbologia adottata

Cmb Indice della combinazione
Fnd Indice della fondazione
H Altezza del cono di rottura, espressa in [m]
 γ Peso di volume, espressa in [kg/mc]
 ϕ Angolo di attrito, espressa in [°]
c Coesione, espressa in [kg/cm²]
G Modulo di taglio, espresso in [kg/cm²]
B' Base ridotta per effetto dell'eccentricità del carico ($B' = B - 2e_x$), espressa in [m]
L' Lunghezza ridotta per effetto dell'eccentricità del carico ($L' = L - 2e_y$), espressa in [m]
R_{ex} Fattore di riduzione per carico eccentrico lungo X
R_{ey} Fattore di riduzione per carico eccentrico lungo Y
I_R Indice di rigidità
I_{RC} Indice di rigidità critico

Cmb	Fnd	H [m]	γ [kg/mc]	φ [°]	c [kg/cm ²]	G [kg/cm ²]	B' [m]	L' [m]	R _{ex}	R _{ey}	I _c	I _{RC}
1	1	1,60	900,00	26,00	0,10	195,00	2,00	0,41	--	--	1,00	47,84

Fattori correttivi verifica capacità portante

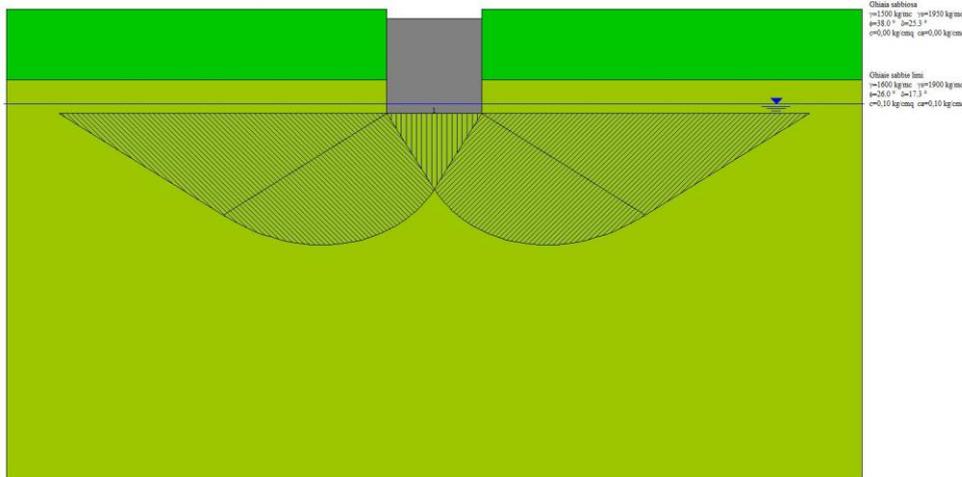
Fattori di capacità portante	N _c = 22.25	N _q = 11.85	N _γ = 7.94
Fattori di forma	S _c = 1.11	S _q = 1.10	S _γ = 0.92
Fattori per effetto del punzonamento	Ψ _c = 1.00	Ψ _q = 1.00	Ψ _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del carico	I _c = 1.00	I _q = 1.00	I _γ = 1.00
Fattori di profondità	D _c = 1.33	D _q = 1.26	Q _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del piano di posa	B _c = 1.00	B _q = 1.00	B _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del pendio	G _c = 1.00	G _q = 1.00	G _γ = 1.00

Verifica della portanza per carichi verticali

Simbologia adottata

<i>Cmb</i>	Indice della combinazione
<i>Fnd</i>	Indice della fondazione
<i>PF</i>	Rottura per punzonamento in presenza di falda
<i>q_u</i>	Portanza ultima, espressa in [kg/cm ²]
<i>q_d</i>	Portanza di progetto, espressa in [kg/cm ²]
<i>P_u</i>	Portanza ultima, espressa in [kg]
<i>P_d</i>	Portanza di progetto, espressa in [kg]
<i>V</i>	Carico ortogonale al piano di posa, espresso in [kg]
<i>η</i>	Fattore di sicurezza a carico limite ($\eta = P_d/V$)

Cmb	Fnd	PF	q _u [kg/cm ²]	q _d [kg/cm ²]	P _u [kg]	P _d [kg]	V [kg]	η
1	1	NO	8,71	3,79	70763	30766	28899	1.06



1.5. Conclusioni

Vista la situazione geologica geomorfologica e idrogeologica si esclude che l'opera in progetto provochi alterazioni al sistema idrogeologico esistente.

Per quanto riguarda le indicazioni progettuali per la costruzione si prescrivono le seguenti raccomandazioni:

- le fondazioni dovranno essere impostate alla quota prevista in progetto e, comunque, dovrà essere verificato che il piano di posa sia costituito da materiale omogeneo;
- per i plinti ricadenti nell'area "Area Geotecnica 1" si dovrà aumentare l'approfondimento del piano di posa della fondazione di ulteriori 80 cm e successivo riempimento con materiale arido di cava di varia pezzatura;
- lo scavo per l'imposta delle fondazioni dovrà essere fatto con la dovuta cautela, dotando il cantiere di tutte le opere provvisorie atte a garantire la stabilità delle pareti e sarà compito del direttore dei lavori verificare la necessità di intervenire in tal senso con delle preventive opere di consolidamento;
- considerato che l'area ove sorgerà la nuova Sotto Stazione Elettrica ricade in area a rischio idraulico alto "R3" (Piano di Bacino – Ambito 20), si ritiene consigliabile provvedere all'innalzamento della struttura e delle attrezzature al di sopra del piano di campagna.

Data emissione

Dicembre 2021

