



REGIONE SICILIA
PROVINCIA DI TRAPANI
COMUNE DI BUSETO PALIZZOLO
COMUNE DI ERICE

OGGETTO

PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO PER UNA POTENZA NOMINALE DI 58,113 MWp (45 MW IN IMMISSIONE) INTEGRATO DA UN SISTEMA DI ACCUMULO DA 36 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI BUSETO PALIZZOLO ED ERICE (TP)

PROGETTO DEFINITIVO

PROPONENTE



TITOLO

RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

PROGETTISTA

Dott. Ing. Girolamo Gorgone

STRUTTURISTA

DOLMEN S.r.l.

CODICE ELABORATO

XB_R_11_A_D

SCALA

n° Rev.	DESCRIZIONE REVISIONE	DATA	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO

Rif. PROGETTO

N. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

NOME FILE DI STAMPA

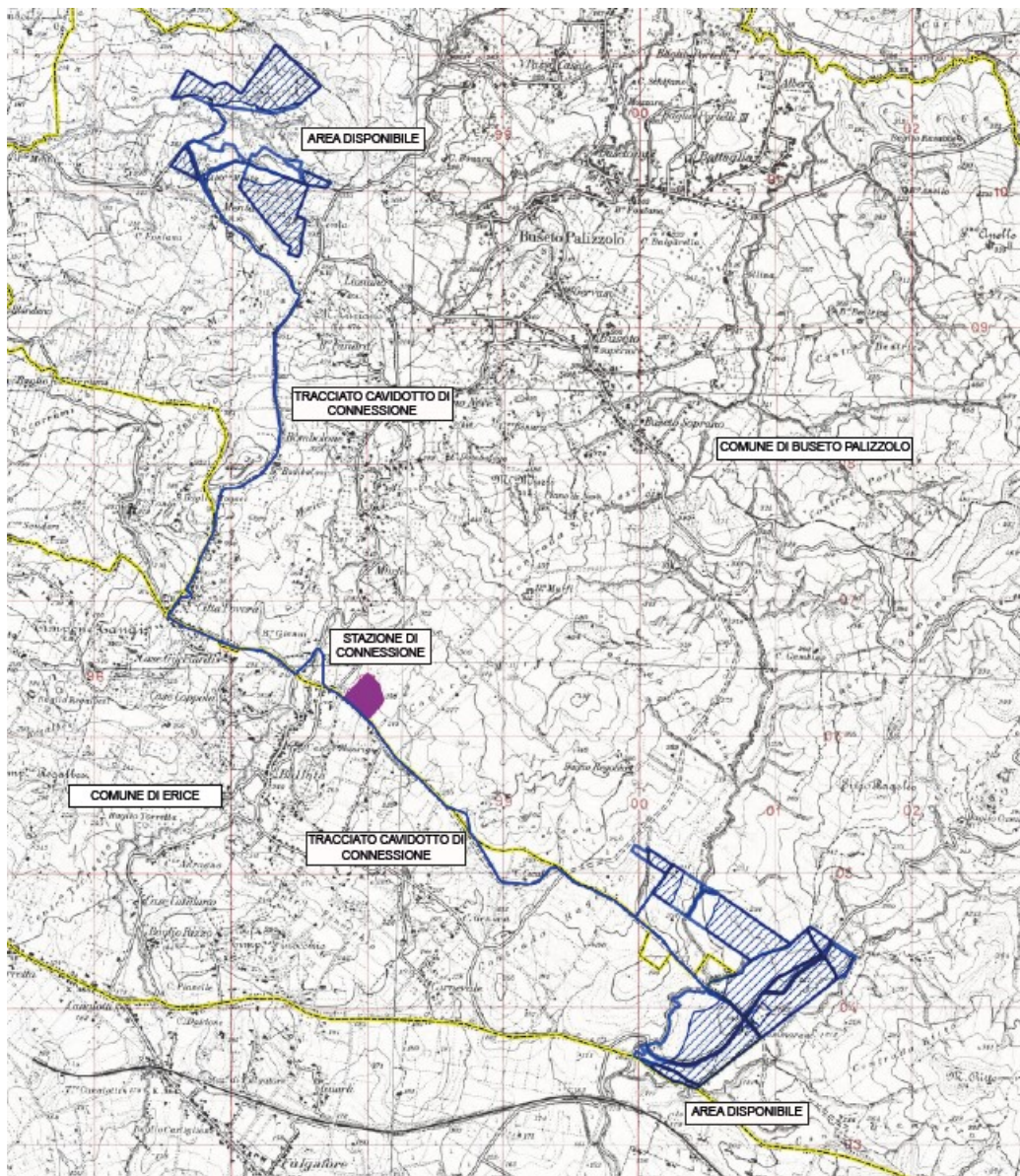
SCALA DI STAMPA DA FILE

Sommario

1. PREMESSA.....	2
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
3. STRUTTURE DA REALIZZARE.....	3
4. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE.....	4
5. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE SUI TERRENI.....	4
6. STRINGHE FOTOVOLTAICHE AD INSEGUIMENTO SOLARE.....	5
6.1 Calcolo della capacità portante (pali di fondazione).....	5
6.1.1 Calcolo del carico limite verticale dei pali.....	6
6.1.2 Considerazioni normative.....	6
6.2.3 Calcolo del carico limite orizzontale dei pali.....	8
7. STRINGHE FOTOVOLTAICHE FISSE.....	10
8. FONDAZIONI EDIFICI AUSILIARI.....	12
8.1 Calcolo della capacità portante (fondazioni superficiali).....	12
8.1.1 Power Station.....	13
8.1.2 Cabine ausiliarie prefabbricate.....	15
8.1.3 Control Room.....	17
8.1.4 Locali Batteria.....	19

1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la *Relazione Geotecnica e Sismica preliminare* delle strutture parte integrante del Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto di generazione di energia da fonte solare di tipo agro-fotovoltaico per una potenza nominale pari a 58,113 MWp (45 MW in immissione), di cui 34,2738 MWp da moduli ad inseguimento monoassiale e 23,8392 MWp da moduli su struttura fissa, integrato da un sistema di accumulo da 36 MW. L'impianto, con le relative opere di connessione alla Rete Elettrica Nazionale, interessa i comuni di Erice e Buseto Palizzolo, nella provincia di Trapani.



(Inquadramento su IGM dell'intervento)

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa di riferimento utilizzata per le verifiche e per la determinazione delle azioni sulle strutture è la seguente:

- **Legge 05/11/1971 n. 1086** "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- **Legge 02/02/1974 n. 64** "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- **CEI 11-4 03/1988** "Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne"
- **CNR-DT 207/2008** "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni"
- **D.M. 14/01/2008** "Nuove norme tecniche per le costruzioni" – Allegato B: Tabelle dei parametri che definiscono l'azione sismica;
- **D.M. 17/01/2018** Aggiornamento delle "Nuove Norme tecniche per le costruzioni"
- **Circ. 21/01/2019 n. 7 C.S.LL.PP.** "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"

3. STRUTTURE DA REALIZZARE

Nell'ambito del parco fotovoltaico dovranno essere realizzate le seguenti strutture:

- Stringe di pannelli fotovoltaici ad inseguimento nei moduli 2x15 e 2x30 costituite da strutture metalliche con pali in acciaio infissi nel terreno;
- Stringhe di pannelli fotovoltaici fissi da 2x30 moduli costituite da strutture metalliche con pali in acciaio infissi nel terreno;
- Power Station a 2-3-4 inverter con trasformatore e blocco quadri MT;
- Cabine ausiliarie prefabbricate;
- Control room costituita da container metallico;
- Locali batteria;

Nel primo caso si tratta di pali infissi nel terreno e nella presente relazione si determinerà il carico limite del complesso montante infisso-terreno secondo le teorie relative a pali infissi nel terreno soggetti a carichi trasversali.

Nei casi da 2 a 5 invece le fondazioni, per la natura delle strutture in elevazione, sono costituite da platee continue di fondazione di forma rettangolare. Si determinerà il carico limite verticale del complesso fondazione-terreno relativamente al caso di fondazioni superficiali.

Per le caratteristiche meccaniche dei terreni interessati dalle opere di fondazione delle strutture da

realizzare si rimanda a quanto riportato nella relazione geologica. Riguardo alle azioni che le strutture in elevazione scaricano sulle fondazioni si farà invece riferimento alla “Relazione di calcolo preliminare”.

4. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Le indagini sismiche a rifrazione mirate alla valutazione della velocità delle onde di taglio (V_{s30}), permettono di classificare il profilo stratigrafico, ai fini della determinazione dell'azione sismica, di **categoria C** [*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30.0 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]. Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni geologica.

5. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE SUI TERRENI

Le indagini geologiche, effettuate dal geologo, per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccanica dei litotipi riscontrati, hanno consentito di risalire alle caratteristiche geotecniche poste alla base dei calcoli di portata del sistema fondale.

Dai dati raccolti, in definitiva, è stato possibile ricostruire la seguente colonna stratigrafica, procedendo dall'alto verso il basso:

- *Suolo agrario (Sa)*: costituito da materiali organici di varia natura, notevolmente eterogeneo (spessore: 0.80 m);
- *Argille limose (DAT-AA)*: argilla limosa alterata di colore giallastro consistente mediamente umida con inclusi litoidi di varia forma e geometria al massimo da 0.5 cm (profondità: da 0.80 a 7.00 m);
- *Argille sabbiose (DAT-FB)*: argilla sabbiosa con limo di colore grigio verde con luoghi arancioni umida alterata piuttosto consistente con frammenti argillitici e argillito-marnosi (profondità: da 7.00 m in giù)

Per quanto riguarda la presenza di falda acquifera, essa è risultata assente.

Circa le caratteristiche geotecniche dei litotipi incontrati si è fatto riferimento ai dati riportati nella relazione geologica e riassunti nella tabella sottostante, per singola verticale indagata (le verticali

indagate sono state due, si riportano i valori minimi riscontrati):

Strato	Peso specifico	Angolo di attrito	Coesione c' N.D.	Coesione cu
Suolo agrario	1800 daN/m ³	18°	0.00 daN/m ²	
Argilla limosa	1800 daN/m ³	23°	665 daN/m ²	

Riguardo al primo strato di terreno, denominato suolo agrario, esso non presenta buonissime caratteristiche meccaniche ed essendo oggetto di fenomeni organici di decomposizione sarebbe soggetto a forti cedimenti anche differenziali per carichi verticali. Pertanto per le strutture di fondazione superficiali (Power Station, Cabina di controllo, Control room, Locali batterie, ecc.) esso verrà eliminato e sostituito con terreno arido di migliori caratteristiche geotecniche, oppure con un getto di magrone.

6. STRINGHE FOTOVOLTAICHE AD INSEGUIMENTO SOLARE

Riguardo alle fondazioni di queste strutture esse sono costituite da montanti in elevazione, realizzati con profili metallici HEA240, che vengono infissi nel terreno per circa 5.30 m in modo da poter sopportare i carichi verticali ed orizzontali su di essi agenti.

L'inserimento dei montanti nel terreno avviene per infissione a mezzo di vibrazioni e di battipalo.

Le massime sollecitazioni cui sono sottoposti i montanti sono state ricavate nella "Relazione di calcolo preliminare" e riguardo alle azioni orizzontali esse valgono al massimo $V=6420$ daN nella combinazione SLU con vento per la stringa da 2x15 moduli (la stringa 2x30 moduli ha delle azioni orizzontali e verticali inferiori).

6.1 Calcolo della capacità portante (pali di fondazione)

Il calcolo della capacità portante dei pali viene svolto secondo metodi di calcolo analitici, dove il valore di calcolo della portanza viene determinato a partire dalla resistenza caratteristica del singolo palo, ovvero secondo quanto riportato al punto **b)** del § 6.4.3.1.1

Le risultanze numeriche circa la portanza dei pali verranno riportate nei tabulati allegati alla

presente relazione. Qui si vogliono semplicemente richiamare alcuni cenni teorici ed esplicitare le espressioni che regolano il calcolo della portanza limite e di esercizio di un palo.

6.1.1 Calcolo del carico limite verticale dei pali

Come è noto, il carico limite verticale di un palo di fondazione è somma di due componenti:

$$Q_{lim} = Q_p + Q_s$$

dove Q_p è la portanza alla punta, mentre Q_s è quella laterale.

Si svolgeranno considerazioni circa la sola condizione drenata, non essendo presente alla quota dei pali falda acquifera e considerando anche la natura dei terreni, con alta permeabilità, che consente di escludere la formazione di indesiderate pressioni neutre e quindi le condizioni non drenate.

In questo caso la portanza unitaria alla punta è data da:

$$q_p = N_c \cdot c' + N_q \cdot q$$

dove c' =coesione efficace, q =litostatica alla punta del palo, N_c ed N_q =fattori di portanza adimensionali, funzioni dell'angolo d'attrito interno del terreno ricadente in corrispondenza della punta del palo, e del rapporto L/d .

La resistenza laterale unitaria q_s , non è costante ma varia linearmente con la profondità. Alla generica profondità z verrà valutata come aliquota della pressione verticale con l'espressione:

$$q_s = k \cdot \mu \cdot q_z$$

dove: μ =coefficiente d'attrito palo terreno pari a $\tan \varphi$, k =coefficiente di spinta a riposo, $q_z = \gamma \cdot z$.

Il carico complessivo per attrito laterale vale, considerando le diverse caratteristiche del terreno attraversato:

$$Q_s = \pi \cdot d \cdot \int k \cdot \mu \cdot q_z \cdot dz$$

Nel definire le caratteristiche geotecniche del terreno si è aumentato di 3° il valore dell'angolo d'attrito sopra riportato per tener conto della benefica azione di compressione laterale esercitata sul terreno durante le operazioni di infissione dei montanti nello stesso.

6.1.2 Considerazioni normative

Il valore di portanza del palo va ricavato a partire da ben precisi coefficienti di sicurezza, e

confrontato con sollecitazioni ricavate dalle combinazioni di carico cui è stata assoggettata la struttura in elevazione, eventualmente abbattendo le caratteristiche geotecniche dei terreni attraversati dal palo. Sinteticamente la norma indica la seguente espressione:

(A1+M1+R3)

Dove con **A** si intende il set dei coefficienti parziali da applicare ai carichi verticali sulla struttura in elevazione esposti nella tabella 6.2.I, dove si evince che il set **A1** è di fatto identico nei valori a quanto riportato nella tabella 2.6.I - A1; con **M** il set di fattori gamma da applicare a denominatore dei parametri geotecnici del terreno dati dalla tabella 6.2.II (che per il set **M1** prevede tutti valori unitari); ed **R** il set di coefficienti di sicurezza da applicare a denominatore delle resistenze caratteristiche del complesso palo-terreno, esposti nella tabella 6.4.II (che per il set **R3**, pali infissi, vale **1.15** per la resistenza alla punta e **1.15** per la resistenza laterale)

Per definire i valori caratteristici si è operato, come prevede la Norma, calcolando in corrispondenza di ogni verticale di indagine a disposizione, la portanza analitica del palo, di dato diametro e lunghezza, in funzione della effettiva situazione stratigrafica riscontrata. Da questi singoli valori di portanza si sono ricavati i valori medi ed il valore minimo. Nel caso specifico si ha a disposizione una sola verticale di indagine.

Il valore caratteristico del complesso palo-terreno è stato quindi ottenuto applicando al valor medio il fattore di correlazione ξ_3 ed al valore minimo il fattore di correlazione ξ_4 . Il minore tra i valori così ottenuti è pari al valore caratteristico di portanza del palo in studio.

I fattori di correlazione ξ_3 ed ξ_4 , riportati nella norma nella tabella 6.4.IV, valgono nel caso specifico, per n. 2 di verticali indagate, rispettivamente 1.65 ed 1.55.

Nel tabulato di calcolo riportato in allegato viene determinato il carico limite verticale, con tutte le considerazioni e formule di cui sopra, pari a:

5288 daN

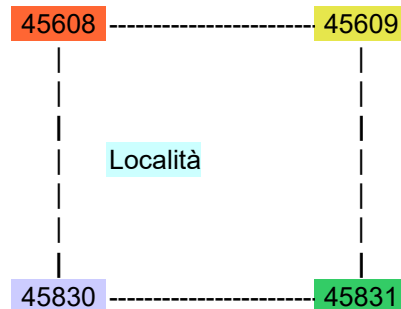
A questo valore andrà sottratto il peso del palo: $5288 - 5.80 \times 60.3 \times 1.3 = \mathbf{4833 \text{ daN}}$

Poichè il massimo carico agente sui montanti si ha nel caso del modulo 2x15 pari a **4490 daN** la verifica ha esito positivo, poiché $R_d > E_d$.

COMMESSA:	1164/2022	Revisione:	0
COMMITTENTE:	X-ELIO S.p.A.		
PROGETTO:	Impianto agro-fotovoltaico nei comuni di Buseto Palizzolo ed Erice (TP)		

**DETERMINAZIONE PARAMETRI SISMICI E SPETTRI DI RISPOSTA secondo DM 14/01/2008
(Allegato B – e §3.2 DM 17/01/2018)**

Località				Coordinate dei 4 punti più vicini alla località			
Buseto Palizzolo (PA)				Punto	Long	Lat	DIST [°]
Coordinate geografiche della località				45608	12,668	38,032	0,037
	LON	LAT		45609	12,731	38,032	0,031
	12,703	38,019		45830	12,669	37,982	0,050
				45831	12,732	37,982	0,047



Riepilogo dati sismici dei 4 punti del reticolo (punti INGV)

ID	$T_R=30$			$T_R=50$			$T_R=72$		
	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*
45608	0,184	2,490	0,150	0,249	2,450	0,190	0,297	2,440	0,210
45609	0,203	2,470	0,150	0,275	2,430	0,200	0,326	2,450	0,210
45830	0,189	2,480	0,150	0,256	2,450	0,190	0,305	2,440	0,210
45831	0,210	2,460	0,170	0,283	2,420	0,200	0,335	2,450	0,220
	$T_R=101$			$T_R=140$			$T_R=201$		
	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*
	0,342	2,470	0,220	0,386	2,510	0,260	0,446	2,480	0,280
	0,373	2,490	0,240	0,425	2,500	0,260	0,492	2,490	0,280
	0,351	2,480	0,220	0,395	2,520	0,260	0,459	2,490	0,280
	0,383	2,500	0,250	0,439	2,490	0,260	0,507	2,500	0,280
	$T_R=475$			$T_R=975$			$T_R=2475$		
	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*
	0,600	2,560	0,310	0,760	2,610	0,340	0,994	2,700	0,360
	0,665	2,550	0,320	0,843	2,610	0,340	1,116	2,690	0,360
	0,618	2,560	0,310	0,785	2,630	0,340	1,037	2,700	0,360
	0,689	2,550	0,320	0,880	2,610	0,340	1,173	2,680	0,360

Vita nominale della struttura

Tipologia di costruzione	2 – Opere ordinarie	
Vita nominale V_n	anni	50
Classe d'uso della struttura	Classe IV	
Coefficiente C_u	2	
Periodo di riferimento per l'azione sismica V_R	anni	100
Tempo di ritorno sisma SLO	anni	60
Tempo di ritorno sisma SLD	anni	100
Tempo di ritorno sisma SLV	anni	949
Tempo di ritorno sisma SLC	anni	1949

COMMESSA:	1164/2022	Revisione:	0
COMMITTENTE:	X-ELIO S.p.A.		
PROGETTO:	Impianto agro-fotovoltaico nei comuni di Buseto Palizzolo ed Erice (TP)		

Dati sismici dei 4 punti del reticolo per periodo di ritorno azione sismica (SLO, SLD, SLV, SLC)

SLO ID	$T_R = 60$			<i>Interpolazione in funzione della distanza</i>
	a_g	F_0	T_c^*	
45608	0,272	2,445	0,200	
45609	0,299	2,440	0,205	
45830	0,279	2,445	0,200	
45831	0,308	2,435	0,210	

	a_g	F_0	T_c^*
Località	0,290	2,441	0,204

SLD ID	$T_R = 100$			<i>Interpolazione in funzione della distanza</i>
	a_g	F_0	T_c^*	
45608	0,341	2,469	0,220	
45609	0,372	2,489	0,239	
45830	0,350	2,479	0,220	
45831	0,381	2,499	0,249	

	a_g	F_0	T_c^*
Località	0,361	2,484	0,232

SLV ID	$T_R = 949$			<i>Interpolazione in funzione della distanza</i>
	a_g	F_0	T_c^*	
45608	0,753	2,608	0,339	
45609	0,836	2,608	0,339	
45830	0,778	2,627	0,339	
45831	0,872	2,608	0,339	

	a_g	F_0	T_c^*
Località	0,810	2,612	0,339

SLC ID	$T_R = 1949$			<i>Interpolazione in funzione della distanza</i>
	a_g	F_0	T_c^*	
45608	0,928	2,677	0,355	
45609	1,039	2,669	0,355	
45830	0,966	2,682	0,355	
45831	1,090	2,662	0,355	

	a_g	F_0	T_c^*
Località	1,005	2,672	0,355

Definizione degli spettri di risposta per gli Stati limite esaminati

Categoria del suolo di fondazione		C
Condizioni topografiche		T1
Smorzamento viscoso convenzionale		5%
η		1,00
Fattore di struttura	q_0	1,00
Fattore K_R	Struttura regolare in altezza	1,00
Fattore di struttura		1,00

COMMESSA:	1164/2022	Revisione:	0
COMMITTENTE:	X-ELIO S.p.A.		
PROGETTO:	Impianto agro-fotovoltaico nei comuni di Buseto Palizzolo ed Erice (TP)		

Definizione dei valori di S, TB, TC e TD dello spettro di risposta SLO

S	1,50			C _c	1,776	
T _b	0,120		T _c	0,361	T _d	1,718

Dati spettro	
Secondi	Ordinata elast.
0,000	0,044
0,120	0,108
0,132	0,108
0,170	0,108
0,175	0,108
0,361	0,108
0,395	0,099
0,509	0,077
0,524	0,075
0,633	0,062
0,904	0,043
1,175	0,033
1,447	0,027
1,718	0,023
1,747	0,022
1,930	0,018
2,010	0,017
3,087	0,007
3,544	0,005
4,000	0,004

Inizio tratto orizzontale SLO (Tb)

Inizio tratto orizzontale SLD (Tb)

Inizio tratto orizzontale SLV (Tb)

Inizio tratto orizzontale SLC (Tb)

Fine tratto orizzontale SLO (Tc)

Fine tratto orizzontale SLD (Tc)

Fine tratto orizzontale SLV (Tc)

Fine tratto orizzontale SLC (Tc)

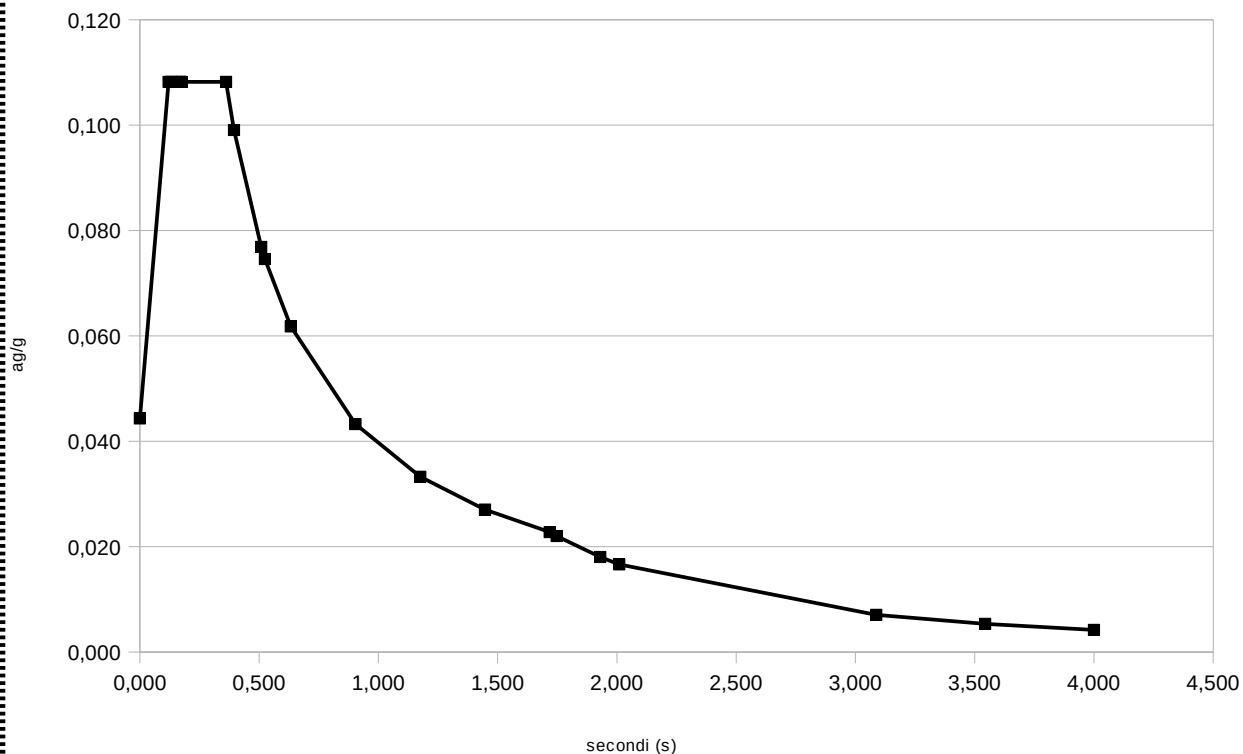
Inizio ultimo tratto SLO (Td)

Inizio ultimo tratto SLD (Td)

Inizio ultimo tratto SLV (Td)

Inizio ultimo tratto SLC (Td)

Spettro di risposta elastico SLO



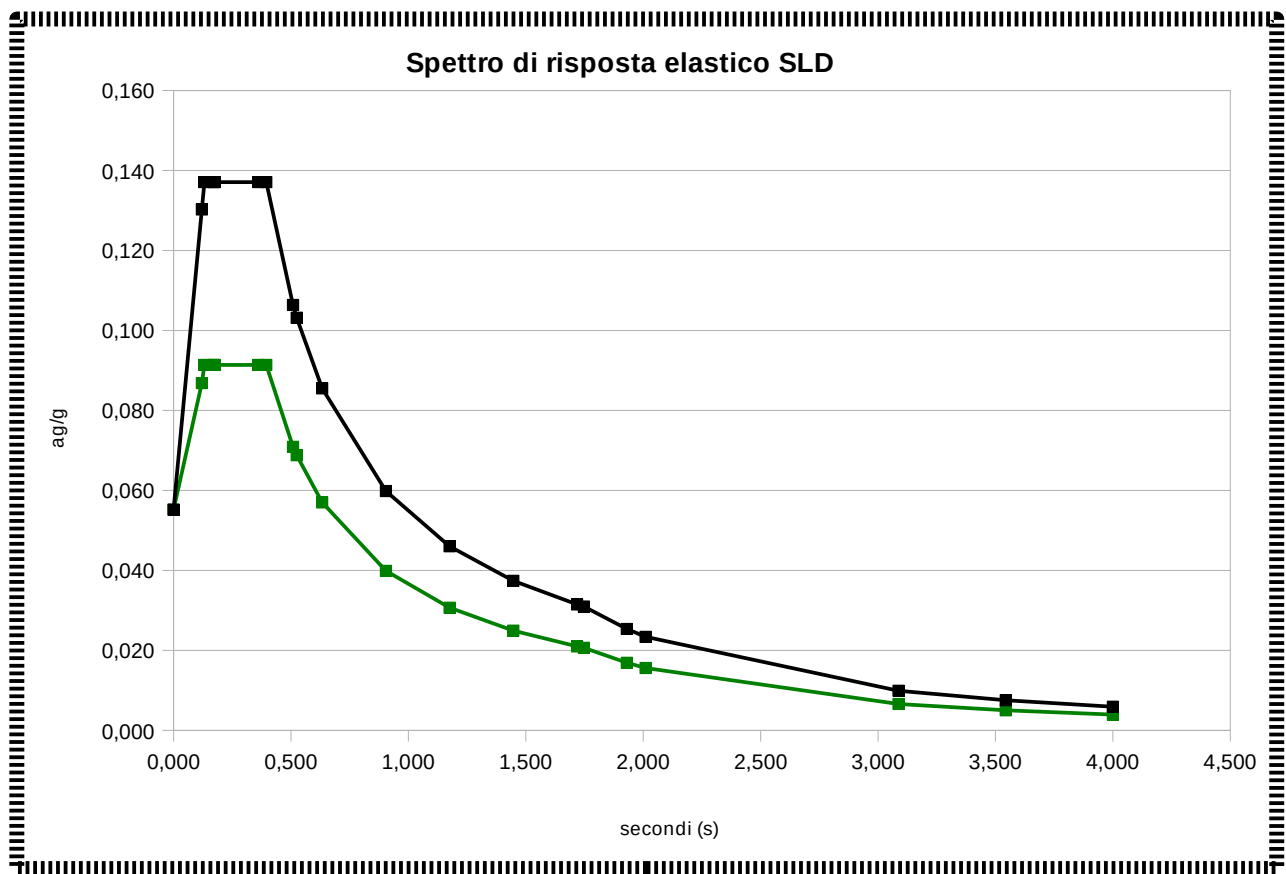
COMMESSA:	1164/2022	Revisione:	0
COMMITTENTE:	X-ELIO S.p.A.		
PROGETTO:	Impianto agro-fotovoltaico nei comuni di Buseto Palizzolo ed Erice (TP)		
Definizione dei valori di S, TB, TC e TD degli spettri di risposta SLD			
S	1,50		C _c 1,700
T _b	0,132	T _c 0,395	T _d 1,747

Dati spettro		punto 7.3.7.1	
Secondi	Ordinata elast.	con $\eta=2/3$	
0,000	0,055	0,055	
0,120	0,130	0,087	
0,132	0,137	0,091	
0,170	0,137	0,091	
0,175	0,137	0,091	
0,361	0,137	0,091	
0,395	0,137	0,091	
0,509	0,106	0,071	
0,524	0,103	0,069	
0,633	0,086	0,057	
0,904	0,060	0,040	
1,175	0,046	0,031	
1,447	0,037	0,025	
1,718	0,031	0,021	
1,747	0,031	0,021	
1,930	0,025	0,017	
2,010	0,023	0,016	
3,087	0,010	0,007	
3,544	0,008	0,005	
4,000	0,006	0,004	

----- Colore verde nel grafico

Inizio tratto orizzontale SLO (Tb)
Inizio tratto orizzontale SLD (Tb)
 Inizio tratto orizzontale SLV (Tb)
 Inizio tratto orizzontale SLC (Tb)
 Fine tratto orizzontale SLO (Tc)
Fine tratto orizzontale SLD (Tc)
 Fine tratto orizzontale SLV (Tc)
 Fine tratto orizzontale SLC (Tc)

Inizio ultimo tratto SLO (Td)
Inizio ultimo tratto SLD (Td)
 Inizio ultimo tratto SLV (Td)
 Inizio ultimo tratto SLC (Td)



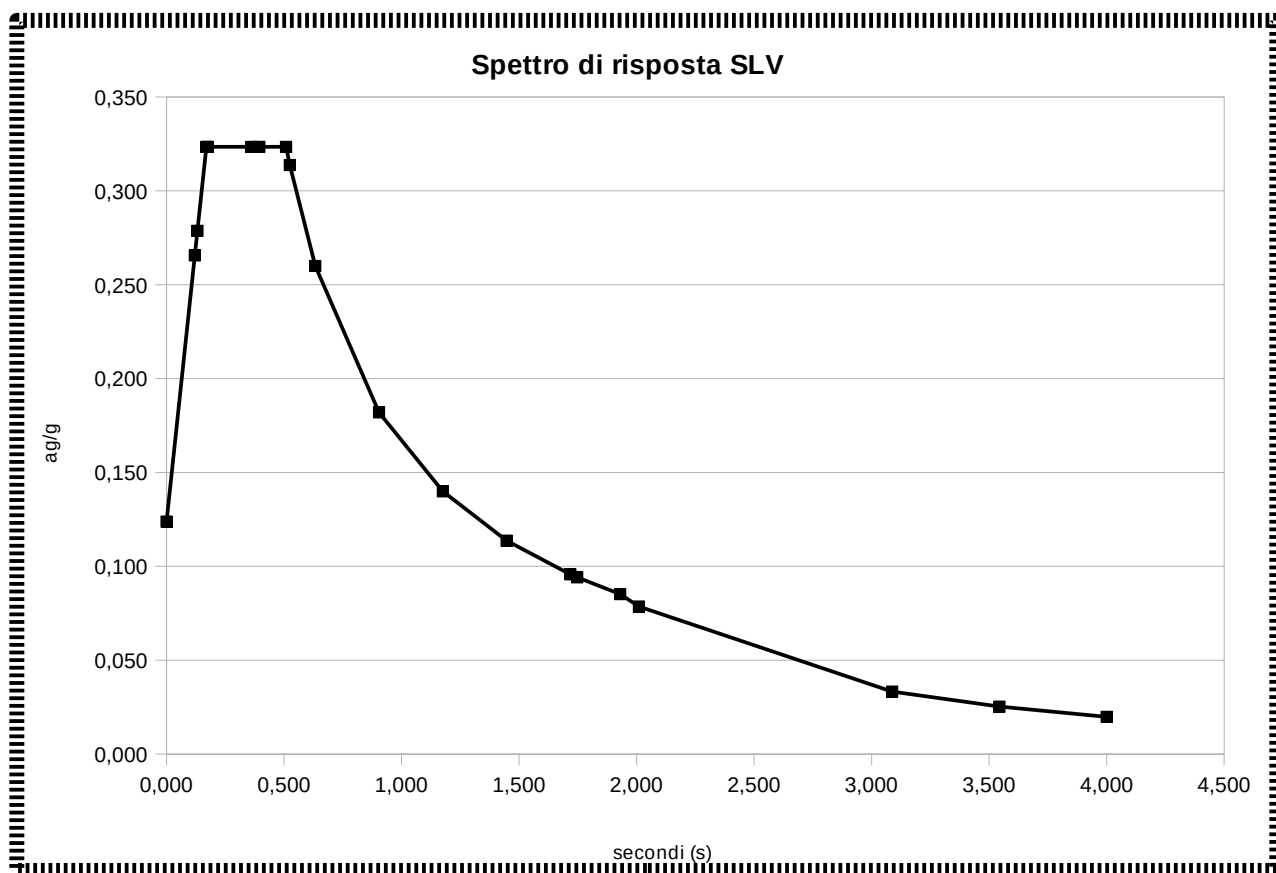
Definizione dei valori di S, TB, TC e TD dello spettro di risposta SLV

COMMESSA:	1164/2022	Revisione:	0
COMMITTENTE:	X-ELIO S.p.A.		
PROGETTO:	Impianto agro-fotovoltaico nei comuni di Buseto Palizzolo ed Erice (TP)		
S	1,5	C _c	1,5004
T _b	0,170	T _c	0,509
		T _d	1,930

Dati spettro Secondi	Fattore di struttura	
	Ordinata elast.	Ordinata SLU
		1,00
0,000	0,124	0,124
0,120	0,266	0,266
0,132	0,279	0,279
0,170	0,323	0,323
0,175	0,323	0,323
0,361	0,323	0,323
0,395	0,323	0,323
0,509	0,323	0,323
0,524	0,314	0,314
0,633	0,260	0,260
0,904	0,182	0,182
1,175	0,140	0,140
1,447	0,114	0,114
1,718	0,096	0,096
1,747	0,094	0,094
1,930	0,085	0,085
2,010	0,079	0,079
3,087	0,033	0,033
3,544	0,025	0,025
4,000	0,020	0,020

Inizio tratto orizzontale SLO (T_b)
 Inizio tratto orizzontale SLD (T_b)
Inizio tratto orizzontale SLV (T_b)
 Inizio tratto orizzontale SLC (T_b)
 Fine tratto orizzontale SLO (T_c)
 Fine tratto orizzontale SLD (T_c)
Fine tratto orizzontale SLV (T_c)
 Fine tratto orizzontale SLC (T_c)

Inizio ultimo tratto SLO (T_d)
 Inizio ultimo tratto SLD (T_d)
Inizio ultimo tratto SLV (T_d)
 Inizio ultimo tratto SLC (T_d)



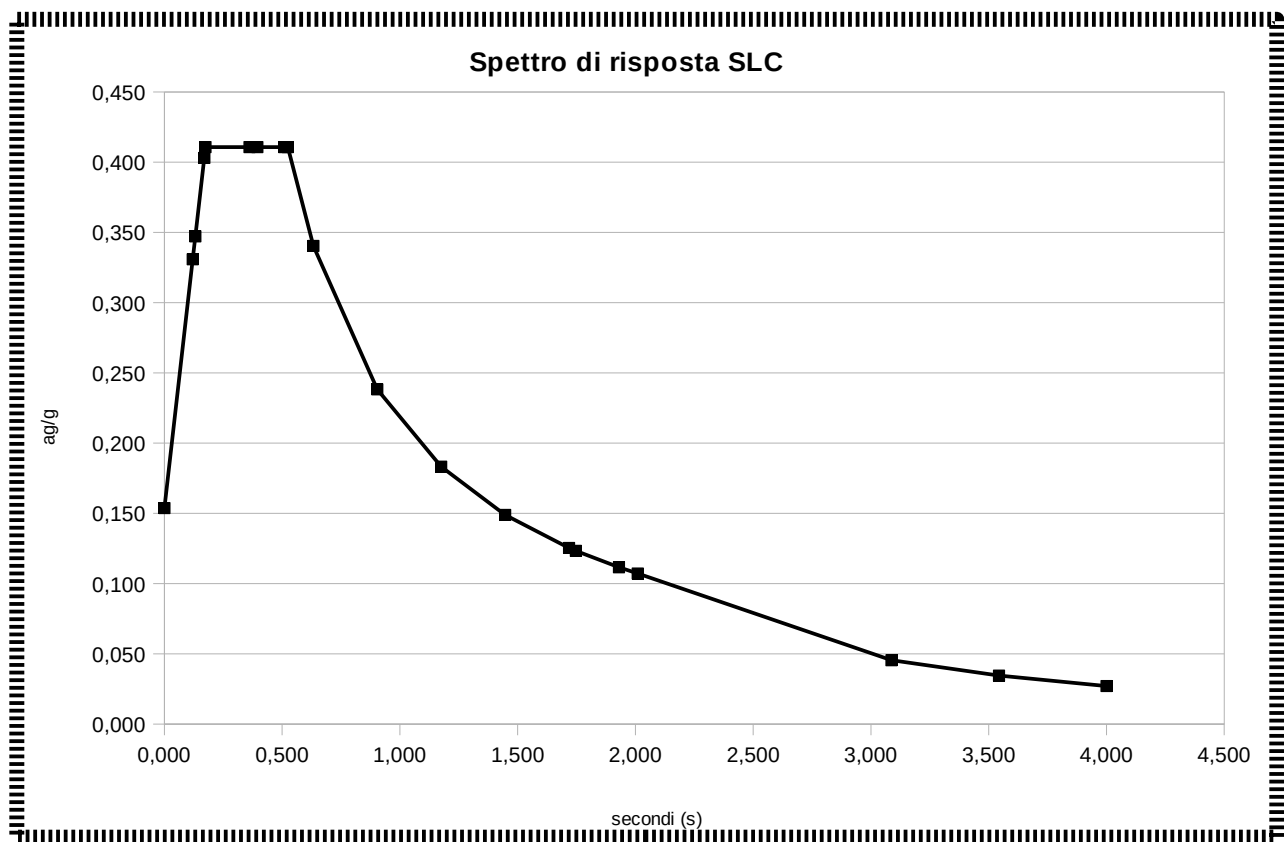
Definizione dei valori di S, TB, TC e TD dello spettro di risposta SLC			
S	1,5	C _c	1,4781

COMMESSA:	1164/2022	Revisione:	0
COMMITTENTE:	X-ELIO S.p.A.		
PROGETTO:	Impianto agro-fotovoltaico nei comuni di Buseto Palizzolo ed Erice (TP)		
T _b	0,175	T _c	0,524
		T _d	2,010

Dati spettro	Fattore di struttura		1,00
Secondi	Ordinata elast.	Ordinata SLU	
0,000	0,154	0,154	
0,120	0,331	0,331	
0,132	0,347	0,347	
0,170	0,403	0,403	
0,175	0,411	0,411	
0,361	0,411	0,411	
0,395	0,411	0,411	
0,509	0,411	0,411	
0,524	0,411	0,411	
0,633	0,340	0,340	
0,904	0,238	0,238	
1,175	0,183	0,183	
1,447	0,149	0,149	
1,718	0,125	0,125	
1,747	0,123	0,123	
1,930	0,112	0,112	
2,010	0,107	0,107	
3,087	0,045	0,045	
3,544	0,034	0,034	
4,000	0,027	0,027	

Inizio tratto orizzontale SLO (T_b)
 Inizio tratto orizzontale SLD (T_b)
 Inizio tratto orizzontale SLV (T_b)
Inizio tratto orizzontale SLC (T_b)
 Fine tratto orizzontale SLO (T_c)
 Fine tratto orizzontale SLD (T_c)
 Fine tratto orizzontale SLV (T_c)
Fine tratto orizzontale SLC (T_c)

 Inizio ultimo tratto SLO (T_d)
 Inizio ultimo tratto SLD (T_d)
 Inizio ultimo tratto SLV (T_d)
Inizio ultimo tratto SLC (T_d)



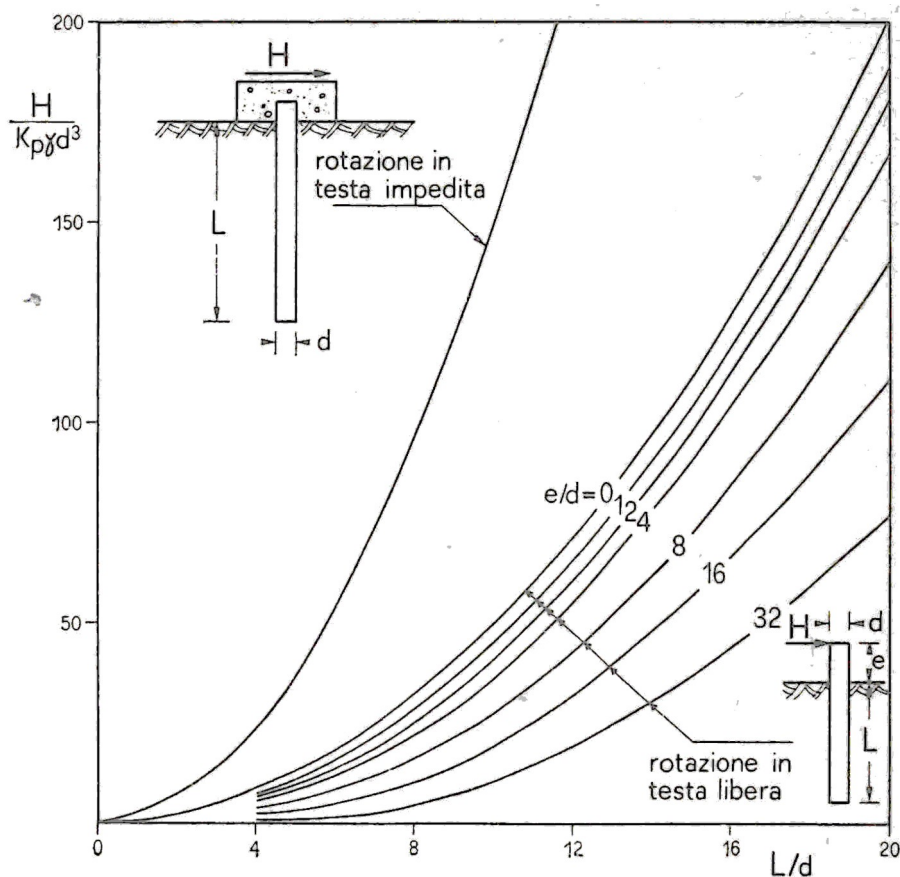
6.2.3 Calcolo del carico limite orizzontale dei pali

Il carico limite orizzontale è stato calcolato secondo la teoria sviluppata da Broms il quale assume che il comportamento dell'interfaccia palo-terreno sia di tipo rigido perfettamente plastico, e cioè che la resistenza del terreno si mobiliti interamente per un qualsiasi valore non nullo dello spostamento a rimanga costante al crescere dello spostamento stesso.

Si assume che il comportamento flessionale del palo sia di tipo rigido-perfettamente plastico, vale a dire che le rotazioni elastiche del palo sono trascurabili finché il momento flettente non raggiunge il valore M_y di plasticizzazione.

Il palo infisso è libero di ruotare in testa, ed il suo comportamento viene assimilato a quello di palo "lungo".

Per i terreni incoerenti Broms propone il seguente abaco:



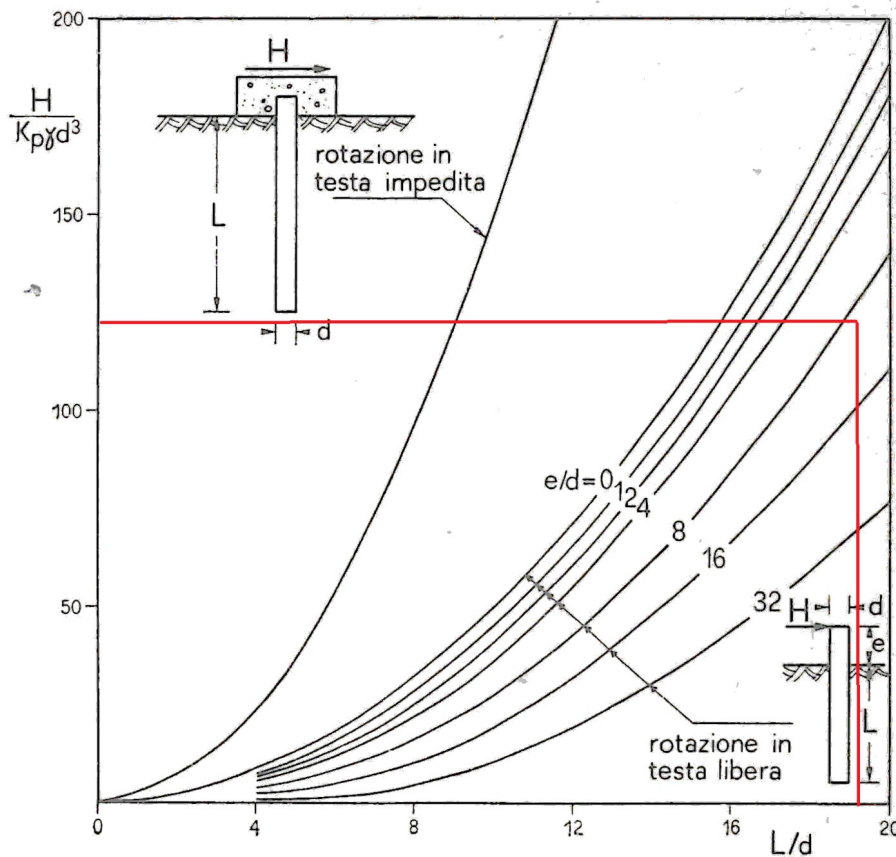
Nel nostro i valori di inserimento nel grafico sono i seguenti:

diametro "fittizio" del palo (involuppo di un profilo HEA240): $d=0.30$ m

lunghezza di infissione del palo nel terreno: **5.80 m**

rapporto eccentricità diametro palo: $e/d=2.70/0.30=9.0$

rapporto lunghezza infissione palo diametro: $5.80/0.30=19.3$



Ottenendo il valore di $H/(K_p \cdot \gamma \cdot d^3)=120$

e pertanto H (carico limite orizzontale) pari a: $120 \times (K_p \cdot \gamma \cdot d^3) = 120 \times 2.28 \times 1900 \times 0.30^3 = 14035 \text{ daN}$

Secondo il § 6.4.3.1.2 il valore di progetto R_d della resistenza si ottiene a partire dal valore caratteristico ($R_k=H_{lim}$), come sopra determinato, applicando il coefficiente parziale γ_R (R_3) pari a 1.3 (riportato in tabella 6.4.VI).

I valori caratteristici sono stati ottenuti applicando ai valori calcolati i fattori di correlazione ξ_3 e ξ_4 , che per n. 2 di verticali indagate risultano pari rispettivamente a 1.65 ed 1.55.

Visto che le verticali indagate sono identiche, valore medio e valore minimo coincidono, pertanto si utilizza il fattore di correlazione pari a 1.65.

Ovvero: $H_{lim-k} = 14035 / 1.65 = 8506 \text{ daN}$

Infine il valore di calcolo da confrontare con le effettive sollecitazioni vale:

$$H_{Rd}=8506/1.3=6543 \text{ daN}$$

Tale valore è superiore al massimo valore di sforzo orizzontale pari a **6420 daN**. Ovvero viene verificata la relazione $Rd > Ed$.

7. STRINGHE FOTOVOLTAICHE FISSE

Come indicato nella relazione di calcolo, la struttura - costituita da un doppio montante verticale infisso nel terreno ogni 5.00 m di interasse - è stata schematizzata con i montanti nella loro effettiva lunghezza di infissione nel terreno. Tale infissione è stata schematizzata suddividendo le parti dei montanti immerse nel terreno in singoli conci da 20 cm di lunghezza ed assegnando ad ogni nodo una molla elastica di rigidezza pari alla costante di Winkler orizzontale del terreno per la superficie di influenza di ogni singola molla.

Ogni montante ha una lunghezza complessiva di 6.00 m, con profondità di infissione nel terreno differenti a causa della maggiore altezza di uno in elevazione rispetto all'altro.

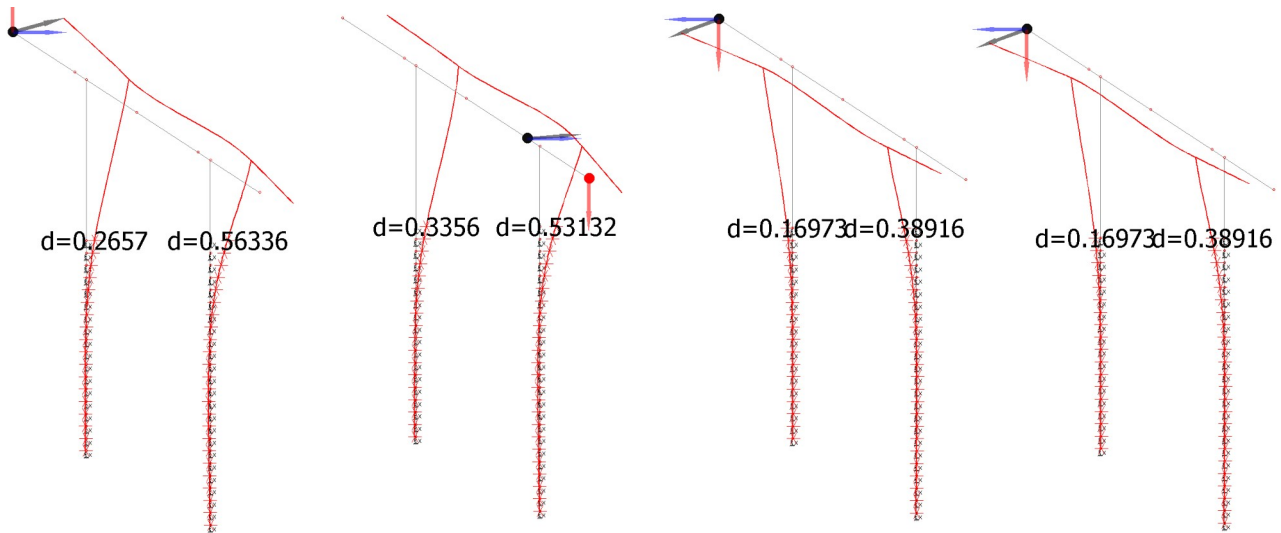
Il montante più alto prevede una lunghezza di infissione nel terreno di **3.40 m**, quello più basso di **4.70 m**.

Poichè i terreni hanno caratteristiche elasto-plastiche si è controllato che l'escursione di ogni singola molla non superasse un valore critico oltre il quale la molla perde la sua elasticità e fornisce semplicemente una forza costante.

Seguendo le indicazioni del Bowles, per il terreno considerato: sabbie argillose o limose, si è assegnato un valore medio tra quelli proposti (da 2.5 a 8 kg/cm³) della costante di Winkler pari a 5 kg/cm³, sempre secondo l'autore il cedimento massimo oltre il quale la molla fornisce una forza costante è stato assegnato pari a 2.5 cm.

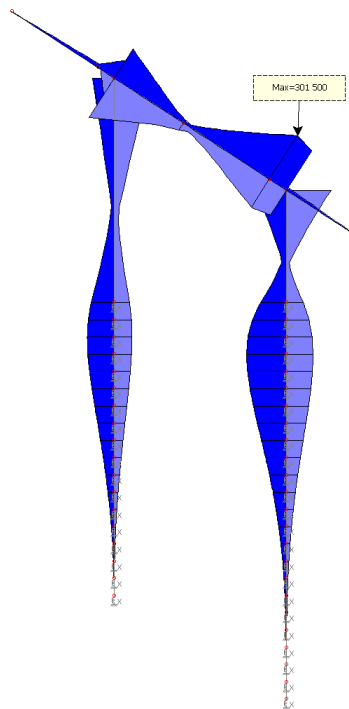
Pertanto, considerando 20 cm di larghezza di ogni montante, alle singole molle è stata assegnata rigidezza pari a $5 \times 20 \times 20 = 2000 \text{ daN/cm}$.

Con le combinazioni di carico SLU assegnate alla struttura gli spostamenti delle molle non sono mai risultati superiori al cedimento massimo che rende plastiche le molle (massimo spostamento al piede pari a 0.56 cm).



Deformazioni della struttura nelle varie combinazioni di carico

Poichè il montante più basso ha maggiore rigidezza di quello più alto, le azioni su quello basso sono maggiori, giustificando quindi il maggiore approfondimento nel terreno.



Inviluppo momenti flettenti nella struttura

La lunghezza di infissione risulta positivamente confermata considerando la deformata, che nelle porzioni di montanti infissi, risulta cambiare concavità con la profondità e arrivando praticamente a valori molto prossimi allo zero (0.0032 cm) nel punto posto più in basso.

8. FONDAZIONI EDIFICI AUSILIARI

Le fondazioni di questi edifici sono tutte costituite da platee continue di differenti dimensioni e spessori, in funzione anche dei carichi uniformemente distribuiti su di esse agenti.

8.1 Calcolo della capacità portante (fondazioni superficiali)

Il terreno di fondazione di qualsiasi struttura deve essere in grado di sopportare il carico che gli viene trasmesso dalle strutture sovrastanti senza che si verifichi rottura e senza che i cedimenti della struttura siano eccessivi. Per determinare la resistenza limite a taglio (carico ultimo o carico limite) di una fondazione superficiale si può ricorrere a differenti teorie, riconosciute nella letteratura tecnica, quali Meyerhoff, Brinch-Hansen, Vesic, che conducono alla determinazione del carico limite di fondazioni superficiali di tipo nastriforme e di lunghezza infinita caricate da carichi verticali. Le stesse formulazioni permettono, per mezzo di opportuni coefficienti correttivi di tenere conto di fondazioni di dimensioni finite, di eccentricità ed inclinazioni del carico, ecc.

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la risultante dei carichi trasmessi dalla struttura sul terreno di fondazione deve essere superiore al coefficiente di sicurezza η . Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante dei carichi in fondazione, deve risultare:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta$$

La combinazione di carico è la seguente:

(A1+M1+R3)

Dove con **A1** si intendono i coefficienti parziali dei carichi, così come definiti nella tabella 6.2.I identici in questo caso a quelli utilizzati per il calcolo strutturale, con **M1** i coefficienti di abbattimento dei parametri geotecnici del terreno contenuti nella tabella 6.2.II (tutti unitari in questo caso), e con **R3** il fattore di sicurezza che per le fondazioni superficiali vale **2.3** riguardo al carico limite ed **1.1** per la verifica a scorrimento.

Di seguito si utilizzerà la teoria di Vesic per la determinazione del carico limite. Con la seguente formulazione e fattori correttivi:

Descrizione sintetica della teoria utilizzata	
$q_{ult} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c \cdot p_c \cdot e_c + q' \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q \cdot p_q \cdot e_q + 0.5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_y \cdot s_y \cdot d_y \cdot i_y \cdot b_y \cdot g_y \cdot p_y \cdot e_y$	$Q_{ult} = q_{ult} \cdot B' \cdot L'$
Fattori di capacità portante	Fattori di forma
$N_c = (N_q - 1) / \tan(\varphi)$	$s_c = 1 + N_q / N_c \cdot B' / L'$

$$N_q = e^{-\pi \cdot \tan(\varphi)} \cdot \tan^2(\pi/4 + \varphi/2)$$

$$N_y = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan(\varphi)$$

$$s_q = 1 + B'/L' \cdot \tan(\varphi)$$

$$s_y = 1 - 0.4 \cdot B'/L'$$

Fattori di profondità

$$d_c = d_{q'} \cdot (1 - d_{q'}) / (N_q - 1)$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot K \cdot \tan(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \quad D < B \quad K = D/B, \quad D > B \quad K = \arctan(D/B)$$

$$d_y = 1.0$$

Fattori di inclinazione dei carichi

$$i_c = i_{q'} \cdot (1 - i_{q'}) / (N_q - 1)$$

$$i_q = (1 - V / (N + B' \cdot L' \cdot c' / \tan(\varphi)))^m$$

$$i_y = (1 - V / (N + B' \cdot L' \cdot c' / \tan(\varphi)))^{(m+1)}$$

Fattori di inclinazione base fondazione

$$b_c = b_{q'} \cdot (1 - b_{q'}) / (N_q - 1)$$

$$b_q = (1 - \eta \cdot \tan(\varphi))^2 - \eta \text{ angolo inclinazione base}$$

$$b_y = (1 - \eta \cdot \tan(\varphi))^2 - \eta \text{ angolo inclinazione base}$$

Fattori di inclinazione pendio

$$g_c = g_{q'} \cdot (1 - g_{q'}) / (N_q - 1)$$

$$g_q = (1 - \tan(\beta))^2 - \beta \text{ angolo inclinazione pendio}$$

$$g_y = (1 - \tan(\beta))^2 - \beta \text{ angolo inclinazione pendio}$$

Fattori di punzonamento

$$p_c = 1.0 \text{ (punzonamento non ritenuto possibile)}$$

$$p_q = 1.0 \text{ (punzonamento non ritenuto possibile)}$$

$$p_y = 1.0 \text{ (punzonamento non ritenuto possibile)}$$

Fattori riduttivi per sisma

$$e_c = 1.0 \text{ (sisma non considerato)}$$

$$e_q = 1.0 \text{ (sisma non considerato)}$$

$$e_y = 1.0 \text{ (sisma non considerato)}$$

q': pressione litostatica alla profondità D (0.40 m) di imposta fondazione: 7.20 kPa
 I valori di y, φ, c' sono i parametri geotecnici di calcolo del terreno equivalente (vedi tabella sopra riportata)
 B', L': Dimensioni efficaci della fondazione (B'=B-2·M_y/N - L'=L-2·M_y/N) (se B>L' le due dimensioni vengono scambiate tra loro)
 π: valore di phi greco (3.14159...)
 V risultante dei tagli radq(V_x²+V_y²) - N sforzo normale
 m=m₁·cos²(θ)+m₂·sin²(θ) - dove m₁=(2+L/B)/(1+L/B), m₂=(2+B/L)/(1+B/L), θ angolo di V con la direzione di L

8.1.1 Power Station

Viene realizzata una platea di fondazione in calcestruzzo armato di dimensioni 12.00x2.50 m e spessore di 0.30 m.

Analisi dei carichi

Peso proprio magrone di sottofondazione	12.20x2.70x0.10x2500=	8235	daN
Peso proprio platea	12.00x2.50x0.30x2500=	22500	daN
Peso proprio macchinari		23000	daN
		=====	
	Totale	53735	daN

Riguardo ai carichi orizzontali questi vengono determinati con lo spettro sismico riportato nella "Relazione e calcoli preliminari sulle strutture" in cui il valore massimo, determinato con fattore di comportamento q=1.0 (spettro elastico), vale 0.84, pertanto si ha uno sforzo orizzontale sulla

fondazione pari a $23000 \times 0.84 = 19320$ daN.

Forza orizzontale che genera un momento flettente pari a: $19320 \times (1.16 + 0.40) = 30139$ daN

(1.16 m è la quota del baricentro dei macchinari da estradosso platea).

Fondazioni Power Station

Dati di input generale e geometria fondazione			
Teoria statica: VESIC (1975)			
Geometria fondazione	[B] Larghezza (dir y):	2.50 m	[L] Lunghezza (dir x): 12.00 m
			[D] Profondità (dir z): 0.40 m
[η] Angolo di inclinazione del piano di posa nella direzione di B:	0.0°		[β] Angolo di inclinazione del pendio: 0.0°
Carico permanente uniforme al piano campagna [q0]:	0.00 daN/cm ²		Profondità falda dal piano di campagna: -10.00 m
Criterio di punzonamento:	NESSUNO		Condizione di verifica: DRENATA

Stratigrafia del terreno									
N.	y _{nat}	y _{sat}	ϕ	c'	c _u	H _{str}	E _{ed}	D _r	
1	1800.00	1800.00	23.0	0.07	0.00	6.00	500.00	0.90	
2	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
5	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Dati geotecnici di calcolo terreno equivalente						
Medie ponderate svolte tra le quote 0.40 m e 5.40 m						
y	ϕ	c'	c _u	E _{ed}	D _r	
1800.00	23.0	0.07		500.00	0.90	

Valori numerici dei dati che non si modificano ad ogni combinazione di carico					
N _c =	18.049	N _q =	8.661	N _y =	8.202
c'=	0.07 daN/cm ²	q=	0.07 daN/cm ²	y=	1800.00 daN/m ³

Descrizione simbologia ed opzioni speciali
 Riferimento globale: asse X parallelo ad L, Y parallelo a B, asse Z verticale
 Riferimento locale: asse X parallelo ad L, Y parallelo a B, asse Z ortogonale alla base fondazione (eventualmente inclinata)
 I fattori di forma vengono determinati con le dimensioni efficaci (B', L') della fondazione

Combinazione di carico: 1 - statica						
N (daN)	M _x (daNm)	M _y (daNm)	V _x (daN)	V _y (daN)		
53735.00	30139.00			19320.00	Riferimento globale	B'=1.38 m
53735.00	30139.00			19320.00	Riferimento locale	L'=12.00 m

	Fattori s	Fattori d	Fattori i	Fattori b	Fattori g	Fattori p	Fattori e	Globali
c	1.055	1.057	0.557	1.000	1.000			0.621
q	1.049	1.050	0.608	1.000	1.000			0.670
y	0.954	1.000	0.463	1.000	1.000			0.442

q_{ult}= 1.65 daN/cm² Q_{ult}=273060.94 daN R=Q_{ult}/N = 5.082 > R3=2.3
 H= 19320.00 daN R_{scorr}=32070.90 daN R=R_{scorr}/H= 1.660 > R3=1.1

Combinazione di carico: 2 - statica				
N (daN)	M _x (daNm)	M _y (daNm)	V _x (daN)	V _y (daN)

53735.00	30139.00	19320.00	Riferimento globale	B'=2.50 m
53735.00	30139.00	19320.00	Riferimento locale	L'=10.88 m

	Fattori s	Fattori d	Fattori i	Fattori b	Fattori g	Fattori p	Fattori e	Globali
c	1.110	1.057	0.745	1.000	1.000			0.874
q	1.098	1.050	0.774	1.000	1.000			0.893
y	0.908	1.000	0.623	1.000	1.000			0.565

$q_{ult} = 2.70 \text{ daN/cm}^2$	$Q_{ult} = 735503.62 \text{ daN}$	$R = Q_{ult}/N = 13.688 > R3 = 2.3$
$H = 19320.00 \text{ daN}$	$R_{scorr} = 38038.68 \text{ daN}$	$R = R_{scorr}/H = 1.969 > R3 = 1.1$

Minimo coefficiente R

Combinazione di carico: 1 (Capacità portante)

$q_{ult} = 1.65 \text{ daN/cm}^2$	$Q_{ult} = 273060.94 \text{ daN}$	$R = Q_{ult}/N = 5.082 > R3 = 2.3$
-----------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------

Combinazione di carico: 1 (Verifica a scorrimento)

$H = 19320.00 \text{ daN}$	$R_{scorr} = 32070.90 \text{ daN}$	$R = R_{scorr}/H = 1.660 > R3 = 1.1$
----------------------------	------------------------------------	--------------------------------------

8.1.2 Cabine ausiliarie prefabbricate

Si esamina la cabina più piccola in cui viene realizzata una platea di fondazione in calcestruzzo armato di dimensioni 3.00x3.00 m e spessore di 0.25 m.

Analisi dei carichi

Peso proprio magrone di sottofondazione	$3.20 \times 3.20 \times 0.10 \times 2500 =$	2560	daN
Peso proprio platea	$3.00 \times 3.00 \times 0.25 \times 2500 =$	5625	daN
Peso proprio cabina		10000	daN
		=====	
	Totale	18185	daN

Riguardo ai carichi orizzontali questi vengono determinati con lo spettro sismico riportato nella "Relazione e calcoli preliminari sulle strutture" in cui il valore massimo, determinato con fattore di comportamento $q=1.0$ (spettro elastico), vale 0.84, pertanto si ha uno sforzo orizzontale sulla fondazione pari a $10000 \times 0.84 = 8400 \text{ daN}$.

Forza orizzontale che genera un momento flettente pari a: $8400 \times 1.60 = 13440 \text{ daN}$

Fondazioni Cabina Ausiliaria

Dati di input generale e geometria fondazione

Teoria statica: VESIC (1975)

Geometria fondazione	[B] Larghezza (dir y):	3.00 m	[L] Lunghezza (dir x):	3.00 m
			[D] Profondità (dir z):	0.35 m
[η] Angolo di inclinazione del piano di posa nella direzione di B:	0.0°		[β] Angolo di inclinazione del pendio:	0.0°
Carico permanente uniforme al piano campagna [q_0]:	0.00 daN/cm ²		Profondità falda dal piano di campagna:	-10.00 m
Criterio di punzonamento:	NESSUNO		Condizione di verifica:	DRENATA

Stratigrafia del terreno

N.	y _{nat}	y _{sat}	φ	c'	c _u	H _{str}	E _{ed}	D _r
1	1800.00	1800.00	23.0	0.07	0.00	6.00	500.00	0.90
2	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Legenda

- N. : Numero strato dal piano di campagna verso il basso
- y_{nat} : Peso specifico contenuto naturale d'acqua (daN/m³)
- y_{sat} : Peso specifico condizioni di saturazione d'acqua (daN/m³)
- φ : angolo d'attrito interno (deg)
- c' : Coesione drenata (daN/cm²)
- c_u : Coesione non drenata (daN/cm²)
- H_{str} : Spessore dello strato (m)
- E_{ed} : Modulo edometrico (daN/cm²)
- D_r : Densità relativa

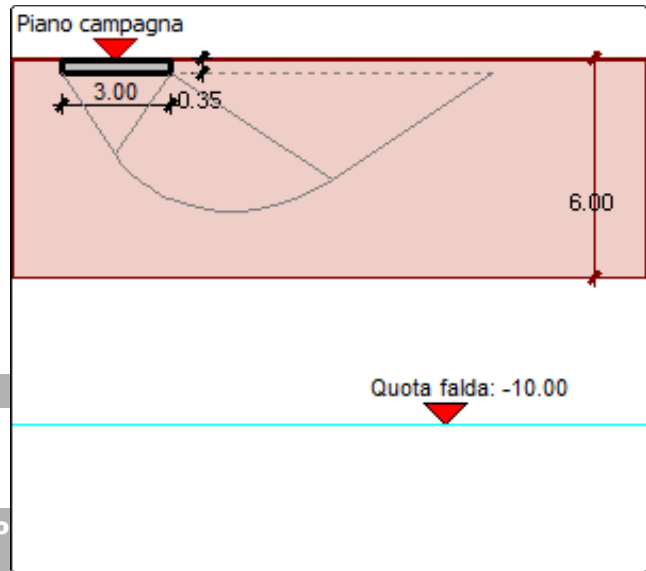
Dati geotecnici di calcolo terreno equivalente

Medie ponderate svolte tra le quote 0.65 m e 5.65 m

y	φ	c'	c _u	E _{ed}	D _r
1800.00	23.0	0.07		500.00	0.90

Valori numerici dei dati che non si modificano ad ogni combinazione di carico

N _c =	18.049	N _q =	8.661	N _y =	8.202
c'=	0.07 daN/cm ²	q=	0.06 daN/cm ²	y=	1800.00 daN/m ³



Descrizione simbologia ed opzioni speciali

Riferimento globale: asse X parallelo ad L, Y parallelo a B, asse Z verticale

Riferimento locale: asse X parallelo ad L, Y parallelo a B, asse Z ortogonale alla base fondazione (eventualmente inclinata)

I fattori di forma vengono determinati con le dimensioni efficaci (B', L') della fondazione

Combinazione di carico: 1 - statica

N (daN)	M _x (daNm)	M _y (daNm)	V _x (daN)	V _y (daN)		
18185.00	13440.00			8400.00	Riferimento globale	B'=1.52 m
18185.00	13440.00			8400.00	Riferimento locale	L'=3.00 m

	Fattori s	Fattori d	Fattori i	Fattori b	Fattori g	Fattori p	Fattori e	Globali
c	1.243	1.042	0.494	1.000	1.000			0.640
q	1.215	1.037	0.553	1.000	1.000			0.696
y	0.797	1.000	0.372	1.000	1.000			0.297

q _{ult} =	1.52 daN/cm ²	Q _{ult} =	69464.16 daN	R=Q _{ult} /N =	3.820 > R3=2.3
H=	8400.00 daN	R _{scorr} =	10275.80 daN	R=R _{scorr} /H=	1.223 > R3=1.1

8.1.3 Control Room

Viene realizzata una platea di fondazione in calcestruzzo armato di dimensioni 12.50x3.00 m e spessore di 0.30 m.

Analisi dei carichi

Peso proprio magrone di sottofondazione	$12.70 \times 3.20 \times 0.10 \times 2500 =$	10160	daN
Peso proprio platea	$12.50 \times 3.00 \times 0.30 \times 2500 =$	28125	daN
Peso proprio container		5000	daN
		=====	
	Totale	43285	daN

Riguardo ai carichi orizzontali questi vengono determinati con lo spettro sismico riportato nella "Relazione e calcoli preliminari sulle strutture" in cui il valore massimo, determinato con fattore di comportamento $q=1.0$ (spettro elastico), vale 0.84, pertanto si ha uno sforzo orizzontale sulla fondazione pari a $5000 \times 0.84 = 4200$ daN.

Forza orizzontale che genera un momento flettente pari a: $4200 \times 1.35 = 5670$ daN

Fondazioni Control Room

Dati di input generale e geometria fondazione

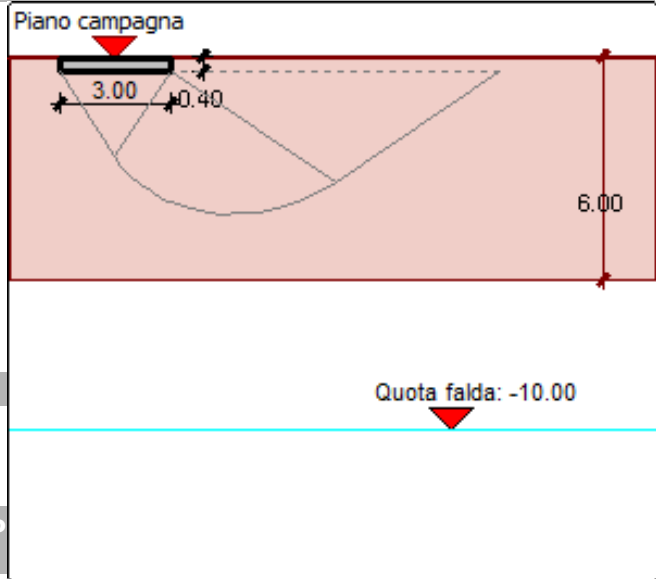
Teoria statica: VESIC (1975)		[B] Larghezza (dir y):	3.00 m	[L] Lunghezza (dir x):	12.50 m
Geometria fondazione		[D] Profondità (dir z):	0.40 m	[β] Angolo di inclinazione del pendio:	0.0°
[η] Angolo di inclinazione del piano di posa nella direzione di B:	0.0°	Carico permanente uniforme al piano campagna [q0]:	0.00 daN/cm ²	Profondità falda dal piano di campagna:	-10.00 m
Criterio di punzonamento:	NESSUNO			Condizione di verifica:	DRENATA

Stratigrafia del terreno

N.	y _{nat}	y _{sat}	φ	c'	c _u	H _{str}	E _{ed}	D _r
1	1800.00	1800.00	23.0	0.07	0.00	6.00	500.00	0.90
2	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Legenda

- N. : Numero strato dal piano di campagna verso il basso
- y_{nat} : Peso specifico contenuto naturale d'acqua (daN/m³)
- y_{sat} : Peso specifico condizioni di saturazione d'acqua (daN/m³)
- φ : angolo d'attrito interno (deg)
- c' : Coesione drenata (daN/cm²)
- c_u : Coesione non drenata (daN/cm²)
- H_{str} : Spessore dello strato (m)
- E_{ed} : Modulo edometrico (daN/cm²)
- D_r : Densità relativa



Dati geotecnici di calcolo terreno equivalente

Medie ponderate svolte tra le quote 0.40 m e 6.40 m

y	φ	c'	c _u	E _{ed}	D _r
1800.00	23.0	0.07		500.00	0.90

Valori numerici dei dati che non si modificano ad ogni combinazione di carico

N _c =	18.049	N _q =	8.661	N _y =	8.202
c'=	0.07 daN/cm ²	q=	0.07 daN/cm ²	y=	1800.00 daN/m ³

Descrizione simbologia ed opzioni speciali

Riferimento globale: asse X parallelo ad L, Y parallelo a B, asse Z verticale
 Riferimento locale: asse X parallelo ad L, Y parallelo a B, asse Z ortogonale alla base fondazione (eventualmente inclinata)
 I fattori di forma vengono determinati con le dimensioni efficaci (B', L') della fondazione

Combinazione di carico: 1 - statica

N (daN)	M _x (daNm)	M _y (daNm)	V _x (daN)	V _y (daN)		
43785.00	5670.00			4200.00	Riferimento globale	B'=2.74 m
43785.00	5670.00			4200.00	Riferimento locale	L'=12.50 m

	Fattori s	Fattori d	Fattori i	Fattori b	Fattori g	Fattori p	Fattori e	Globali
c	1.105	1.048	0.916	1.000	1.000			1.060
q	1.093	1.042	0.926	1.000	1.000			1.054
y	0.912	1.000	0.887	1.000	1.000			0.809

q _{ult} =	3.63 daN/cm ²	Q _{ult} =	1245165.00 daN	R=Q _{ult} /N =	28.438 > R3=2.3
H=	4200.00 daN	R _{scorr} =	37772.68 daN	R=R _{scorr} /H =	8.993 > R3=1.1

Combinazione di carico: 2 - statica

N (daN)	M _x (daNm)	M _y (daNm)	V _x (daN)	V _y (daN)		
43785.00		5670.00	4200.00		Riferimento globale	B'=3.00 m
43785.00		5670.00	4200.00		Riferimento locale	L'=12.24 m

	Fattori s	Fattori d	Fattori i	Fattori b	Fattori g	Fattori p	Fattori e	Globali
c	1.118	1.048	0.946	1.000	1.000			1.107
q	1.104	1.042	0.952	1.000	1.000			1.095
y	0.902	1.000	0.914	1.000	1.000			0.824

q _{ult} =	3.91 daN/cm ²	Q _{ult} =	1434918.50 daN	R=Q _{ult} /N =	32.772 > R3=2.3
H=	4200.00 daN	R _{scorr} =	39150.52 daN	R=R _{scorr} /H =	9.322 > R3=1.1

Minimo coefficiente R

Combinazione di carico: 1 (Capacità portante)

$q_{ult} = 3.63 \text{ daN/cm}^2$

$Q_{ult} = 1245165.00 \text{ daN}$

$R = Q_{ult}/N = 28.438 > R3 = 2.3$

Combinazione di carico: 1 (Verifica a scorrimento)

$H = 4200.00 \text{ daN}$

$R_{scorr} = 37772.68 \text{ daN}$

$R = R_{scorr}/H = 8.993 > R3 = 1.1$

8.1.4 Locali Batteria

Viene realizzata una platea di fondazione in calcestruzzo armato di dimensioni 6.50x3.50 m e spessore di 0.30 m.

Analisi dei carichi

Peso proprio magrone di sottofondazione	$6.70 \times 3.70 \times 0.10 \times 2500 =$	6198	daN
Peso proprio platea	$6.50 \times 3.50 \times 0.30 \times 2500 =$	17063	daN
Peso proprio batterie		30500	daN
		=====	
	Totale	53761	daN

Riguardo ai carichi orizzontali questi vengono determinati con lo spettro sismico riportato nella "Relazione e calcoli preliminari sulle strutture" in cui il valore massimo, determinato con fattore di comportamento $q=1.0$ (spettro elastico), vale 0.84, pertanto si ha uno sforzo orizzontale sulla fondazione pari a $30500 \times 0.84 = 25620 \text{ daN}$.

Forza orizzontale che genera un momento flettente pari a: $25620 \times 1.45 = 37149 \text{ daN}$

Fondazioni Locali Batterie

Dati di input generale e geometria fondazione

Teoria statica: VESIC (1975)

Geometria fondazione

[B] Larghezza (dir y): 3.50 m

[L] Lunghezza (dir x): 6.50 m

[D] Profondità (dir z): 0.40 m

0.40 m

[η] Angolo di inclinazione del piano di posa nella direzione di B: 0.0°

[θ] Angolo di inclinazione del pendio: 0.0°

Carico permanente uniforme al piano campagna [q0]: 0.00 daN

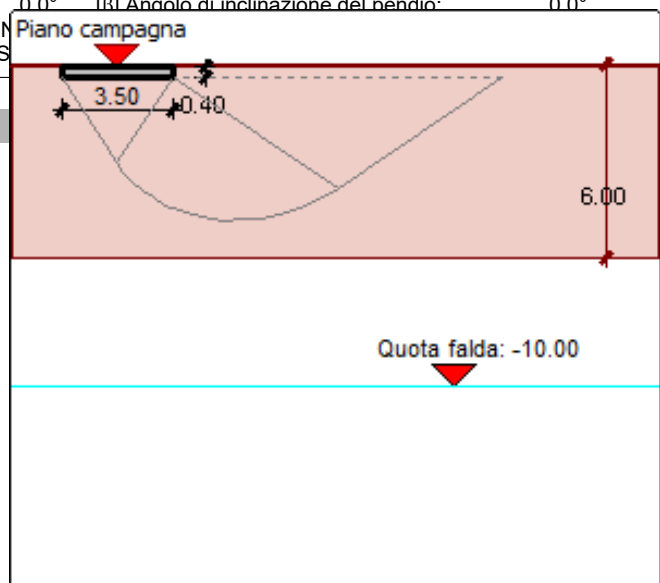
Criterio di punzonamento: NESS

Stratigrafia del terreno

N.	γ_{nat}	γ_{sat}	φ	c'	c_u	H_{str}	E_{sd}	D_r
1	1800.00	1800.00	23.0	0.07	0.00	6.00	500.00	0.90
2	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Legenda

- N. : Numero strato dal piano di campagna verso il basso
- γ_{nat} : Peso specifico contenuto naturale d'acqua (daN/m³)
- γ_{sat} : Peso specifico condizioni di saturazione d'acqua (daN/m³)
- φ : angolo d'attrito interno (deg)
- c' : Coesione drenata (daN/cm²)
- c_u : Coesione non drenata (daN/cm²)
- H_{str} : Spessore dello strato (m)



E_{ed} : Modulo edometrico (daN/cm²)
 D_r : Densità relativa

Dati geotecnici di calcolo terreno equivalente

Medie ponderate svolte tra le quote 0.40 m e 7.40 m

y	ϕ	c'	c_u	E_{ed}	D_r
1800.00	23.0	0.07		500.00	0.90

Valori numerici dei dati che non si modificano ad ogni combinazione di carico

N_c =	18.049		N_q =	8.661	N_y =	8.202
c' =	0.07	daN/cm ²	q =	0.07	y =	1800.00 daN/m ³

Descrizione simbologia ed opzioni speciali

Riferimento globale: asse X parallelo ad L, Y parallelo a B, asse Z verticale

Riferimento locale: asse X parallelo ad L, Y parallelo a B, asse Z ortogonale alla base fondazione (eventualmente inclinata)

 I fattori di forma vengono determinati con le dimensioni efficaci (B' , L') della fondazione

Combinazione di carico: 1 - statica

N (daN)	M_x (daNm)	M_y (daNm)	V_x (daN)	V_y (daN)		
53761.00	37149.00			25620.00	Riferimento globale	$B'=2.12$ m
53761.00	37149.00			25620.00	Riferimento locale	$L'=6.50$ m

	Fattori s	Fattori d	Fattori i	Fattori b	Fattori g	Fattori p	Fattori e	Globali
c	1.156	1.041	0.446	1.000	1.000			0.537
q	1.138	1.036	0.510	1.000	1.000			0.601
y	0.870	1.000	0.339	1.000	1.000			0.295

q_{ult} =	1.51 daN/cm²	Q_{ult} =	208489.70 daN	$R=Q_{ult}/N$ =	3.878 > R3=2.3
H=	25620.00 daN	R_{scorr} =	30529.69 daN	$R=R_{scorr}/H$ =	1.192 > R3=1.1

Combinazione di carico: 2 - statica

N (daN)	M_x (daNm)	M_y (daNm)	V_x (daN)	V_y (daN)		
53761.00		37149.00	25620.00		Riferimento globale	$B'=3.50$ m
53761.00		37149.00	25620.00		Riferimento locale	$L'=5.12$ m

	Fattori s	Fattori d	Fattori i	Fattori b	Fattori g	Fattori p	Fattori e	Globali
c	1.328	1.041	0.558	1.000	1.000			0.771
q	1.290	1.036	0.609	1.000	1.000			0.814
y	0.726	1.000	0.422	1.000	1.000			0.306

q_{ult} =	2.27 daN/cm²	Q_{ult} =	407153.47 daN	$R=Q_{ult}/N$ =	7.573 > R3=2.3
H=	25620.00 daN	R_{scorr} =	32851.46 daN	$R=R_{scorr}/H$ =	1.282 > R3=1.1

Minimo coefficiente R

Combinazione di carico: 1 (Capacità portante)

 q_{ult} = **1.51 daN/cm²** Q_{ult} =**208489.70 daN** $R=Q_{ult}/N$ = **3.878 > R3=2.3**

Combinazione di carico: 1 (Verifica a scorrimento)

 H= **25620.00 daN** R_{scorr} = **30529.69 daN** $R=R_{scorr}/H$ = **1.192 > R3=1.1**