



VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE PER
REALIZZAZIONE DI POZZI GEOTERMICI E DI UNA
CENTRALE ORC PER PRODUZIONE DI ENERGIA
ELETTRICA NEL COMUNE DI JOLANDA DI SAVOIA (FE)
PROGETTO POLA

**IMPIANTO GEOTERMICO - RELAZIONE
GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI**

SOCIETÀ RICHIEDENTE		TECNICO INCARICATO	
 GEOTERMIA ZERO EMISSION ITALIA SRL Sede legale: via Maurizio Gonzaga 2, Milano PEC: Geotermia.italia@legalmail.it		 GIPRI srl V. G. March 14/A, 57121 Livorno Tel. +39 0586 426547 info@gipri.it - www.gipri.it	
TITOLO ELABORATO			
Impianto geotermico - Relazione geotecnica e sulle fondazioni			
DATA 14/12/2022	RIF. FILE -	SCALA -	

0A	12/12/2022	PRIMA EMISSIONE	L.Villani	L.Villani	L.Villani
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	ESAMINATO	ACCETTATO

Il presente disegno è aziendale. La società tutela i propri diritti a termine di legge./ This file is company property. Company lawfully all rights.

PROGETTO:

“PROGETTO POLA”

IMPIANTO:

“Impianto ORC da fonte geotermica per la produzione di energia elettrica”

SITO:

Fraz. "POLA" Jolanda di Savoia (FE)

Elaborato:

IMPIANTO GEOTERMICO – RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI

0	Emissione	14/12/22	Villani	Villani	Villani
---	-----	-----	-----	-----	-----
REV.	DESCRIZIONE	DATA	Prep.	Contr.	Appr.

Sommario

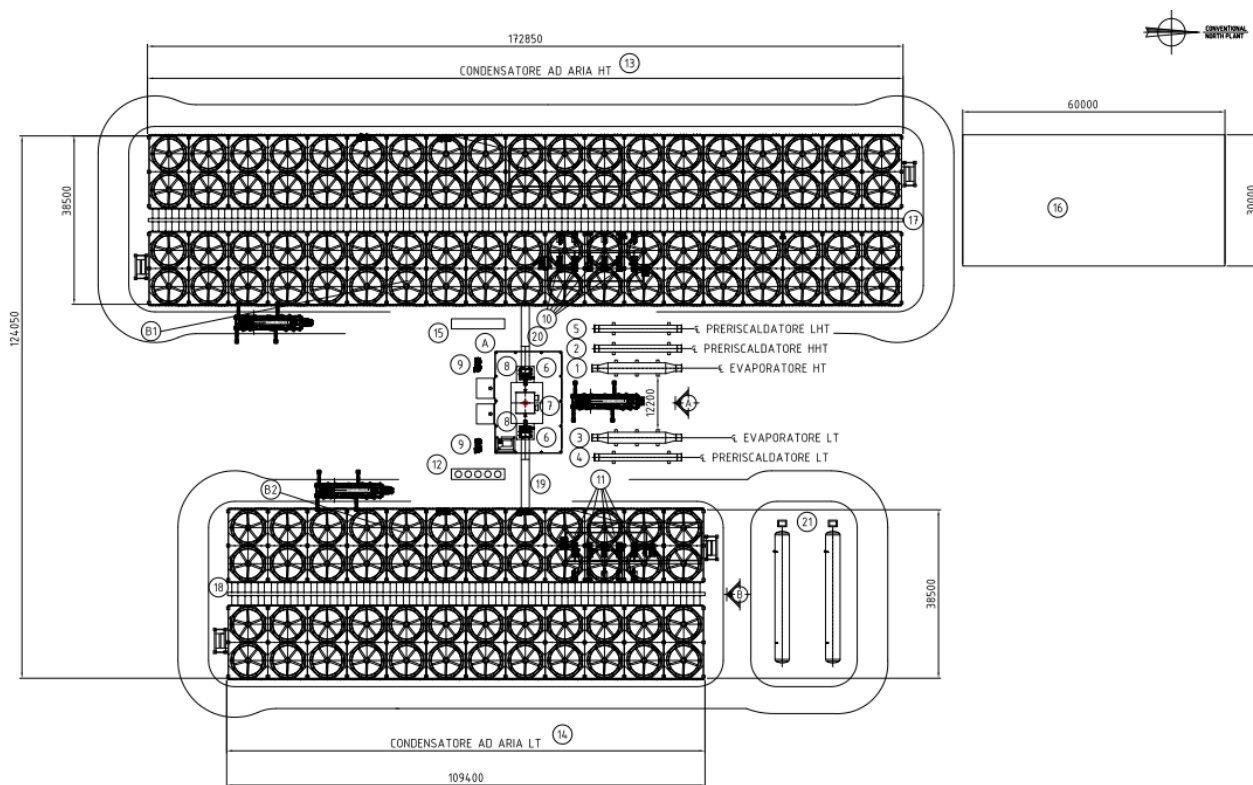
1.	PREMESSA.....	3
2.	NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	4
3.	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO	4
4.	MODELLO GEOTECNICO	5
5.	ANALISI DEI CARICHI	6
5.1	Carichi permanenti strutturali	6
5.2	Carichi delle apparecchiature	6
5.3	Azione sismica	7
5.3.1	Parametri sismici	7
5.3.2	Spettro SLV	8
6.	FONDAZIONE EVAPORATORE	9
7.	FONDAZIONE PRERISCALDATORE.....	11
8.	FONDAZIONE FABBRICATO TURBINE.....	13
9.	FONDAZIONE EDIFICIO ELETTRICO	15
10.	FONDAZIONE SERBATOIO FLUIDO ORC.....	17
10.	FONDAZIONI CONDENSATORI AD ARIA.....	19
10.	CONCLUSIONI	22

1. PREMESSA

L'intervento in progetto si colloca nel Comune di Jolanda di Savoia, situato nella Provincia di Ferrara, caratterizzato da un ambito territoriale prevalentemente pianeggiante.

L'impianto di progetto si basa sulla tecnologia del Ciclo Rankine Organico, ovvero un ciclo termodinamico chiuso che converte energia termica in energia elettrica mediante una turbina accoppiata ad un generatore elettrico.

I fluidi geotermici a media entalpia che alimenteranno l'impianto ORC saranno estratti dal sottosuolo mediante un sistema di tre coppie di pozzi profondi quasi 6000 metri composte, ognuna, da un polo di estrazione e da un polo di re-iniezione. Nello specifico, l'acqua calda sarà prelevata da un serbatoio geotermico a circa 145°C e verrà reiniettata nel sottosuolo dopo essere stata utilizzata per la produzione di energia elettrica e termica.



2. NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 17.01.2018: “Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni”

- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 14.01.2008: “Norme tecniche per le costruzioni”

- Circolare 21 Gennaio 2019, n.7 Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni

- EN 1990- Basis of Structural Design

- EN 1998-1- Eurocode 8 - Design of structures for earthquake resistance- Part1 : General rules, seismic actions and rules for building

- EN 1997-1-2004 - A1-2013 Geotechnical design - General rules

- Relazione geologica, modellazione sismica e geotecnica di supporto a pali di Fondazione per postazioni di perforazione

3. VITA NOMINALE E CLASSE D'USO

Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	VN [anni]	≥50
Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.	CU	1
Periodo di riferimento per l'azione sismica	VR [anni]	50

4. MODELLO GEOTECNICO

STRATIGRAFIA	falda	descrizione - note	γ KN/m ³	c_u KN/m ²	c' kg/cm ²	ϕ	E kg/cm ²
mt. p.c.							
0.0		Terreno vegetale					
1.0		Argilla limosa	16	30.0			
2.0		Limo sabbioso	16			32	
3.0		Argilla limosa	16	55.0			
4.0							
5.0							
6.0							
7.0							
8.0							
9.0							
10.0							
11.0		Limi argillosi con livelli sabbiosi	16	70.0			
12.0							
13.0		Argilla limosa	16	55.0			
14.0							
15.0							
16.0							
17.0							
18.0							
19.0							
20.0							

5. ANALISI DEI CARICHI

5.1 Carichi permanenti strutturali

Il carico permanente strutturale è quello relativo al peso proprio del materiale previsto per la struttura.

5.2 Carichi delle apparecchiature

Nella seguente tabella sono riportati i carichi dovuti alle apparecchiature dell'impianto:

LISTA APPARECCHI				
POS.	DESCRIZIONE	Quantità	PESO (VUOTO) ton	PESO (PIENO) ton
1	EVAPORATORE HT	1	50	70
2	PRERISCALDATORE HHT	1	70	100
3	EVAPORATORE LT	1	85	120
4	PRERISCALDATORE LT	1	50	75
5	PRERISCALDATORE LHT	1	90	125
A	CABINATO TURBINE-GENERATORE	1	-	
6	TURBINA (INCLUSO SKID)	2	20	
7	GENERATORE ELETTRICO	1	80	
8	VALVOLA DI REGOLAZIONE	2	-	
9	CENTRALINE DI LUBRIFICA	2	7	
B1	CABINATO POMPE CICLO HT	1	-	
10	POMPE DEL FLUIDO DI LAVORO HT	6	8	
B2	CABINATO POMPE CICLO LT	1	-	
11	POMPE DEL FLUIDO DI LAVORO LT	5	8	
12	SISTEMA DI RAFFREDDAMENTO DEL GENERATORE	1	3	
13	CONDENSATORE AD ARIA HT	38	70 / EACH	71 / EACH
14	CONDENSATORE AD ARIA LT	24	70 / EACH	71 / EACH
15	UNITA' ARIA COMPRESSA (CONTAINER)	1	15	
16	EDIFICIO ELETTRICO	1	-	
17	COLLETTORE ACC HT	1	40	41
18	COLLETTORE ACC LT	1	25	26
19	SCARICO TURBINA HT	1	25	25,50
20	SCARICO TURBINA LT	1	25	25,50
21	ORC WORKING FLUID STORAGE TANK	2	100 / EACH	250/EACH

5.3 Azione sismica

5.3.1 Parametri sismici

STATO LIMITE	PVR
STATO LIMITE DI OPERATIVÀ (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi	81%
STATO LIMITE DI DANNO (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.	63%
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali	10%

table1b

STATO LIMITE	TR (anni)	ag [g]	F0	T'C [s]
SLO	30	0.03	2.53	0.22
SLD	50	0.04	2.57	0.27
SLV	475	0.08	2.61	0.33

Cat.	CATEGORIA SISMICA DEL SOTTOSUOLO
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente 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 100 e 180 m/s.

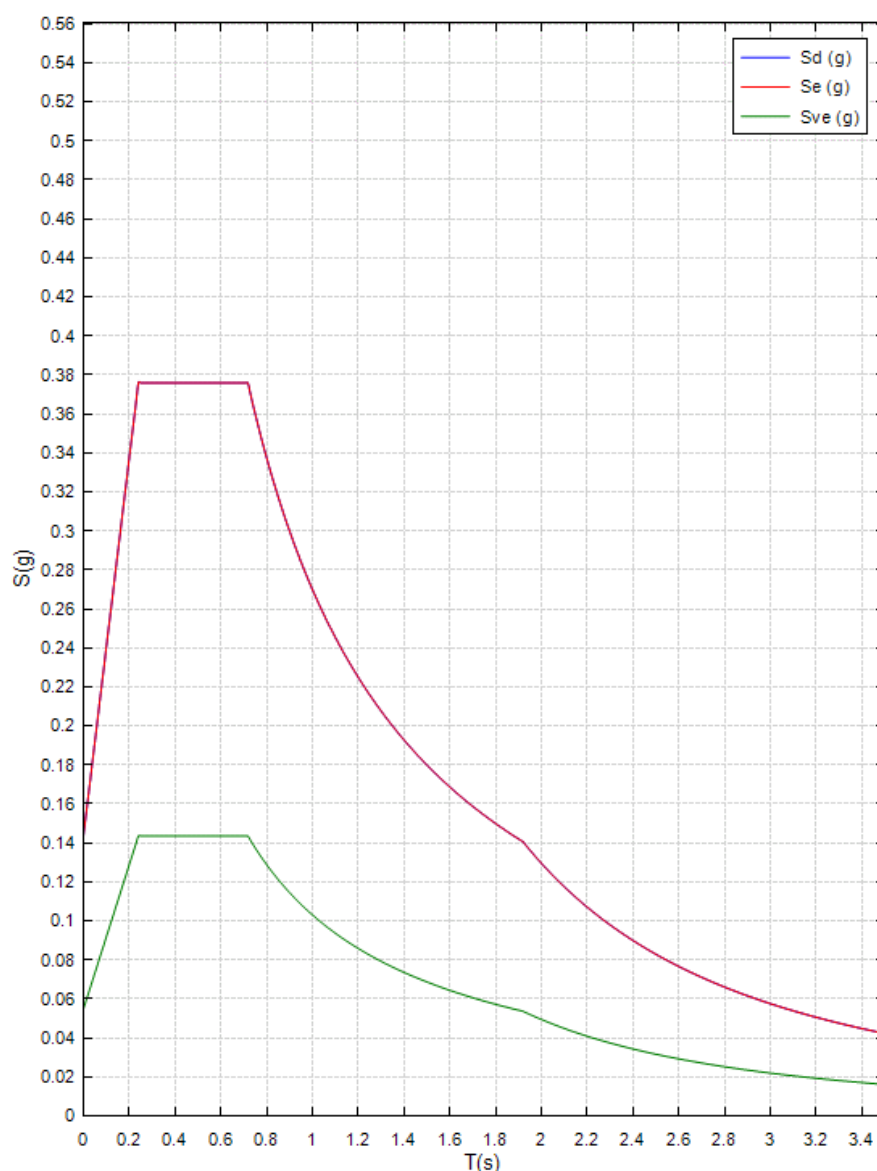
Cat.	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE STRATIGRAFICA	fac.
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1

CLASSE DI DUTTILITÀ ELASTICA

TIPOLOGIA STRUTTURALE	q0	KR	q = q0 · KR
STRUTTURE IN ACCIAIO: STRUTTURE INTELAIATE	1	0.8	0.8

5.3.2 Spettro SLV

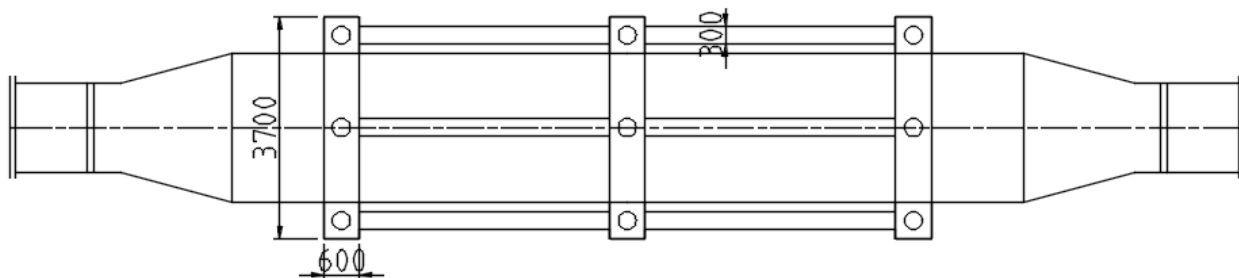
SEISMIC LIMITE STATE	SLV
Seismic ground acceleration a_g [g]	0.08
Period of constant acceleration T^*C [s]	0.33
Maximum amplification F_0	2.61
Stratigraphic coefficient SS	1.8
Topographic coefficient ST	1
TC	0.718
TB	0.239
TD	1.92
structural factor q	1



T [sec]	S [g]	S [mm/s ²]
0	0.144	1412.253
0.01	0.154	1507.144
0.02	0.163	1602.036
0.03	0.173	1696.928
0.04	0.183	1791.82
0.05	0.192	1886.712
0.06	0.202	1981.604
0.07	0.212	2076.495
0.08	0.221	2171.387
0.09	0.231	2266.279
0.1	0.241	2361.171
0.11	0.25	2456.063
0.12	0.26	2550.954
0.13	0.27	2645.846
0.14	0.279	2740.738
0.15	0.289	2835.63
0.16	0.299	2930.522
0.17	0.309	3025.414
0.18	0.318	3120.305
0.19	0.328	3215.197
0.2	0.338	3310.089
0.21	0.347	3404.981
0.22	0.357	3499.873
0.23	0.367	3594.765
0.239	0.376	3685.731
0.249	0.376	3685.731
0.259	0.376	3685.731
0.269	0.376	3685.731
0.279	0.376	3685.731
0.289	0.376	3685.731
0.299	0.376	3685.731
0.309	0.376	3685.731
0.319	0.376	3685.731
0.329	0.376	3685.731
0.339	0.376	3685.731
0.349	0.376	3685.731
0.359	0.376	3685.731
0.369	0.376	3685.731
0.379	0.376	3685.731
0.389	0.376	3685.731
0.399	0.376	3685.731
...

6. FONDAZIONE EVAPORATORE

Le fondazioni degli evaporatori sono costituite da plinti su pali collegati da cordoli in c.a.. Il pali sono di tipo infisso di lunghezza 12m e diametro 300mm. Le verifiche geotecniche sono condotte considerando che in fase esecutiva saranno eseguite almeno 7 verticali di indagine.



Carico operativo

$$Q := 70 \text{ tonnef} = 686.47 \text{ kN}$$

Accelerazione sismica (g)

$$a := 0.144$$

Azione orizzontale

$$H := Q \cdot a = 98.85 \text{ kN}$$

Quota baricentro dell'apparecchio

$$h_g := 2.5 \text{ m}$$

Momento ribaltante

$$M := H \cdot h_g = 247.13 \text{ m kN}$$

SOLLECITAZIONI MASSIME

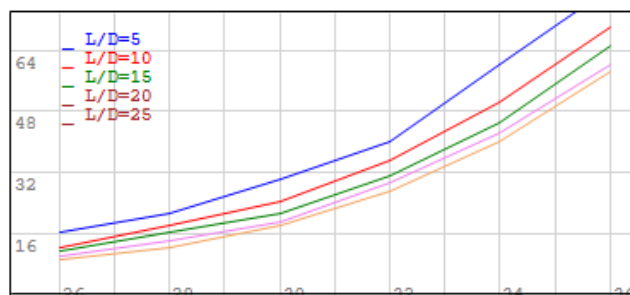
	N	Mxx	Myy	M	Txx	Tyy	T
Nmax	101.8	31.1	11.7	33.2	3.3	10.7	11.2
Nmin	39.3	31.1	11.7	33.2	3.3	10.7	11.2
Mmax	92.8	34.0	11.7	35.9	3.3	11.6	12.1
Tmax	92.8	34.0	11.7	35.9	3.3	11.6	12.1

Tipo	S strato[m]	γ [kN/mc]	c'med[kPa]	c'min[kPa]	ϕ med [°]	ϕ min[°]	cu med[kPa]	cu min[kPa]	E [MPa]
Rilevato e bonifica	1.5	20	0	0	30	30	0	0	0
Argilla limosa	1.5	16	0	0	0	0	30	30	0
Limo sabbioso	1.2	16	0	0	32	32	0	0	0
Argilla limosa	7.8	16	0	0	0	0	55	55	0

Tipo	S strato[m]	k.med	k.min	μ .med	μ .min	α .med	α .min	Nq.med	Nq.min	σ' .vzp[kPa]
Rilevato e bonifica	1.5	0.5	0.5	0.58	0.58	0	0			
Argilla limosa	1.5	1	1	0	0	0.85	0.85			
Limo sabbioso	1.2	0.47	0.47	0.62	0.62	0	0			
Argilla limosa	7.8	1	1	0	0	0.65	0.65	0	0	78

Tipo	S strato[m]	s.med[kPa]	s.min[kPa]	Rs.med[kN]	Rs.min[kN]	Rb.med[kN]	Rb.min[kN]
Rilevato e bonifica	1.5	2.2	2.2	3.1	3.1		
Argilla limosa	1.5	25.5	25.5	36	36		
Limo sabbioso	1.2	8.1	8.1	9.2	9.2		
Argilla limosa	7.8	35.8	35.8	262.8	262.8	49	49

Vertical Load NEd [kN]	169.95	APPROCH	A1+M1+R3
Pile head zp[m]	0	γ G1	1.3
Pile length L[m]	12	γ G2	1.5
Pile diameter D[mm]	300	γ Q	1.5
Investigations nb.	7	γ b	1.15
Interaction factor η	0.92	γ s	1.15
Correlation factor ξ_3	1.45	γ t	1.15
Correlation factor ξ_4	1.28	γ st	1.25



$$R_{s.med} := \frac{1}{\xi_3} \cdot \left(\sum R_{s.med} \right) = 214.5445 \text{ kN}$$

$$R_{s.min} := \frac{1}{\xi_4} \cdot \left(\sum R_{s.min} \right) = 243.0387 \text{ kN}$$

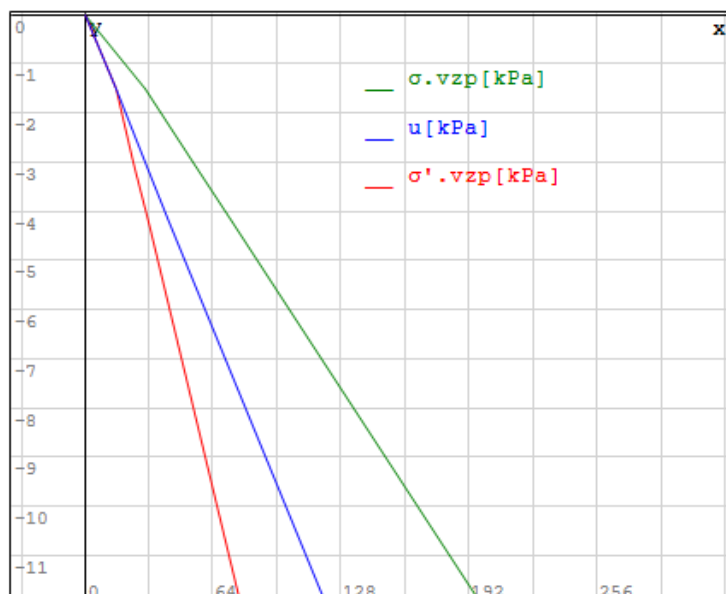
$$R_{sk} := \min \left(\begin{matrix} R_{s.med} \\ R_{s.min} \end{matrix} \right) = 214.54 \text{ kN}$$

$$R_{bk} := \min \left(\begin{matrix} \frac{R_{b.med}}{\xi_3} \\ \frac{R_{b.min}}{\xi_4} \end{matrix} \right) = 33.78 \text{ kN}$$

$$R_{ck} := R_{sk} \cdot \eta + R_{bk} = 230.92 \text{ kN}$$

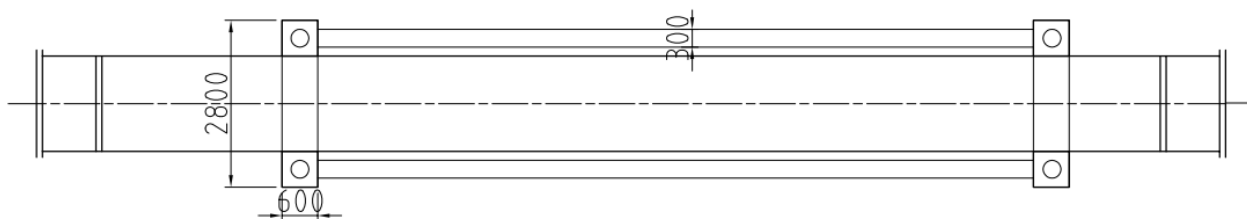
$$R_{cd} := \frac{R_{sk} \cdot \eta}{\gamma_s} + \frac{R_{bk}}{\gamma_b} = 200.8 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{R_{cd}} = 0.846$$

 ≤ 1
VERIFICATO


7. FONDAZIONE PRERISCALDATORE

Le fondazioni dei preriscaldatori sono costituite da plinti su pali collegati da cordoli in c.a.. Il pali sono di tipo infisso di lunghezza 20m e diametro 500mm. Le verifiche geotecniche sono condotte considerando che in fase esecutiva saranno eseguite almeno 7 verticali di indagine.



Carico operativo $Q := 125 \text{ tonnef} = 1225.83 \text{ kN}$

Accelerazione sismica (g) $a := 0.144$

Azione orizzontale $H := Q \cdot a = 176.52 \text{ kN}$

Quota baricentro dell'apparecchio $h_g := 2.5 \text{ m}$

Momento ribaltante $M := H \cdot h_g = 441.3 \text{ m kN}$

SOLLECITAZIONI MASSIME

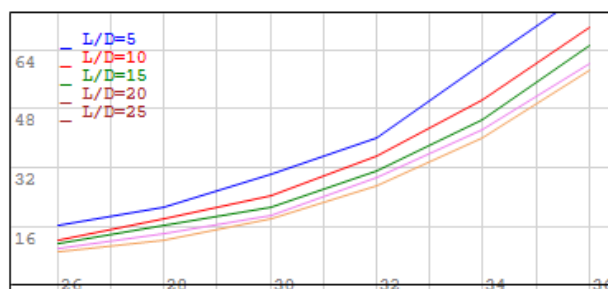
	N	Mxx	Myy	M	Txx	Tyy	T
Nmax	329.0	121.0	54.1	132.6	13.2	40.7	42.8
Nmin	283.9	141.9	54.1	151.9	13.2	47.5	49.3
Mmax	290.6	141.9	54.1	151.9	13.2	47.5	49.3
Tmax	290.6	141.9	54.1	151.9	13.2	47.5	49.3

Tipo	S strato[m]	γ [kN/mc]	c'med[kPa]	c'min[kPa]	ϕ med [°]	ϕ min[°]	cu med[kPa]	cu min[kPa]	E [MPa]
Rilevato e bonifica	1.5	20	0	0	30	30	0	0	0
Argilla limosa	1.5	16	0	0	0	0	30	30	0
Limo sabbioso	1.2	16	0	0	32	32	0	0	0
Argilla limosa	7.8	16	0	0	0	0	55	55	0
Limi argillosi	2.3	16	0	0	0	0	70	70	0
Argilla limosa	5.7	16	0	0	0	0	55	55	0

Tipo	S strato[m]	k.med	k.min	μ .med	μ .min	α .med	α .min	Nq.med	Nq.min	σ' .vzp[kPa]
Rilevato e bonifica	1.5	0.5	0.5	0.58	0.58	0	0			
Argilla limosa	1.5	1	1	0	0	0.85	0.85			
Limo sabbioso	1.2	0.47	0.47	0.62	0.62	0	0			
Argilla limosa	7.8	1	1	0	0	0.65	0.65			
Limi argillosi	2.3	1	1	0	0	0.65	0.65			
Argilla limosa	5.7	1	1	0	0	0.65	0.65	0	0	126

Tipo	S strato[m]	s.med[kPa]	s.min[kPa]	Rs.med[kN]	Rs.min[kN]	Rb.med[kN]	Rb.min[kN]
Rilevato e bonifica	1.5	2.2	2.2	5.1	5.1		
Argilla limosa	1.5	25.5	25.5	60.1	60.1		
Limo sabbioso	1.2	8.1	8.1	15.3	15.3		
Argilla limosa	7.8	35.8	35.8	438	438		
Limi argillosi	2.3	45.5	45.5	164.4	164.4		
Argilla limosa	5.7	35.8	35.8	320.1	320.1	161.2	161.2

Vertical Load NEd [kN]	646.75	APPROCH	A1+M1+R3
Pile head zp[m]	0	γ G1	1.3
Pile length L[m]	20	γ G2	1.5
Pile diameter D[mm]	500	γ Q	1.5
Investigations nb.	7	γ b	1.15
Interaction factor η	0.93	γ s	1.15
Correlation factor ξ_3	1.45	γ t	1.15
Correlation factor ξ_4	1.28	γ st	1.25



$$R_{s.med} := \frac{1}{\xi_3} \cdot \left(\sum R_{s.med} \right) = 691.6934 \text{ kN}$$

$$R_{s.min} := \frac{1}{\xi_4} \cdot \left(\sum R_{s.min} \right) = 783.5589 \text{ kN}$$

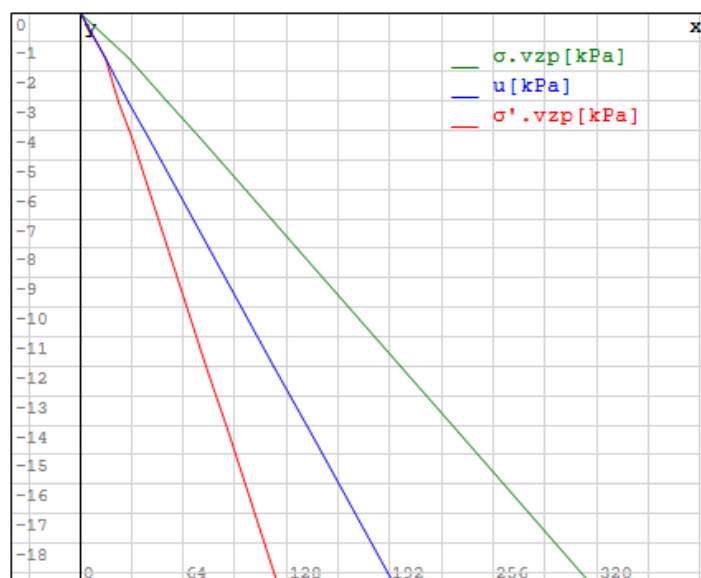
$$R_{sk} := \min \left(\left[\frac{R_{s.med}}{R_{s.min}} \right] \right) = 691.69 \text{ kN}$$

$$R_{bk} := \min \left(\left[\frac{R_{b.med}}{\xi_3} \frac{R_{b.min}}{\xi_4} \right] \right) = 111.17 \text{ kN}$$

$$R_{ck} := R_{sk} \cdot \eta + R_{bk} = 753.66 \text{ kN}$$

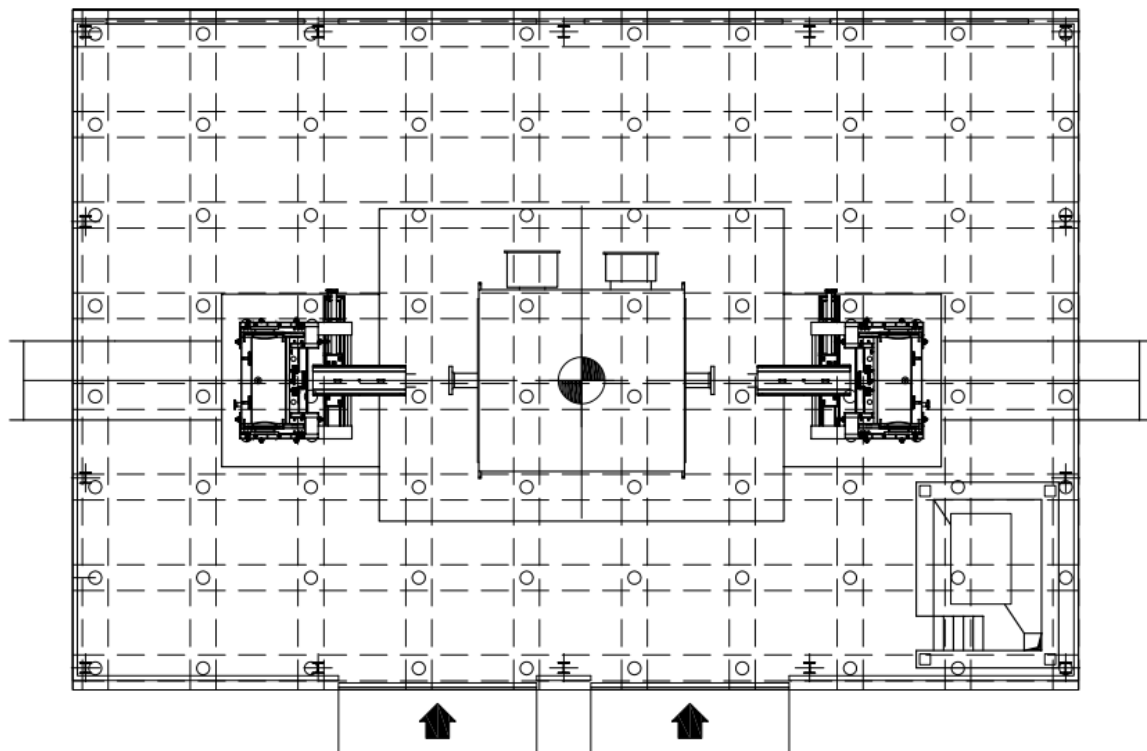
$$R_{cd} := \frac{R_{sk} \cdot \eta}{\gamma_s} + \frac{R_{bk}}{\gamma_b} = 655.36 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{R_{cd}} = 0.987 \leq 1$$

VERIFICATO


8. FONDAZIONE FABBRICATO TURBINE

La fondazione del fabbricato turbine è del tipo a platea su pali con maglia di nervature di rinforzo, lo spessore della soletta in c.a. è di 30cm, mentre le nervature hanno spessore 50cm. Il pali sono di tipo infisso di lunghezza 15m e diametro 500mm. Le verifiche geotecniche sono condotte considerando che in fase esecutiva saranno eseguite almeno 7 verticali di indagine.



Carico turbine

$$Q_t := 20 \text{ tonnef} \cdot 2 = 392.27 \text{ kN}$$

Carico generatore elettrico

$$Q_{ge} := 80 \text{ tonnef} = 784.53 \text{ kN}$$

Peso fabbricato

$$G_1 := 120 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \cdot 23.3 \text{ m} \cdot 15.3 \text{ m} = 419.52 \text{ kN}$$

Peso fondazione (platea)

$$G_2 := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 23.3 \text{ m} \cdot 15.3 \text{ m} \cdot 0.3 \text{ m} = 2673.68 \text{ kN}$$

Peso fondazione (cordoli)

$$G_3 := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot (0.6 \text{ m} \cdot 0.5 \text{ m}) \cdot (23.3 \text{ m} \cdot 8 + 15.3 \text{ m} \cdot 10) = 2545.5 \text{ kN}$$

Sovraccarico accidentale

$$Q_a := 300 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \cdot (23.3 \text{ m} \cdot 15.3 \text{ m} - 16 \text{ m} \cdot 7 \text{ m}) = 719.29 \text{ kN}$$

Combinazione dei carichi

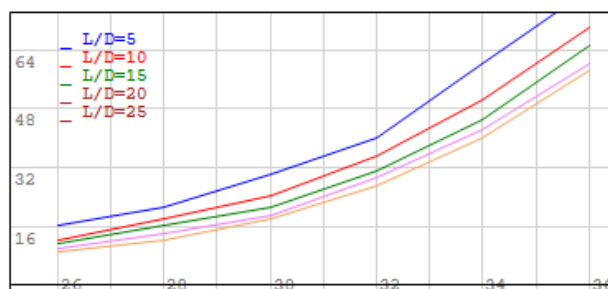
$$Q := 1.3 \cdot (G_1 + G_2 + G_3) + 1.5 \cdot (Q_t + Q_{ge} + Q_a) = 10174.43 \text{ kN}$$

Tipo	S strato[m]	γ [kN/mc]	c'med[kPa]	c'min[kPa]	ϕ med [°]	ϕ min[°]	cu med[kPa]	cu min[kPa]	E [MPa]
Rilevato e bonifica	1.5	20	0	0	30	30	0	0	0
Argilla limosa	1.5	16	0	0	0	0	30	30	0
Limo sabbioso	1.2	16	0	0	32	32	0	0	0
Argilla limosa	7.8	16	0	0	0	0	55	55	0
Limi argillosi	2.3	16	0	0	0	0	70	70	0
Argilla limosa	0.7	16	0	0	0	0	55	55	0

Tipo	S strato[m]	k.med	k.min	μ .med	μ .min	α .med	α .min	Nq.med	Nq.min	σ' .vzp[kPa]
Rilevato e bonifica	1.5	0.5	0.5	0.58	0.58	0	0			
Argilla limosa	1.5	1	1	0	0	0.85	0.85			
Limo sabbioso	1.2	0.47	0.47	0.62	0.62	0	0			
Argilla limosa	7.8	1	1	0	0	0.65	0.65			
Limi argillosi	2.3	1	1	0	0	0.65	0.65			
Argilla limosa	0.7	1	1	0	0	0.65	0.65	0	0	96

Tipo	S strato[m]	s.med[kPa]	s.min[kPa]	Rs.med[kN]	Rs.min[kN]	Rb.med[kN]	Rb.min[kN]
Rilevato e bonifica	1.5	2.2	2.2	5.1	5.1		
Argilla limosa	1.5	25.5	25.5	60.1	60.1		
Limo sabbioso	1.2	8.1	8.1	15.3	15.3		
Argilla limosa	7.8	35.8	35.8	438	438		
Limi argillosi	2.3	45.5	45.5	164.4	164.4		
Argilla limosa	0.7	35.8	35.8	39.3	39.3	145.5	145.5

Vertical Load NEd [kN]	318.62	APPROCH	A1+M1+R3
Pile head zp[m]	0	γ G1	1.3
Pile length L[m]	15	γ G2	1.5
Pile diameter D[mm]	500	γ Q	1.5
Investigations nb.	7	γ b	1.15
Interaction factor η	0.74	γ s	1.15
Correlation factor ξ_3	1.45	γ t	1.15
Correlation factor ξ_4	1.28	γ st	1.25



$$R_{s.med} := \frac{1}{\xi_3} \cdot \left(\sum R_{s.med} \right) = 498.0521 \text{ kN}$$

$$R_{s.min} := \frac{1}{\xi_4} \cdot \left(\sum R_{s.min} \right) = 564.1996 \text{ kN}$$

$$R_{sk} := \min \left(\left[\frac{R_{s.med}}{R_{s.min}} \right] \right) = 498.05 \text{ kN}$$

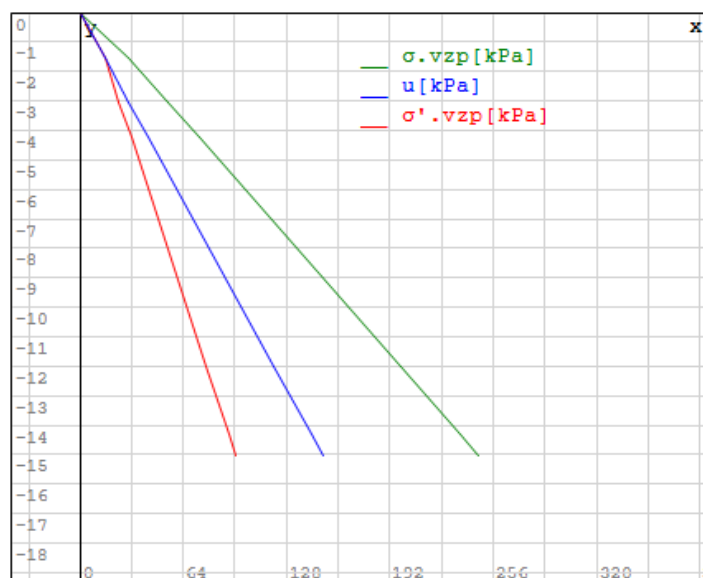
$$R_{bk} := \min \left(\left[\frac{R_{b.med}}{\xi_3} \frac{R_{b.min}}{\xi_4} \right] \right) = 100.34 \text{ kN}$$

$$R_{ck} := R_{sk} \cdot \eta + R_{bk} = 466.84 \text{ kN}$$

$$R_{cd} := \frac{R_{sk} \cdot \eta}{\gamma_s} + \frac{R_{bk}}{\gamma_b} = 405.95 \text{ kN}$$

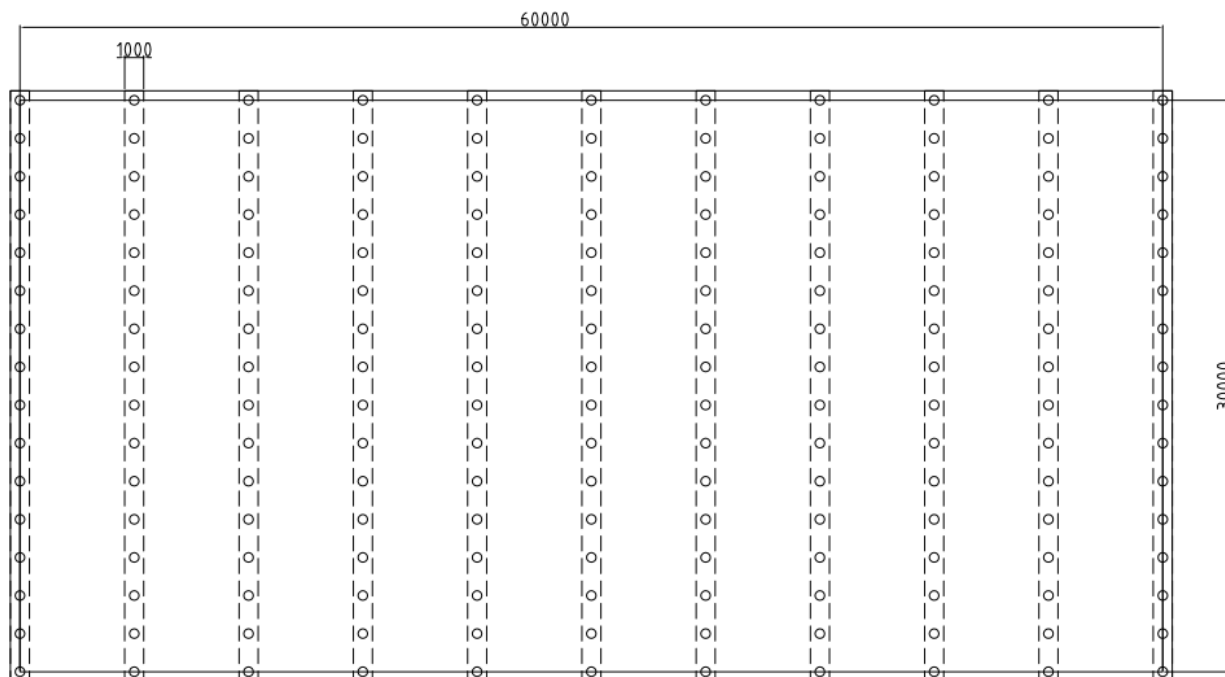
$$\frac{N_{Ed}}{R_{cd}} = 0.785 \leq 1$$

VERIFICATO



9. FONDAZIONE EDIFICIO ELETTRICO

La fondazione dell' edificio elettrico è del tipo a travi continue su pali, le travi hanno larghezza 1m e altezza 0.8m. Il pali sono di tipo infisso di lunghezza 15m e diametro 500mm. Le verifiche geotecniche sono condotte considerando che in fase esecutiva saranno eseguite almeno 7 verticali di indagine.



Peso fabbricato

$$G_1 := 120 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \cdot 6 \text{ m} \cdot 30 \text{ m} = 211.82 \text{ kN}$$

Peso fondazione (platea)

$$G_2 := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 6 \text{ m} \cdot 30 \text{ m} \cdot 0.3 \text{ m} = 1350 \text{ kN}$$

Peso fondazione (cordoli)

$$G_3 := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot (0.8 \text{ m} \cdot 0.8 \text{ m} \cdot 30 \text{ m}) = 480 \text{ kN}$$

Sovraccarico accidentale

$$Q_a := 300 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \cdot 6 \text{ m} \cdot 30 \text{ m} = 529.56 \text{ kN}$$

Combinazione dei carichi

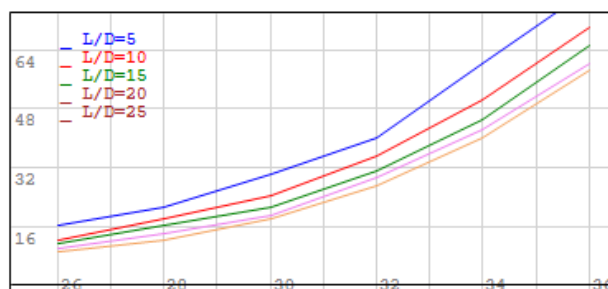
$$Q := 1.3 \cdot (G_1 + G_2 + G_3) + 1.5 \cdot (Q_a) = 3448.71 \text{ kN}$$

Tipo	S strato[m]	γ [kN/mc]	c'med[kPa]	c'min[kPa]	ϕ med [°]	ϕ min[°]	cu med[kPa]	cu min[kPa]	E [MPa]
Rilevato e bonifica	1.5	20	0	0	30	30	0	0	0
Argilla limosa	1.5	16	0	0	0	0	30	30	0
Limo sabbioso	1.2	16	0	0	32	32	0	0	0
Argilla limosa	7.8	16	0	0	0	0	55	55	0
Limi argillosi	2.3	16	0	0	0	0	70	70	0
Argilla limosa	0.7	16	0	0	0	0	55	55	0

Tipo	S strato[m]	k.med	k.min	μ .med	μ .min	α .med	α .min	Nq.med	Nq.min	σ' .vzp[kPa]
Rilevato e bonifica	1.5	0.5	0.5	0.58	0.58	0	0			
Argilla limosa	1.5	1	1	0	0	0.85	0.85			
Limo sabbioso	1.2	0.47	0.47	0.62	0.62	0	0			
Argilla limosa	7.8	1	1	0	0	0.65	0.65			
Limi argillosi	2.3	1	1	0	0	0.65	0.65			
Argilla limosa	0.7	1	1	0	0	0.65	0.65	0	0	96

Tipo	S strato[m]	s.med[kPa]	s.min[kPa]	Rs.med[kN]	Rs.min[kN]	Rb.med[kN]	Rb.min[kN]
Rilevato e bonifica	1.5	2.2	2.2	5.1	5.1		
Argilla limosa	1.5	25.5	25.5	60.1	60.1		
Limo sabbioso	1.2	8.1	8.1	15.3	15.3		
Argilla limosa	7.8	35.8	35.8	438	438		
Limi argillosi	2.3	45.5	45.5	164.4	164.4		
Argilla limosa	0.7	35.8	35.8	39.3	39.3	145.5	145.5

Vertical Load NEd [kN]	406.98	APPROCH	A1+M1+R3
Pile head zp[m]	0	γ G1	1.3
Pile length L[m]	15	γ G2	1.5
Pile diameter D[mm]	500	γ Q	1.5
Investigations nb.	7	γ b	1.15
Interaction factor η	0.86	γ s	1.15
Correlation factor ξ_3	1.45	γ t	1.15
Correlation factor ξ_4	1.28	γ st	1.25



$$R_{s.med} := \frac{1}{\xi_3} \cdot \left(\sum R_{s.med} \right) = 498.0521 \text{ kN}$$

$$R_{s.min} := \frac{1}{\xi_4} \cdot \left(\sum R_{s.min} \right) = 564.1996 \text{ kN}$$

$$R_{sk} := \min \left(\left[\frac{R_{s.med}}{R_{s.min}} \right] \right) = 498.05 \text{ kN}$$

$$R_{bk} := \min \left(\left[\frac{R_{b.med}}{\xi_3} \frac{R_{b.min}}{\xi_4} \right] \right) = 100.34 \text{ kN}$$

$$R_{ck} := R_{sk} \cdot \eta + R_{bk} = 528.91 \text{ kN}$$

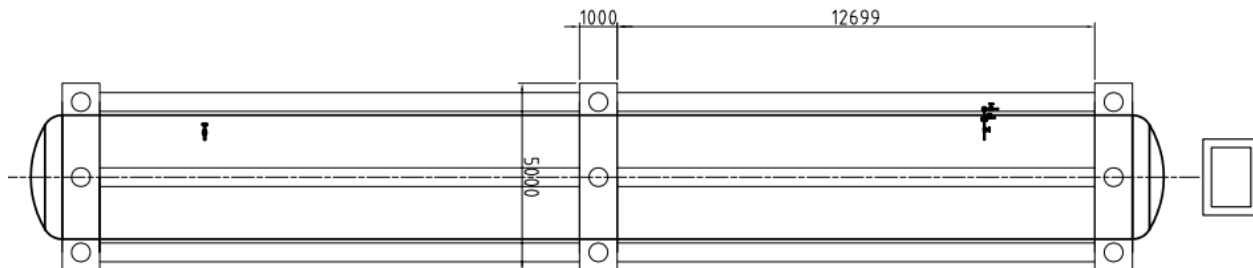
$$R_{cd} := \frac{R_{sk} \cdot \eta}{\gamma_s} + \frac{R_{bk}}{\gamma_b} = 459.92 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{R_{cd}} = 0.885 \leq 1$$

VERIFICATO


10.FONDAZIONE SERBATOIO FLUIDO ORC

Le fondazioni dei serbatoi per il fluido ORC sono costituite da plinti su pali collegati da cordoli in c.a.. Il pali sono di tipo infisso di lunghezza 20m e diametro 500mm. Le verifiche geotecniche sono condotte considerando che in fase esecutiva saranno eseguite almeno 7 verticali di indagine.



Carico operativo $Q := 250 \text{ tonnef} = 2451.66 \text{ kN}$

Accelerazione sismica (g) $a := 0.144$

Azione orizzontale $H := Q \cdot a = 353.04 \text{ kN}$

Quota baricentro dell'apparecchio $h_g := 2.5 \text{ m}$

Momento ribaltante $M := H \cdot h_g = 882.6 \text{ m kN}$

SOLLECITAZIONI MASSIME

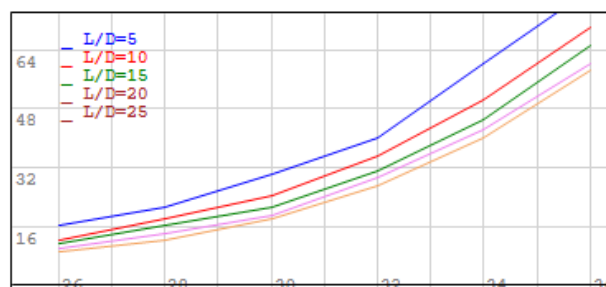
	N	Mxx	Myy	M	Txx	Tyy	T
Nmax	342.2	119.5	50.3	129.6	11.8	36.8	38.6
Nmin	187.3	119.5	50.3	129.6	11.8	36.8	38.6
Mmax	298.4	142.2	50.3	150.9	11.8	44.2	45.7
Tmax	298.4	142.2	50.3	150.9	11.8	44.2	45.7

Tipo	S strato[m]	γ [kN/mc]	c'med[kPa]	c'min[kPa]	ϕ med [°]	ϕ min[°]	cu med[kPa]	cu min[kPa]	E [MPa]
Rilevato e bonifica	1.5	20	0	0	30	30	0	0	0
Argilla limosa	1.5	16	0	0	0	0	30	30	0
Limo sabbioso	1.2	16	0	0	32	32	0	0	0
Argilla limosa	7.8	16	0	0	0	0	55	55	0
Limi argillosi	2.3	16	0	0	0	0	70	70	0
Argilla limosa	5.7	16	0	0	0	0	55	55	0

Tipo	S strato[m]	k.med	k.min	μ .med	μ .min	α .med	α .min	Nq.med	Nq.min	σ' .vzp[kPa]
Rilevato e bonifica	1.5	0.5	0.5	0.58	0.58	0	0			
Argilla limosa	1.5	1	1	0	0	0.85	0.85			
Limo sabbioso	1.2	0.47	0.47	0.62	0.62	0	0			
Argilla limosa	7.8	1	1	0	0	0.65	0.65			
Limi argillosi	2.3	1	1	0	0	0.65	0.65			
Argilla limosa	5.7	1	1	0	0	0.65	0.65	0	0	126

Tipo	S strato[m]	s.med[kPa]	s.min[kPa]	Rs.med[kN]	Rs.min[kN]	Rb.med[kN]	Rb.min[kN]
Rilevato e bonifica	1.5	2.2	2.2	5.1	5.1		
Argilla limosa	1.5	25.5	25.5	60.1	60.1		
Limo sabbioso	1.2	8.1	8.1	15.3	15.3		
Argilla limosa	7.8	35.8	35.8	438	438		
Limi argillosi	2.3	45.5	45.5	164.4	164.4		
Argilla limosa	5.7	35.8	35.8	320.1	320.1	161.2	161.2

Vertical Load NEd [kN]	597.45	APPROCH	A1+M1+R3
Pile head zp[m]	0	γ G1	1.3
Pile length L[m]	20	γ G2	1.5
Pile diameter D[mm]	500	γ Q	1.5
Investigations nb.	7	γ b	1.15
Interaction factor η	0.87	γ s	1.15
Correlation factor ξ_3	1.45	γ t	1.15
Correlation factor ξ_4	1.28	γ st	1.25



$$R_{s.med} := \frac{1}{\xi_3} \cdot \left(\sum R_{s.med} \right) = 691.6934 \text{ kN}$$

$$R_{s.min} := \frac{1}{\xi_4} \cdot \left(\sum R_{s.min} \right) = 783.5589 \text{ kN}$$

$$R_{sk} := \min \left(\left[\frac{R_{s.med}}{R_{s.min}} \right] \right) = 691.69 \text{ kN}$$

$$R_{bk} := \min \left(\left[\frac{R_{b.med}}{\xi_3} \frac{R_{b.min}}{\xi_4} \right] \right) = 111.17 \text{ kN}$$

$$R_{ck} := R_{sk} \cdot \eta + R_{bk} = 711.26 \text{ kN}$$

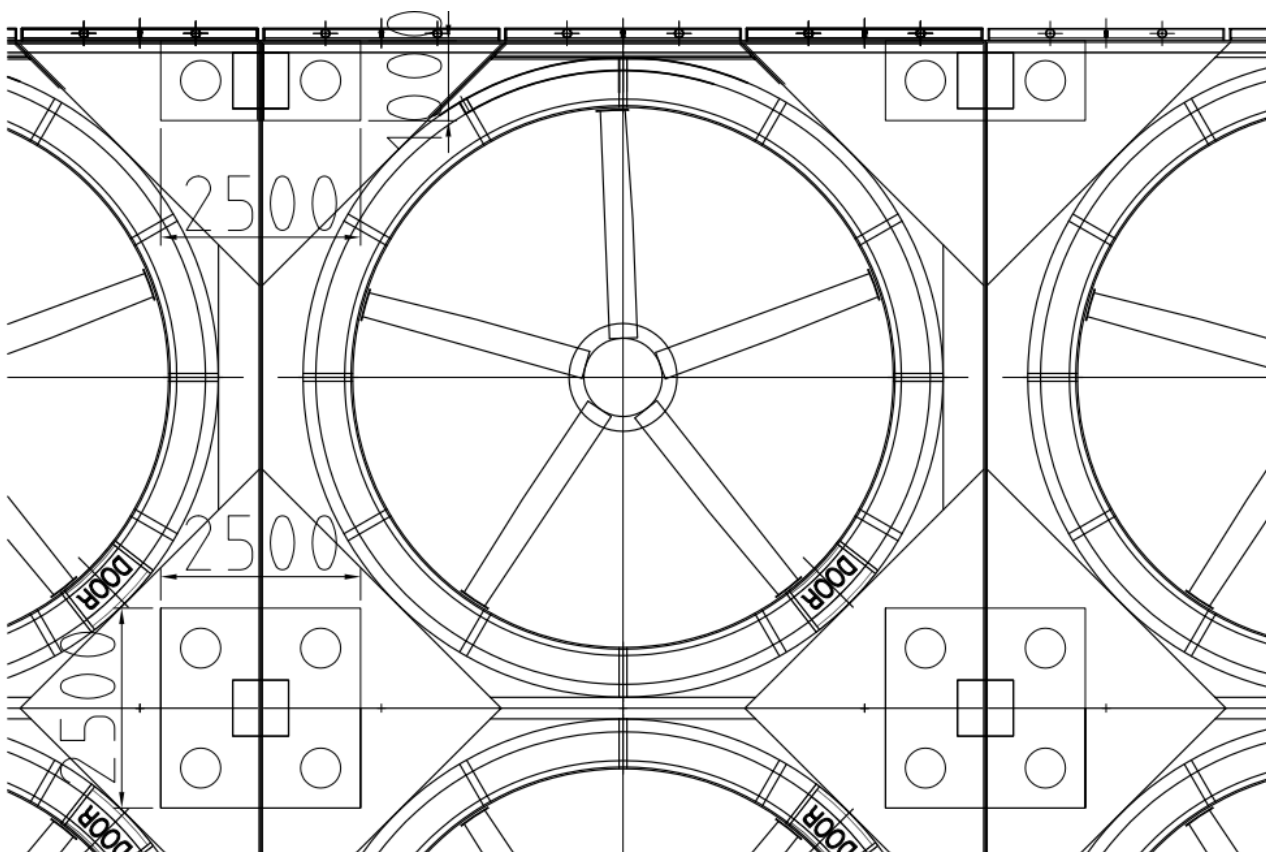
$$R_{cd} := \frac{R_{sk} \cdot \eta}{\gamma_s} + \frac{R_{bk}}{\gamma_b} = 618.49 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{R_{cd}} = 0.966 \leq 1$$

VERIFICATO


10. FONDAZIONI CONDENSATORI AD ARIA

Le fondazioni dei preriscaldatori sono costituite da plinti su pali collegati da cordoli in c.a.. I plinti sono di due tipologie, a 2 pali e 4 pali infissi di lunghezza 20m e diametro 500mm. Le verifiche geotecniche sono condotte considerando che in fase esecutiva saranno eseguite almeno 7 verticali di indagine.



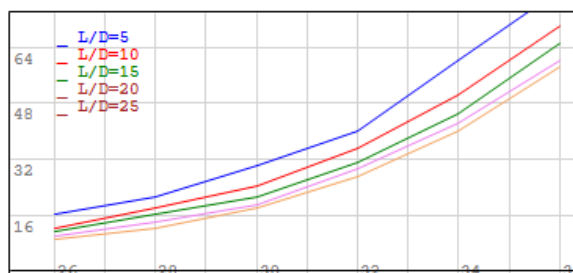
Di seguito è riportata la verifica geotecnica per i pali del plinto 2.5m x 2.5m

Tipo	S strato[m]	γ [kN/mc]	c' .med[kPa]	c' .min[kPa]	ϕ .med [°]	ϕ .min[°]	c_u .med[kPa]	c_u .min[kPa]	E [MPa]
Rilevato e bonifica	1.5	20	0	0	30	30	0	0	0
Argilla limosa	1.5	16	0	0	0	0	30	30	0
Limo sabbioso	1.2	16	0	0	32	32	0	0	0
Argilla limosa	7.8	16	0	0	0	0	55	55	0
Limi argillosi	2.3	16	0	0	0	0	70	70	0
Argilla limosa	5.7	16	0	0	0	0	55	55	0

Tipo	S strato[m]	k.med	k.min	μ .med	μ .min	α .med	α .min	Nq.med	Nq.min	σ' .vzp[kPa]
Rilevato e bonifica	1.5	0.5	0.5	0.58	0.58	0	0			
Argilla limosa	1.5	1	1	0	0	0.85	0.85			
Limo sabbioso	1.2	0.47	0.47	0.62	0.62	0	0			
Argilla limosa	7.8	1	1	0	0	0.65	0.65			
Limi argillosi	2.3	1	1	0	0	0.65	0.65			
Argilla limosa	5.7	1	1	0	0	0.65	0.65	0	0	126

Tipo	S strato[m]	s.med[kPa]	s.min[kPa]	Rs.med[kN]	Rs.min[kN]	Rb.med[kN]	Rb.min[kN]
Rilevato e bonifica	1.5	2.2	2.2	5.1	5.1		
Argilla limosa	1.5	25.5	25.5	60.1	60.1		
Limo sabbioso	1.2	8.1	8.1	15.3	15.3		
Argilla limosa	7.8	35.8	35.8	438	438		
Limi argillosi	2.3	45.5	45.5	164.4	164.4		
Argilla limosa	5.7	35.8	35.8	320.1	320.1	161.2	161.2

Vertical Load NEd [kN]	556.98	APPROCH	A1+M1+R3
Pile head zp[m]	0	γ G1	1.3
Pile length L[m]	20	γ G2	1.5
Pile diameter D[mm]	500	γ Q	1.5
Investigations nb.	7	γ b	1.15
Interaction factor η	0.8	γ s	1.15
Correlation factor ξ_3	1.45	γ t	1.15
Correlation factor ξ_4	1.28	γ st	1.25



$$R_{s.med} := \frac{1}{\xi_3} \cdot \left(\sum R_{s.med} \right) = 691.6934 \text{ kN}$$

$$R_{s.min} := \frac{1}{\xi_4} \cdot \left(\sum R_{s.min} \right) = 783.5589 \text{ kN}$$

$$R_{sk} := \min \left(\left[\begin{array}{c} R_{s.med} \\ R_{s.min} \end{array} \right] \right) = 691.69 \text{ kN}$$

$$R_{bk} := \min \left(\left[\begin{array}{cc} \frac{R_{b.med}}{\xi_3} & \frac{R_{b.min}}{\xi_4} \end{array} \right] \right) = 111.17 \text{ kN}$$

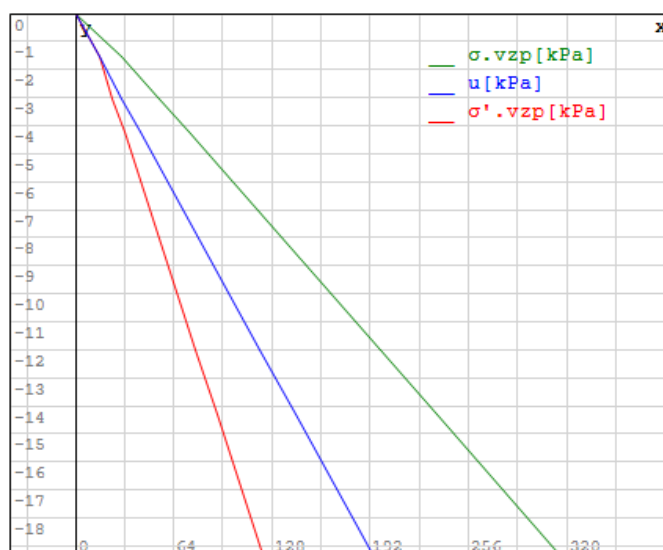
$$R_{ck} := R_{sk} \cdot \eta + R_{bk} = 661.19 \text{ kN}$$

$$R_{cd} := \frac{R_{sk} \cdot \eta}{\gamma_s} + \frac{R_{bk}}{\gamma_b} = 574.94 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{R_{cd}} = 0.969$$

≤ 1

VERIFICATO



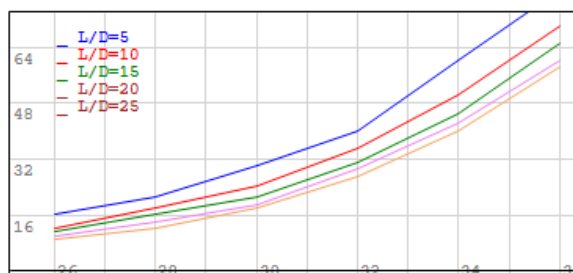
Di seguito è riportata la verifica geotecnica per i pali del plinto 2.5m x 1m

Tipo	S strato[m]	γ [kN/mc]	c' .med[kPa]	c' .min[kPa]	ϕ .med [°]	ϕ .min[°]	c_u .med[kPa]	c_u .min[kPa]	E [MPa]
Rilevato e bonifica	1.5	20	0	0	30	30	0	0	0
Argilla limosa	1.5	16	0	0	0	0	30	30	0
Limo sabbioso	1.2	16	0	0	32	32	0	0	0
Argilla limosa	7.8	16	0	0	0	0	55	55	0
Limi argillosi	2.3	16	0	0	0	0	70	70	0
Argilla limosa	5.7	16	0	0	0	0	55	55	0

Tipo	S strato[m]	k.med	k.min	μ .med	μ .min	α .med	α .min	Nq.med	Nq.min	σ' .vzp[kPa]
Rilevato e bonifica	1.5	0.5	0.5	0.58	0.58	0	0			
Argilla limosa	1.5	1	1	0	0	0.85	0.85			
Limo sabbioso	1.2	0.47	0.47	0.62	0.62	0	0			
Argilla limosa	7.8	1	1	0	0	0.65	0.65			
Limi argillosi	2.3	1	1	0	0	0.65	0.65			
Argilla limosa	5.7	1	1	0	0	0.65	0.65	0	0	126

Tipo	S strato[m]	s.med[kPa]	s.min[kPa]	Rs.med[kN]	Rs.min[kN]	Rb.med[kN]	Rb.min[kN]
Rilevato e bonifica	1.5	2.2	2.2	5.1	5.1		
Argilla limosa	1.5	25.5	25.5	60.1	60.1		
Limo sabbioso	1.2	8.1	8.1	15.3	15.3		
Argilla limosa	7.8	35.8	35.8	438	438		
Limi argillosi	2.3	45.5	45.5	164.4	164.4		
Argilla limosa	5.7	35.8	35.8	320.1	320.1	161.2	161.2

Vertical Load NEd [kN]	597.61	APPROCH	A1+M1+R3
Pile head zp[m]	0	γ G1	1.3
Pile length L[m]	20	γ G2	1.5
Pile diameter D[mm]	500	γ Q	1.5
Investigations nb.	7	γ b	1.15
Interaction factor η	0.9	γ s	1.15
Correlation factor ξ_3	1.45	γ t	1.15
Correlation factor ξ_4	1.28	γ st	1.25



$$R_{s.med} := \frac{1}{\xi_3} \cdot \left(\sum R_{s.med} \right) = 691.6934 \text{ kN}$$

$$R_{s.min} := \frac{1}{\xi_4} \cdot \left(\sum R_{s.min} \right) = 783.5589 \text{ kN}$$

$$R_{sk} := \min \left(\left[\begin{array}{c} R_{s.med} \\ R_{s.min} \end{array} \right] \right) = 691.69 \text{ kN}$$

$$R_{bk} := \min \left(\left[\begin{array}{cc} \frac{R_{b.med}}{\xi_3} & \frac{R_{b.min}}{\xi_4} \end{array} \right] \right) = 111.17 \text{ kN}$$

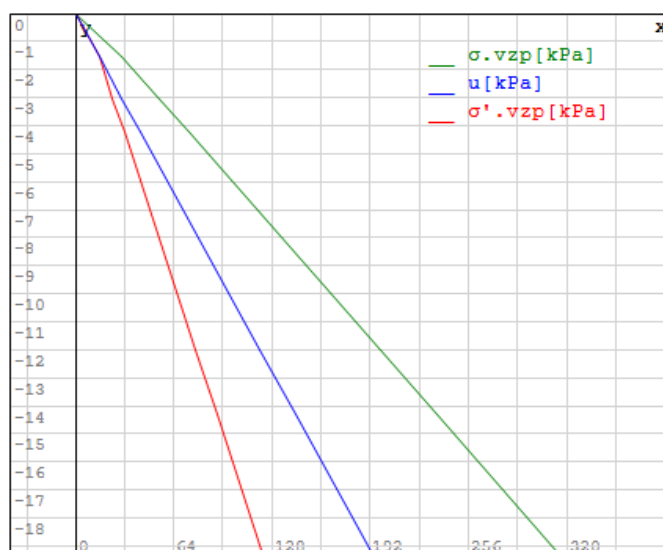
$$R_{ck} := R_{sk} \cdot \eta + R_{bk} = 732.03 \text{ kN}$$

$$R_{cd} := \frac{R_{sk} \cdot \eta}{\gamma_s} + \frac{R_{bk}}{\gamma_b} = 636.55 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{R_{cd}} = 0.939$$

≤ 1

VERIFICATO



10. CONCLUSIONI

Come si evince dalle analisi eseguite con l'applicazione degli opportuni coefficienti di norma, le fondazioni in esame risultano compatibili con le caratteristiche geologiche del sito, non si riscontrano fenomeni di cedimenti o plasticizzazione del terreno tali da compromettere il corretto funzionamento dell'impianto.