

Comune di Carbonia-Iglesias

Provincia di Sud Sardegna

Descrizione:

PROGETTO DEFINITIVO

Oggetto:

REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DI POTENZA DC 6.342.30 kWp E
POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 4.900 kW (AC)

Elaborato:

RELAZIONE GEOTECNICA PREVISIONALE DI CALCOLO STRUTTURE

Disegnato:

M.I.

Controllato:

D.C.

Rilasciato:

D.T.

tel: 045 8088911

fax: 045 581254

e-mail: info@mannienergy.it

Tavola:

Scala: varie @A1

Codice:

REL_12

Data: 06-2021

Nome file:

Percorso file:

Rev:

Data:

Descrizione:

00

06-2021

Emissione per approvazione

01

02

.....

.....

Commessa:

4961_Carbonia

Progettazione:

Committente:

Indirizzo cantiere:

Loc. Acquas Derettas
Carbonia-Iglesias (SU)

Il Progettista:



MANNI ENERGY
ENERGY SOLUTIONS

REVISIONS

No.	DATE	PAG./SEC.	NOTES
-----	------	-----------	-------

PREVISIONAL DOCUMENT

INDICE

1. DESCRIZIONE GENERALE.....	3
1.1. INTRODUZIONE	3
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	4
2.1. NORME EUROPEE	4
2.2. NORME ITALIANE	4
3. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	4
4. RELAZIONI ALLA BASE DEL PALO.....	5
4.1. MODELLO A ($\alpha=0^\circ$);	5
4.1.1. COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO	5
4.1.2. COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE DELLA SALVAGUARDIA DELLA VITA	7
4.1.3. COMBINAZIONI AGLI STATI LIMITE ULTIMI	8
4.1.4. COMBINAZIONI AGLI STATI LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA	14
4.2. MODELLO B ($\alpha=50^\circ$);	17
4.2.1. COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO	17
4.2.2. COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE DELLA SALVAGUARDIA DELLA VITA	19
4.2.3. COMBINAZIONI AGLI STATI LIMITE ULTIMI	20
4.2.4. COMBINAZIONI AGLI STATI LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA	26
5. ANALISI DEI RISULTATI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE	29
6. VERIFICA GEOTECNICA.....	31

1. Descrizione Generale

CARBONIA PV Plant	
Nome Progetto	CARBONIA
Paese	Italia
Potenza (MWp)	6.313,14 kWp - D C
Coordinate GPS	39°16'17.68"N 8°33'38.67"E
Tipologia di tracking system	Sistema di inseguimento orizzontale ad asse singolo con backtracking
Angolo di tracking	$\pm 50^\circ$
Tipo di tracker	TRJ HT 27 moduli in configurazione verticale
Altezza da terra al massimo angolo di inclinazione	400 mm
Modulo fotovoltaico	Silicio policristallino 72 celle da 540W/cad
Interasse fori per il montaggio	400 mm

1.1. Introduzione

Il presente fascicolo riguarda il calcolo Preliminare e la verifica geotecnica Preliminare degli elementi che costituiscono le fondazioni della struttura degli inseguitori meccanici mono-assiali denominati TRJ HT27PDP. Si precisa che il presente studio è stato redatto sulla base della progettazione definitiva, e delle indagini geologiche e geotecniche preliminari eseguite presso il sito di interesse, nonché mediante l'utilizzo della letteratura disponibile. In seguito al rilascio del titolo Autorizzativo per la costruzione e l'esercizio dell'impianto e contestualmente alla fase di avvio dei lavori, verranno eseguite le indagini geologico/geotecnico di dettaglio, le analisi delle sollecitazioni sulle strutture dovute alle azioni sismiche ed i relativi calcoli di stabilità come disciplinato dalla Legge 02/02/1974 n°64 recante "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche" e s.m.m.i. Allo scopo verrà effettuato se necessario un nuovo deposito dei calcoli strutturali secondo art. 65 comma 6 del D.P.R. n. 380/2001, come recepito dalla L.R. 16/2016 (art. 6 della Legge 1086/71), e dal D.D.G. n. 344 /2020 "Adeguamento dell'elencazione di cui al DDG n. 8/2020, conseguente al Decreto MIT del 30 aprile 2020 pubblicato nella G. U. Serie Generale n. 124 del 15 maggio 2020". **Le fondazioni progettate sono definite come profonde in quanto realizzate da pali in acciaio infissi per mezzo di battitura a percussione. Le fondazioni, come si evince dai calcoli contenuti nel presente fascicolo, sono ampiamente verificate con evidenti margini di sicurezza. In via previsionale, le lunghezze di affondamento sono per tutti i pali di L=1550mm.**

IL PRESENTE DOCUMENTO VIENE RILASCIATO A TITOLO ILLUSTRATIVO E PREVISIONALE E COME TALE E' SOGGETTO A VERIFICA E CORREZIONE A SEGUITO DI OPPORTUNA CAMPAGNA DI INDAGINI GEOTECNICHE.

2. Normative di Riferimento

2.1. Norme Europee

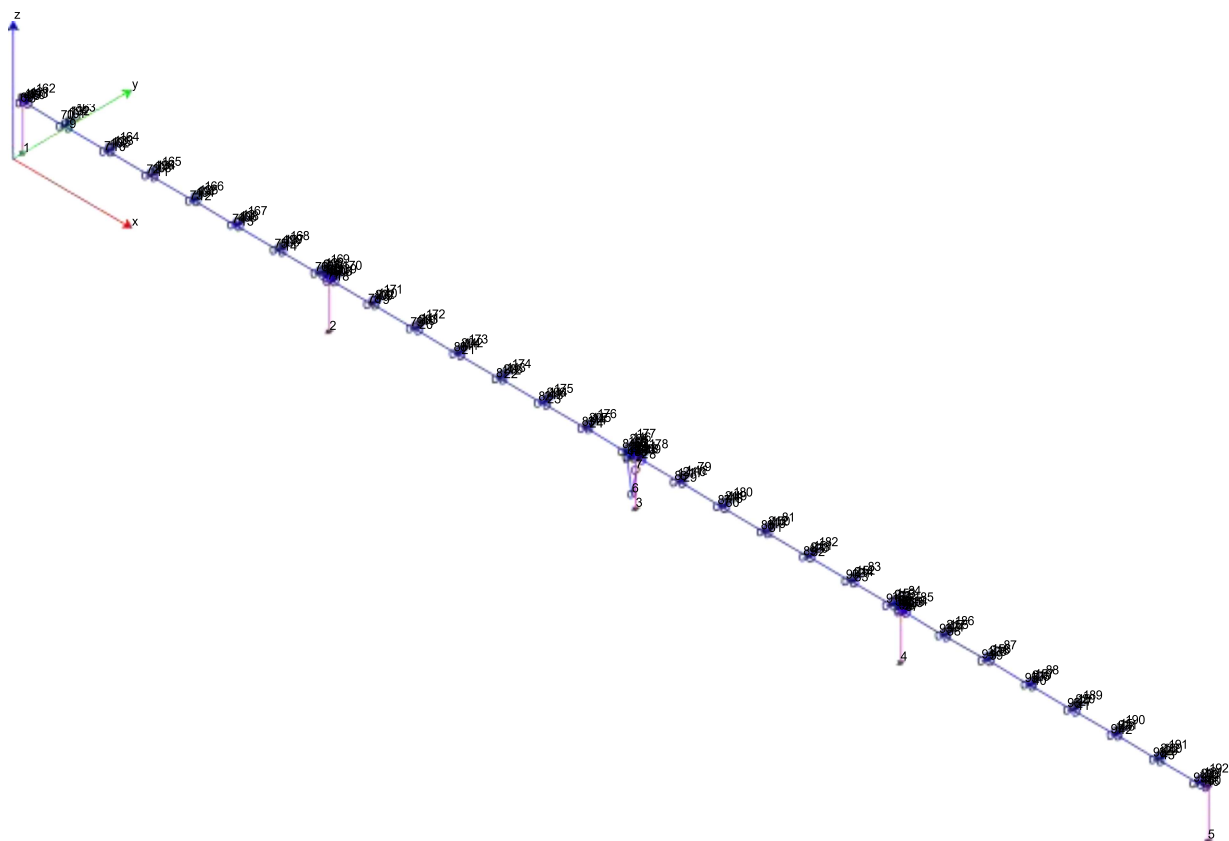
- EUROCODICE 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – azioni del vento (UNI EN 1991-1-4:2005);
- EUROCODICE 3 – Progettazione delle Strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici (UNI EN 1993-1-1:2005);
- EUROCODICE 3 – Progettazione delle Strutture in acciaio – Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti (UNI EN 1993-1-8:2005);

2.2. Norme Italiane

- D.M. 17 gennaio 2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circolare Esplicativa n°7 del 21 gennaio 2019 – Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- Legge 2/2/74 n. 64 e DDMM 3/3/1975 – Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche.
- Costruzioni in acciaio: Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione. (C.N.R. 10011/85);
- Istruzioni per la valutazione delle Azioni sulle Costruzioni. (C.N.R. 10012/85);

4. Relazioni alla base del palo

4.1. Modello A ($\alpha=0^\circ$);



4.1.1. Combinazioni allo STATO LIMITE ULTIMO

Comb.\Cond	Dead load	PV pannells	wind -Z	wind +Z	snow	+dT=30°	-dT=30°
1	ULS1 - wind-Z	1.3	1.3	1.5			
2	ULS2 - wind+Z	1	1		1.5		
3	ULS3 - snow	1.3	1.3			1.5	
4	ULS4 - +dT	1.3	1.3				1.5

5	ULS5 - -dT	1.3	1.3					1.5
6	ULS6 - wind-Z (snow;+dT)	1.3	1.3	1.5		0.75	0.9	
7	ULS7 - wind-Z (snow;-dT)	1.3	1.3	1.5		0.75		0.9
8	ULS8 - wind-Z (+dT)	1.3	1.3	1.5			0.9	
9	ULS9 - wind-Z (-dT)	1.3	1.3	1.5				0.9
10	ULS10 - wind-Z (snow)	1.3	1.3	1.5		0.75		
11	ULS11 - wind+Z (+dT)	1	1		1.5		0.9	
12	ULS12 - wind+Z (-dT)	1	1		1.5			0.9
13	ULS13 - snow (wind-Z;+dT)	1.3	1.3	0.9		1.5	0.9	
14	ULS14 - snow (wind-Z;-dT)	1.3	1.3	0.9		1.5		0.9
15	ULS15 - snow (wind-Z)	1.3	1.3	0.9		1.5		
16	ULS16 - snow (+dT)	1.3	1.3			1.5	0.9	
17	ULS17 - snow (-dT)	1.3	1.3			1.5		0.9
18	ULS18 - +dT (wind-Z;snow)	1.3	1.3	0.9		0.75	1.5	
19	ULS19 - +dT (wind-Z)	1.3	1.3	0.9			1.5	
20	ULS20 - +dT (wind+Z)	1.3	1.3		0.9		1.5	
21	ULS21 - +dT (snow)	1.3	1.3			0.75	1.5	
22	ULS22 - +dT (wind-Z;snow)	1.3	1.3	0.9		0.75		1.5
23	ULS23 - +dT (wind-Z)	1.3	1.3	0.9				1.5
24	ULS24 - +dT (wind+Z)	1.3	1.3		0.9			1.5
25	ULS25 - +dT (snow)	1.3	1.3			0.75		1.5

4.1.2. Combinazioni allo STATO LIMITE DELLA SALVAGUARDIA DELLA VITA

	Comb.\Cond	Dead load	PV pannels	Sisma 0SLV	Sisma 180SLV	Sisma 90SLV	Sisma 270SLV
26	Sisma 0 / 90	1	1	1		0.3	
27	Sisma 0 / 270	1	1	1			0.3
28	Sisma 180 / 90	1	1		1	0.3	
29	Sisma 180 / 270	1	1		1		0.3
30	Sisma 90 / 0	1	1	0.3		1	
31	Sisma 90 / 180	1	1		0.3	1	
32	Sisma 270 / 0	1	1	0.3			1
33	Sisma 270 / 180	1	1		0.3		1

4.1.3. Combinazioni agli Stati Limite Ultimi

Nodo	Comb.	Rx [N]	Ry [N]	Rz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]
1	1	-6043.0	-0.9	5457.6	1.0	-7221.3	0.0
	2	956.4	1.0	-1067.9	-1.2	1142.9	-0.0
	3	-3671.7	-0.0	3184.9	0.0	-4387.7	-0.0
	4	-2889.1	-0.0	2671.9	0.0	-3452.4	-0.0
	5	-3269.8	-0.0	2673.8	0.0	-3907.4	-0.0
	6	-6224.9	-0.9	5713.1	1.0	-7438.7	0.0
	7	-6453.3	-0.9	5714.2	1.0	-7711.7	0.0
	8	-5928.7	-0.9	5457.1	1.0	-7084.9	0.0
	9	-6157.2	-0.9	5458.2	1.0	-7357.8	0.0
	10	-6339.1	-0.9	5713.7	1.0	-7575.2	0.0
	11	1070.6	1.0	-1068.5	-1.2	1279.3	-0.0
	12	842.1	1.0	-1067.4	-1.2	1006.4	-0.0
	13	-5335.6	-0.5	4855.3	0.6	-6376.0	0.0
	14	-5564.0	-0.5	4856.4	0.6	-6649.0	0.0
	15	-5449.8	-0.5	4855.8	0.6	-6512.5	0.0
	16	-3557.5	-0.0	3184.4	0.0	-4251.2	-0.0
	17	-3785.9	-0.0	3185.5	0.0	-4524.2	-0.0
	18	-4963.3	-0.5	4598.9	0.6	-5931.2	0.0
	19	-4667.2	-0.5	4342.8	0.6	-5577.3	0.0
	20	-894.0	0.6	797.6	-0.7	-1068.3	-0.0
	21	-3185.2	-0.0	2928.0	0.0	-3806.3	-0.0

	22	-5344.0	-0.5	4600.7	0.6	-6386.1	0.0
	23	-5047.9	-0.5	4344.6	0.6	-6032.3	0.0
	24	-1274.7	0.6	799.4	-0.7	-1523.3	-0.0
	25	-3565.9	-0.0	2929.8	0.0	-4261.3	-0.0
2	1	-1496.9	5.9	10947.3	-7.0	-1788.8	0.3
	2	-20.0	-6.6	-2226.6	7.8	-23.9	-0.4
	3	-1071.2	0.0	6354.0	-0.0	-1280.1	0.0
	4	-886.4	0.0	5317.6	-0.0	-1059.2	0.0
	5	-912.4	0.0	5315.8	-0.0	-1090.3	0.0
	6	-1575.0	5.9	11466.5	-7.0	-1882.1	0.3
	7	-1590.6	5.9	11465.4	-7.0	-1900.8	0.3
	8	-1489.1	5.9	10947.8	-7.0	-1779.5	0.3
	9	-1504.7	5.9	10946.7	-7.0	-1798.1	0.3
	10	-1582.8	5.9	11465.9	-7.0	-1891.4	0.3
	11	-12.2	-6.6	-2226.1	7.8	-14.5	-0.4
	12	-27.8	-6.6	-2227.2	7.8	-33.2	-0.4
	13	-1421.9	3.5	9732.9	-4.2	-1699.2	0.2
	14	-1437.5	3.5	9731.8	-4.2	-1717.8	0.2
	15	-1429.7	3.5	9732.3	-4.2	-1708.5	0.2
	16	-1063.4	0.0	6354.5	-0.0	-1270.8	0.0
	17	-1079.0	0.0	6353.4	-0.0	-1289.4	0.0
	18	-1330.8	3.5	9214.6	-4.2	-1590.3	0.2
	19	-1244.9	3.5	8696.0	-4.2	-1487.6	0.2
	20	-483.3	-3.9	1527.8	4.7	-577.5	-0.2
	21	-972.3	0.0	5836.3	-0.0	-1161.9	0.0
	22	-1356.8	3.5	9212.8	-4.2	-1621.4	0.2

	23	-1270.9	3.5	8694.1	-4.2	-1518.7	0.2
	24	-509.3	-3.9	1525.9	4.7	-608.6	-0.2
	25	-998.3	0.0	5834.4	-0.0	-1193.0	0.0
3	1	1001.2	-10.8	10307.5	-10389.0	1196.3	0.5
	2	-188.3	12.1	-1975.2	11576.4	-224.9	-0.6
	3	588.6	-0.0	6026.3	-10.9	703.4	0.0
	4	492.0	-0.0	5070.1	-10.9	587.9	0.0
	5	496.6	-0.0	5070.1	-10.9	593.4	0.0
	6	1047.0	-10.8	10785.6	-10389.0	1251.1	0.5
	7	1049.7	-10.8	10785.6	-10389.0	1254.3	0.5
	8	999.8	-10.8	10307.5	-10389.0	1194.7	0.5
	9	1002.6	-10.8	10307.5	-10389.0	1198.0	0.5
	10	1048.4	-10.8	10785.6	-10389.0	1252.7	0.5
	11	-189.7	12.1	-1975.2	11576.4	-226.6	-0.6
	12	-186.9	12.1	-1975.2	11576.4	-223.3	-0.6
	13	891.4	-6.5	9168.8	-6237.8	1065.2	0.3
	14	894.2	-6.5	9168.8	-6237.8	1068.5	0.3
	15	892.8	-6.5	9168.8	-6237.8	1066.8	0.3
	16	587.3	-0.0	6026.3	-10.9	701.8	0.0
	17	590.0	-0.0	6026.3	-10.9	705.1	0.0
	18	843.3	-6.5	8690.7	-6237.8	1007.7	0.3
	19	796.1	-6.5	8212.5	-6237.8	951.3	0.3
	20	150.9	7.2	1545.0	6940.0	180.4	-0.3
	21	539.2	-0.0	5548.2	-10.9	644.3	0.0
	22	847.9	-6.5	8690.6	-6237.8	1013.2	0.3
	23	800.7	-6.5	8212.5	-6237.8	956.8	0.3

	24	155.5	7.2	1544.9	6940.0	185.8	-0.3
	25	543.8	-0.0	5548.2	-10.9	649.8	0.0
4	1	782.6	6.8	10145.3	-8.1	935.2	-0.3
	2	155.6	-7.5	-2067.3	9.0	186.0	0.4
	3	652.1	0.0	5887.8	-0.0	779.2	-0.0
	4	535.6	0.0	4926.2	-0.0	640.1	-0.0
	5	559.2	0.0	4924.4	-0.0	668.3	-0.0
	6	827.8	6.8	10627.1	-8.1	989.2	-0.3
	7	842.0	6.8	10626.0	-8.1	1006.1	-0.3
	8	775.5	6.8	10145.8	-8.1	926.7	-0.3
	9	789.7	6.8	10144.7	-8.1	943.6	-0.3
	10	834.9	6.8	10626.5	-8.1	997.7	-0.3
	11	148.6	-7.5	-2066.8	9.0	177.5	0.4
	12	162.7	-7.5	-2067.8	9.0	194.4	0.4
	13	786.1	4.1	9020.4	-4.9	939.3	-0.2
	14	800.2	4.1	9019.3	-4.9	956.3	-0.2
	15	793.1	4.1	9019.8	-4.9	947.8	-0.2
	16	645.0	0.0	5888.4	-0.0	770.7	-0.0
	17	659.1	0.0	5887.3	-0.0	787.7	-0.0
	18	729.0	4.1	8539.4	-4.9	871.2	-0.2
	19	676.7	4.1	8058.2	-4.9	808.7	-0.2
	20	376.4	-4.5	1412.6	5.4	449.7	0.2
	21	588.0	0.0	5407.4	-0.0	702.6	-0.0
	22	752.6	4.1	8537.7	-4.9	899.4	-0.2
	23	700.3	4.1	8056.4	-4.9	836.9	-0.2
	24	400.0	-4.5	1410.8	5.4	477.9	0.2

	25	611.6	0.0	5405.7	-0.0	730.8	-0.0
5	1	5756.1	-0.9	5465.4	1.1	6878.5	-0.0
	2	-903.7	1.1	-1069.5	-1.3	-1079.9	0.0
	3	3502.2	-0.0	3189.5	0.0	4185.1	0.0
	4	2747.8	-0.0	2675.7	0.0	3283.7	0.0
	5	3126.4	-0.0	2677.6	0.0	3736.1	0.0
	6	5925.1	-0.9	5721.3	1.1	7080.5	-0.0
	7	6152.2	-0.9	5722.4	1.1	7351.9	-0.0
	8	5642.5	-0.9	5464.9	1.1	6742.8	-0.0
	9	5869.7	-0.9	5466.0	1.1	7014.3	-0.0
	10	6038.6	-0.9	5721.8	1.1	7216.2	-0.0
	11	-1017.3	1.1	-1070.0	-1.3	-1215.7	0.0
	12	-790.1	1.1	-1068.9	-1.3	-944.2	0.0
	13	5080.0	-0.6	4862.2	0.7	6070.6	-0.0
	14	5307.2	-0.6	4863.3	0.7	6342.1	-0.0
	15	5193.6	-0.6	4862.7	0.7	6206.3	-0.0
	16	3388.6	-0.0	3188.9	0.0	4049.4	0.0
	17	3615.8	-0.0	3190.0	0.0	4320.8	0.0
	18	4721.8	-0.6	4605.4	0.7	5642.5	-0.0
	19	4439.2	-0.6	4349.0	0.7	5304.9	-0.0
	20	850.0	0.6	798.7	-0.8	1015.8	0.0
	21	3030.4	-0.0	2932.2	0.0	3621.3	0.0
	22	5100.3	-0.6	4607.2	0.7	6094.9	-0.0
	23	4817.8	-0.6	4350.8	0.7	5757.3	-0.0
	24	1228.6	0.6	800.5	-0.8	1468.2	0.0
	25	3408.9	-0.0	2934.0	0.0	4073.7	0.0

Tot.	1	0.0	0.0	42323.1	-10402.0	-0.1	0.5
Tot.	2	0.0	0.0	-8406.5	11590.8	0.1	-0.5
Tot.	3	0.0	0.0	24642.6	-10.9	0.0	0.0
Tot.	4	0.0	-0.0	20661.6	-10.9	0.0	0.0
Tot.	5	0.0	-0.0	20661.6	-10.9	0.0	0.0
Tot.	6	0.0	0.0	44313.6	-10402.0	-0.1	0.5
Tot.	7	0.0	0.0	44313.6	-10402.0	-0.1	0.5
Tot.	8	0.0	0.0	42323.1	-10402.0	-0.1	0.5
Tot.	9	0.0	0.0	42323.1	-10402.0	-0.1	0.5
Tot.	10	0.0	-0.0	44313.6	-10402.0	-0.1	0.5
Tot.	11	0.0	0.0	-8406.5	11590.8	0.1	-0.5
Tot.	12	0.0	0.0	-8406.5	11590.8	0.1	-0.5
Tot.	13	0.0	-0.0	37639.5	-6245.5	-0.1	0.3
Tot.	14	0.0	-0.0	37639.5	-6245.5	-0.1	0.3
Tot.	15	0.0	-0.0	37639.5	-6245.5	-0.1	0.3
Tot.	16	0.0	0.0	24642.6	-10.9	0.0	0.0
Tot.	17	0.0	-0.0	24642.6	-10.9	0.0	0.0
Tot.	18	0.0	-0.0	35649.0	-6245.5	-0.1	0.3
Tot.	19	0.0	-0.0	33658.5	-6245.5	-0.1	0.3
Tot.	20	0.0	-0.0	6081.6	6948.6	0.1	-0.3
Tot.	21	0.0	-0.0	22652.1	-10.9	0.0	0.0
Tot.	22	0.0	-0.0	35649.0	-6245.5	-0.1	0.3
Tot.	23	0.0	-0.0	33658.5	-6245.5	-0.1	0.3
Tot.	24	0.0	-0.0	6081.6	6948.6	0.1	-0.3
Tot.	25	0.0	-0.0	22652.1	-10.9	0.0	0.0

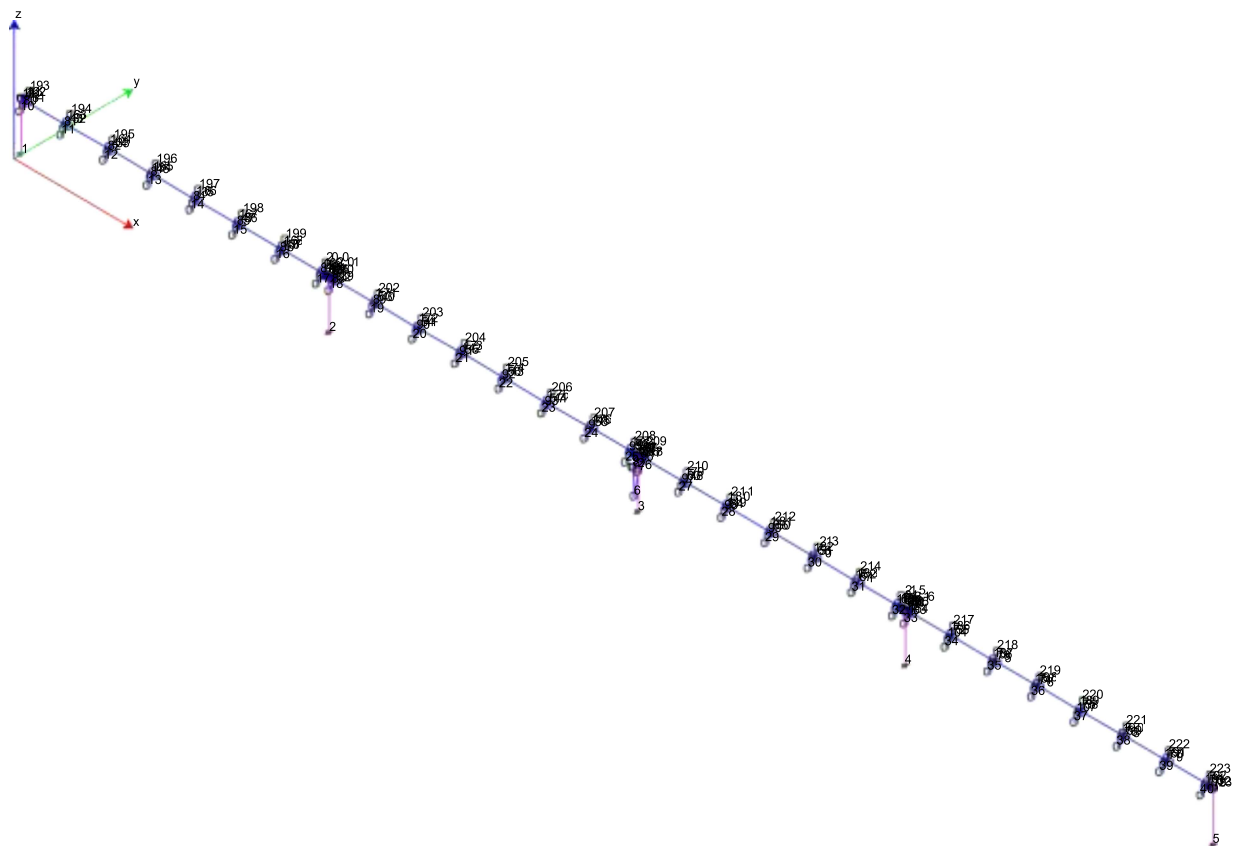
4.1.4. Combinazioni agli Stati Limite di Salvaguardia della Vita

Nodo	Comb.	Rx [N]	Ry [N]	Rz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]
1	26	-4478.8	-434.2	1786.5	518.8	-5352.2	-1.3
	27	-4466.0	417.8	1783.8	-499.3	-5336.8	1.2
	28	-271.6	-417.8	2328.3	499.3	-324.6	-1.2
	29	-258.8	434.2	2325.6	-518.8	-309.2	1.3
	30	-3021.3	-1422.4	1979.2	1699.8	-3610.5	-4.2
	31	-1759.2	-1417.5	2141.7	1693.9	-2102.2	-4.2
	32	-2978.4	1417.5	1970.4	-1693.9	-3559.2	4.2
	33	-1716.3	1422.4	2132.9	-1699.8	-2050.9	4.2
2	26	-3013.1	-869.6	4056.6	1039.1	-3600.6	0.2
	27	-3010.4	848.9	4051.7	-1014.4	-3597.4	-0.2
	28	1626.7	-848.8	4127.8	1014.4	1943.9	0.2
	29	1629.4	869.6	4122.9	-1039.1	1947.1	-0.2
	30	-1392.3	-2867.1	4087.2	3426.2	-1663.8	0.6
	31	-0.3	-2860.9	4108.6	3418.8	-0.4	0.6
	32	-1383.4	2860.9	4071.0	-3418.8	-1653.1	-0.6
	33	8.6	2867.1	4092.3	-3426.2	10.2	-0.6
3	26	-2967.5	-554.4	3692.7	826.7	-3531.4	0.9
	27	-2966.2	555.0	3703.7	-847.6	-3530.4	-1.1
	28	3726.6	-555.0	4096.4	830.8	4439.1	1.1

	29	3727.9	554.4	4107.4	-843.4	4440.2	-0.9
	30	-626.1	-1848.9	3821.1	2781.4	-743.0	3.4
	31	1382.1	-1849.1	3942.3	2782.7	1648.2	3.5
	32	-621.7	1849.1	3857.9	-2799.4	-739.5	-3.5
	33	1386.6	1848.9	3979.0	-2798.2	1651.7	-3.4
4	26	-1864.2	-587.3	4015.1	701.8	-2227.7	-0.7
	27	-1865.2	603.4	4006.7	-721.1	-2228.9	0.7
	28	2707.4	-603.4	3570.6	721.1	3235.4	-0.7
	29	2706.4	587.3	3562.3	-701.8	3234.2	0.7
	30	-262.9	-1982.1	3869.3	2368.6	-314.2	-2.3
	31	1108.6	-1986.9	3735.9	2374.4	1324.7	-2.3
	32	-266.3	1986.9	3841.4	-2374.4	-318.3	2.3
	33	1105.2	1982.1	3708.1	-2368.6	1320.7	2.3
5	26	200.4	-429.3	2323.9	513.1	239.5	1.3
	27	189.0	443.6	2322.1	-530.1	225.9	-1.3
	28	4329.6	-443.6	1795.8	530.1	5173.9	1.3
	29	4318.3	429.3	1794.0	-513.1	5160.3	-1.3
	30	1658.9	-1452.7	2141.1	1736.0	1982.3	4.2
	31	2897.6	-1457.0	1982.7	1741.1	3462.7	4.2
	32	1621.0	1457.0	2135.2	-1741.1	1937.1	-4.2
	33	2859.8	1452.7	1976.8	-1736.0	3417.4	-4.2
Tot.	26	-12123.2	-2874.7	15874.8	3599.5	-14472.5	0.4
Tot.	27	-12118.7	2868.7	15868.2	-3612.4	-14467.7	-0.6
Tot.	28	12118.7	-2868.7	15918.9	3595.6	14467.7	0.6
Tot.	29	12123.2	2874.7	15912.2	-3616.2	14472.5	-0.4

Tot.	30	-3643.8	-9573.3	15898.0	12012.0	-4349.1	1.7
Tot.	31	3628.8	-9571.4	15911.2	12010.9	4333.0	1.8
Tot.	32	-3628.8	9571.4	15875.8	-12027.6	-4333.0	-1.8
Tot.	33	3643.8	9573.3	15889.0	-12028.7	4349.1	-1.7

4.2. Modello B ($\alpha=50^\circ$);



4.2.1. Combinazioni allo STATO LIMITE ULTIMO

Comb.\Cond	Dead load	PV pannels	wind +Y	wind -Y	snow	+dT=30°	-dT=30°
1 ULS1 - wind+Y	1.3	1.3	1.5				
2 ULS2 - wind-Y	1	1		1.5			
3 ULS3 - snow	1.3	1.3			1.5		
4 ULS4 - +dT	1.3	1.3				1.5	
5 ULS5 - -dT	1.3	1.3					1.5
6 ULS6 - wind+Y (snow;+dT)	1.3	1.3	1.5		0.75	0.9	

7	ULS7 - wind+Y (snow;-dT)	1.3	1.3	1.5		0.75		0.9
8	ULS8 - wind+Y (+dT)	1.3	1.3	1.5			0.9	
9	ULS9 - wind+Y (-dT)	1.3	1.3	1.5				0.9
10	ULS10 - wind+Y (snow)	1.3	1.3	1.5		0.75		
11	ULS11 - wind-Y (+dT)	1	1		1.5		0.9	
12	ULS12 - wind-Y (-dT)	1	1		1.5			0.9
13	ULS13 - snow (wind+Y;+dT)	1.3	1.3	0.9		1.5	0.9	
14	ULS14 - snow (wind+Y;-dT)	1.3	1.3	0.9		1.5		0.9
15	ULS15 - snow (wind+Y)	1.3	1.3	0.9		1.5		
16	ULS16 - snow (+dT)	1.3	1.3			1.5	0.9	
17	ULS17 - snow (-dT)	1.3	1.3			1.5		0.9
18	ULS18 - +dT (wind+Y;snow)	1.3	1.3	0.9		0.75	1.5	
19	ULS19 - +dT (wind+Y)	1.3	1.3	0.9			1.5	
20	ULS20 - +dT (wind-Y)	1.3	1.3		0.9		1.5	
21	ULS21 - +dT (snow)	1.3	1.3			0.75	1.5	
22	ULS22 - +dT (wind+Y;snow)	1.3	1.3	0.9		0.75		1.5
23	ULS23 - +dT (wind+Y)	1.3	1.3	0.9				1.5
24	ULS24 - +dT (wind-Y)	1.3	1.3		0.9			1.5
25	ULS25 - +dT (snow)	1.3	1.3			0.75		1.5

4.2.2. Combinazioni allo STATO LIMITE DELLA SALVAGUARDIA DELLA VITA

Comb.\Cond	Dead load	PV pannels	Sisma 0SLV	Sisma 180SLV	Sisma 90SLV	Sisma 270SLV
26	Sisma 0 / 90	1	1	1	0.3	
27	Sisma 0 / 270	1	1	1		0.3
28	Sisma 180 / 90	1	1		0.3	
29	Sisma 180 / 270	1	1			0.3
30	Sisma 90 / 0	1	1	0.3	1	
31	Sisma 90 / 180	1	1		0.3	1
32	Sisma 270 / 0	1	1	0.3		1
33	Sisma 270 / 180	1	1		0.3	1

4.2.3. Combinazioni agli Stati Limite Ultimi

Nodo	Comb.	Rx [N]	Ry [N]	Rz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]
1	1	-3618.8	-1858.9	3012.4	2221.3	-4324.5	-2.8
	2	2506.9	2305.1	-296.6	-2754.5	2995.8	4.5
	3	-1525.0	-8.6	2441.2	10.3	-1822.4	0.8
	4	-855.5	-5.2	1715.2	6.2	-1022.4	0.4
	5	-1236.9	-6.6	1716.3	7.9	-1478.1	0.7
	6	-3743.8	-1859.8	3374.8	2222.4	-4473.9	-2.8
	7	-3972.7	-1860.7	3375.4	2223.5	-4747.3	-2.6
	8	-3504.4	-1858.4	3012.1	2220.8	-4187.8	-2.9
	9	-3733.3	-1859.3	3012.7	2221.9	-4461.2	-2.7
	10	-3858.2	-1860.2	3375.1	2223.0	-4610.6	-2.7
	11	2621.3	2305.5	-296.9	-2755.1	3132.5	4.5
	12	2392.5	2304.6	-296.3	-2754.0	2859.1	4.6
	13	-2954.2	-1120.0	3218.8	1338.4	-3530.2	-1.3
	14	-3183.0	-1120.8	3219.5	1339.4	-3803.7	-1.2
	15	-3068.6	-1120.4	3219.1	1338.9	-3667.0	-1.2
	16	-1410.6	-8.2	2440.8	9.8	-1685.7	0.7
	17	-1639.4	-9.1	2441.5	10.8	-1959.1	0.9
	18	-2638.5	-1118.3	2855.9	1336.4	-3153.0	-1.5
	19	-2399.1	-1117.0	2493.2	1334.8	-2866.9	-1.6
	20	1131.5	1380.6	745.4	-1649.8	1352.1	2.9
	21	-1094.9	-6.5	2077.9	7.8	-1308.4	0.5

	22	-3019.9	-1119.8	2857.0	1338.1	-3608.8	-1.2
	23	-2780.5	-1118.4	2494.2	1336.5	-3322.7	-1.3
	24	750.1	1379.1	746.4	-1648.0	896.4	3.2
	25	-1476.3	-8.0	2079.0	9.6	-1764.2	0.8
2	1	-951.3	-3743.2	6024.4	4473.1	-1136.7	0.4
	2	724.2	4678.2	-660.9	-5590.5	865.4	-0.3
	3	-429.2	9.0	4882.7	-10.7	-512.9	0.2
	4	-284.4	5.4	3402.3	-6.4	-339.9	0.1
	5	-310.4	6.8	3401.2	-8.2	-370.9	0.1
	6	-1009.4	-3742.2	6765.2	4471.9	-1206.2	0.5
	7	-1024.9	-3741.3	6764.6	4470.8	-1224.8	0.5
	8	-943.5	-3743.6	6024.7	4473.6	-1127.4	0.4
	9	-959.0	-3742.7	6024.1	4472.5	-1146.0	0.4
	10	-1017.1	-3741.7	6764.9	4471.4	-1215.5	0.5
	11	731.9	4677.8	-660.6	-5589.9	874.7	-0.3
	12	716.4	4678.7	-661.3	-5591.0	856.1	-0.3
	13	-813.7	-2241.0	6456.6	2678.0	-972.4	0.4
	14	-829.3	-2240.1	6456.0	2677.0	-991.0	0.4
	15	-821.5	-2240.6	6456.3	2677.5	-981.7	0.4
	16	-421.4	8.5	4883.0	-10.2	-503.6	0.2
	17	-437.0	9.4	4882.4	-11.3	-522.2	0.2
	18	-742.6	-2242.7	5716.3	2680.1	-887.5	0.3
	19	-676.7	-2244.2	4975.9	2681.8	-808.7	0.3
	20	287.3	2809.5	1435.7	-3357.3	343.3	-0.1
	21	-350.3	6.8	4142.7	-8.1	-418.7	0.1
	22	-768.6	-2241.3	5715.3	2678.3	-918.5	0.3

	23	-702.7	-2242.7	4974.8	2680.1	-839.7	0.3
	24	261.4	2810.9	1434.6	-3359.1	312.4	-0.1
	25	-376.3	8.3	4141.7	-9.9	-449.7	0.1
3	1	583.3	-3462.1	5760.5	1762.9	697.0	0.9
	2	-395.4	4311.8	-449.1	-6861.9	-472.5	-1.2
	3	243.6	0.5	4692.2	-508.0	291.1	-0.1
	4	164.2	0.4	3328.6	-233.9	196.2	-0.1
	5	168.8	0.4	3328.6	-233.9	201.7	-0.1
	6	620.5	-3462.0	6442.3	1625.9	741.5	0.9
	7	623.3	-3462.0	6442.3	1625.9	744.8	0.9
	8	581.9	-3462.1	5760.5	1762.9	695.4	0.9
	9	584.7	-3462.0	5760.5	1762.9	698.7	0.9
	10	621.9	-3462.0	6442.3	1625.9	743.1	0.9
	11	-396.8	4311.8	-449.1	-6861.9	-474.2	-1.2
	12	-394.0	4311.8	-449.1	-6861.9	-470.9	-1.2
	13	492.4	-2077.0	6151.3	690.1	588.3	0.5
	14	495.1	-2077.0	6151.3	690.1	591.6	0.5
	15	493.7	-2077.0	6151.3	690.1	590.0	0.5
	16	242.3	0.5	4692.2	-508.0	289.5	-0.1
	17	245.0	0.5	4692.2	-508.0	292.8	-0.1
	18	452.9	-2077.1	5469.5	827.1	541.1	0.5
	19	414.3	-2077.1	4787.7	964.2	495.0	0.5
	20	-149.9	2587.3	1522.9	-4243.1	-179.1	-0.8
	21	202.8	0.4	4010.4	-371.0	242.3	-0.1
	22	457.5	-2077.0	5469.5	827.1	546.6	0.5
	23	418.9	-2077.1	4787.7	964.2	500.5	0.5

	24	-145.3	2587.3	1522.8	-4243.1	-173.6	-0.8
	25	207.4	0.4	4010.4	-371.0	247.8	-0.1
4	1	537.7	-3473.4	5602.1	4150.7	642.6	-1.0
	2	-445.9	4339.3	-603.2	-5185.4	-532.8	1.1
	3	255.7	6.8	4543.2	-8.1	305.5	-0.1
	4	167.1	3.9	3170.6	-4.7	199.7	-0.1
	5	190.6	5.3	3169.6	-6.4	227.8	-0.1
	6	569.1	-3472.7	6289.0	4149.9	680.0	-1.0
	7	583.2	-3471.9	6288.4	4148.9	696.9	-1.0
	8	530.7	-3473.8	5602.4	4151.2	634.2	-1.0
	9	544.8	-3473.0	5601.8	4150.2	651.0	-1.0
	10	576.1	-3472.3	6288.7	4149.4	688.5	-1.0
	11	-452.9	4338.8	-602.8	-5184.9	-541.3	1.1
	12	-438.8	4339.7	-603.5	-5185.9	-524.4	1.1
	13	463.9	-2080.4	6002.7	2486.1	554.4	-0.7
	14	478.0	-2079.6	6002.1	2485.1	571.3	-0.7
	15	471.0	-2080.0	6002.4	2485.6	562.8	-0.7
	16	248.6	6.4	4543.5	-7.6	297.1	-0.1
	17	262.7	7.2	4542.9	-8.6	313.9	-0.1
	18	420.8	-2081.8	5316.4	2487.8	502.9	-0.7
	19	382.4	-2082.9	4629.8	2489.1	457.0	-0.6
	20	-183.0	2605.3	1345.6	-3113.4	-218.7	0.6
	21	205.5	5.0	3857.1	-6.0	245.6	-0.1
	22	444.3	-2080.4	5315.3	2486.1	531.0	-0.7
	23	405.9	-2081.5	4628.8	2487.4	485.1	-0.6
	24	-159.5	2606.7	1344.6	-3115.1	-190.6	0.6

	25	229.0	6.4	3856.1	-7.7	273.7	-0.1
5	1	3449.1	-1860.7	3017.5	2223.6	4121.6	3.0
	2	-2389.8	2308.8	-296.3	-2759.0	-2855.8	-4.6
	3	1454.9	-7.6	2445.9	9.1	1738.6	-0.7
	4	808.7	-4.5	1718.5	5.4	966.4	-0.4
	5	1187.9	-5.9	1719.5	7.1	1419.5	-0.6
	6	3563.6	-1861.5	3380.6	2224.5	4258.5	2.9
	7	3791.1	-1862.4	3381.3	2225.5	4530.4	2.8
	8	3335.3	-1860.3	3017.2	2223.1	3985.7	3.0
	9	3562.8	-1861.2	3017.8	2224.1	4257.6	2.9
	10	3677.4	-1861.9	3380.9	2225.0	4394.5	2.8
	11	-2503.6	2309.2	-296.7	-2759.5	-2991.8	-4.6
	12	-2276.0	2308.4	-296.0	-2758.5	-2719.9	-4.7
	13	2811.6	-1120.5	3224.7	1339.0	3359.9	1.4
	14	3039.1	-1121.3	3225.3	1340.0	3631.8	1.3
	15	2925.4	-1120.9	3225.0	1339.5	3495.8	1.3
	16	1341.2	-7.2	2445.6	8.6	1602.7	-0.7
	17	1568.7	-8.0	2446.2	9.6	1874.6	-0.8
	18	2507.5	-1119.0	2861.0	1337.2	2996.4	1.6
	19	2279.1	-1117.8	2497.6	1335.8	2723.6	1.7
	20	-1085.9	1383.2	747.3	-1652.9	-1297.7	-2.9
	21	1037.0	-5.7	2081.9	6.8	1239.2	-0.5
	22	2886.7	-1120.4	2862.1	1338.9	3449.6	1.3
	23	2658.4	-1119.3	2498.6	1337.5	3176.7	1.4
	24	-706.7	1381.8	748.3	-1651.2	-844.5	-3.2
	25	1416.2	-7.1	2083.0	8.5	1692.4	-0.8

Tot.	1	-0.0	-14398.2	23416.9	14831.6	-0.0	0.5
Tot.	2	-0.0	17943.1	-2306.1	-23151.3	-0.0	-0.5
Tot.	3	0.0	-0.0	19005.1	-507.5	-0.0	-0.0
Tot.	4	0.0	-0.0	13335.1	-233.4	-0.0	-0.0
Tot.	5	0.0	-0.0	13335.1	-233.4	-0.0	-0.0
Tot.	6	0.0	-14398.2	26251.9	14694.6	-0.0	0.5
Tot.	7	0.0	-14398.2	26251.9	14694.6	-0.0	0.5
Tot.	8	0.0	-14398.2	23416.9	14831.6	-0.0	0.5
Tot.	9	0.0	-14398.2	23416.9	14831.6	-0.0	0.5
Tot.	10	0.0	-14398.2	26251.9	14694.6	-0.0	0.5
Tot.	11	-0.0	17943.1	-2306.1	-23151.3	-0.0	-0.5
Tot.	12	0.0	17943.1	-2306.1	-23151.3	-0.0	-0.5
Tot.	13	-0.0	-8638.9	25054.2	8531.6	-0.0	0.3
Tot.	14	-0.0	-8638.9	25054.2	8531.6	-0.0	0.3
Tot.	15	0.0	-8638.9	25054.2	8531.6	-0.0	0.3
Tot.	16	-0.0	-0.0	19005.1	-507.5	-0.0	-0.0
Tot.	17	0.0	-0.0	19005.1	-507.5	-0.0	-0.0
Tot.	18	-0.0	-8638.9	22219.2	8668.6	-0.0	0.3
Tot.	19	0.0	-8638.9	19384.2	8805.6	-0.0	0.3
Tot.	20	0.0	10765.9	5796.8	-14016.5	-0.0	-0.3
Tot.	21	-0.0	-0.0	16170.1	-370.5	-0.0	-0.0
Tot.	22	-0.0	-8638.9	22219.2	8668.6	-0.0	0.3
Tot.	23	0.0	-8638.9	19384.2	8805.6	-0.0	0.3
Tot.	24	0.0	10765.9	5796.8	-14016.5	-0.0	-0.3
Tot.	25	-0.0	-0.0	16170.1	-370.5	-0.0	-0.0

4.2.4. Combinazioni agli Stati Limite di Salvaguardia della Vita

Nodo	Comb.	Rx [N]	Ry [N]	Rz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]
1	26	-2391.8	-91.8	1278.7	109.6	-2858.2	0.8
	27	-1864.2	413.1	1215.1	-493.6	-2227.7	2.0
	28	254.6	-422.2	1424.5	504.5	304.2	-1.2
	29	782.2	82.7	1360.9	-98.8	934.8	-0.0
	30	-2081.2	-796.4	1403.8	951.7	-2487.0	-1.3
	31	-1287.3	-895.5	1447.6	1070.1	-1538.3	-1.9
	32	-322.3	886.4	1192.0	-1059.3	-385.1	2.7
	33	471.6	787.3	1235.8	-940.8	563.6	2.1
2	26	-1758.0	-632.1	2566.3	755.4	-2100.8	0.8
	27	-1613.0	398.6	2686.4	-476.3	-1927.6	0.6
	28	1155.4	-389.2	2547.0	465.1	1380.8	-0.5
	29	1300.4	641.5	2667.2	-766.6	1554.0	-0.7
	30	-907.4	-1749.5	2419.4	2090.7	-1084.4	0.6
	31	-33.4	-1676.6	2413.6	2003.6	-39.9	0.2
	32	-424.2	1686.0	2819.8	-2014.8	-506.9	-0.1
	33	449.9	1758.9	2814.0	-2101.9	537.6	-0.5
3	26	-1832.0	-223.5	2633.7	127.0	-2179.5	2.0
	27	-2129.9	463.1	2566.6	-760.4	-2535.0	0.8
	28	2386.1	-462.5	2554.3	400.5	2841.1	-0.9

	29	2088.1	224.1	2487.2	-486.9	2485.5	-2.1
	30	-8.0	-1108.1	2684.2	1258.0	-7.5	2.5
	31	1257.4	-1179.8	2660.4	1340.0	1498.7	1.6
	32	-1001.2	1180.4	2460.5	-1699.9	-1192.6	-1.7
	33	264.2	1108.7	2436.7	-1617.9	313.6	-2.6
4	26	-1186.4	-660.7	2356.3	789.5	-1417.7	0.1
	27	-1393.4	72.0	2430.4	-86.1	-1665.2	1.0
	28	1668.6	-64.9	2446.7	77.6	1994.0	-1.1
	29	1461.5	667.8	2520.8	-798.0	1746.5	-0.2
	30	54.4	-1307.0	2301.4	1561.9	65.0	-1.3
	31	910.9	-1128.3	2328.6	1348.3	1088.6	-1.7
	32	-635.8	1135.4	2548.5	-1356.8	-759.7	1.5
	33	220.7	1314.1	2575.6	-1570.3	263.8	1.2
5	26	-294.5	-461.9	1425.0	552.0	-352.0	1.2
	27	-766.0	57.8	1360.0	-69.1	-915.4	-0.0
	28	2301.8	-65.8	1284.6	78.7	2750.7	-0.8
	29	1830.4	453.9	1219.6	-542.4	2187.3	-2.0
	30	1164.2	-929.6	1451.6	1110.9	1391.3	2.0
	31	1943.2	-810.8	1409.5	968.9	2322.1	1.4
	32	-407.3	802.8	1235.1	-959.4	-486.8	-2.2
	33	371.6	921.6	1193.0	-1101.4	444.0	-2.8
Tot.	26	-7462.7	-2069.9	10259.9	2333.5	-8908.2	5.0
Tot.	27	-7766.5	1404.6	10258.5	-1885.5	-9270.7	4.3
Tot.	28	7766.5	-1404.6	10257.1	1526.3	9270.7	-4.3
Tot.	29	7462.7	2069.9	10255.7	-2692.6	8908.2	-5.0

Tot.	30	-1778.0	-5890.6	10260.5	6973.1	-2122.6	2.6
Tot.	31	2790.8	-5691.0	10259.6	6730.9	3331.1	-0.2
Tot.	32	-2790.8	5691.0	10255.9	-7090.1	-3331.1	0.2
Tot.	33	1778.0	5890.6	10255.1	-7332.2	2122.6	-2.6

Si riportano di seguito le combinazioni di carico con cui saranno effettuate le verifiche geotecniche:

1. Combinazione di carico con

Nmax: **2.**

Nodo	Comb.	Rx [N]	Ry [N]	Rz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]	Modello di calcolo
2	6	-1575	5,9	11466,5	-7	-1882,1	0,3	A ($\alpha=0^\circ$)

3. Combinazione di carico con Nmin:

Nodo	Comb.	Rx [N]	Ry [N]	Rz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]	Modello di calcolo
2	12	-27,8	-6,6	-2227,2	7,8	-33,2	-0,4	A ($\alpha=0^\circ$)

4. Combinazione di carico con Hmax:

Nodo	Comb.	Rx [N]	Ry [N]	Rz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]	Modello di calcolo
2	12	716,4	4678,7	-661,3	-5591	856,1	-0,3	B ($\alpha=50^\circ$)

5. Analisi dei risultati delle indagini geognostiche

I dati su cui si basano le verifiche geotecniche sono riportati nel documento richiamato in premessa redatto dalla società GEORES srl denominato SINTESI RISULTATI INDAGINE GEOLOGICA ed emesso in data 26/03/2021.

Per questo sito sono stati effettuati le seguenti indagini geognostiche:

- n°15 prove DPSH;
- n°2 carotaggi da Q.ta -1,00m a Q.ta -1,50m su cui sono stati eseguite delle prove di laboratorio.



E' possibile caratterizzare il primo strato soltanto attraverso le prove DPSH, poiché non sono stati effettuati prelievi di campione. Si associa a questo strato un terreno vegetale con parametri molto bassi. Mentre il secondo strato lo si assume pari ad un terreno costituito da ghiaia in matrice limo-argillosa

Le prove di laboratorio per i 2 strati hanno dato i seguenti risultati:

camp.	γ_n (peso volume)	ϕ (angolo attrito efficace)	c' (coesione efficace)	Cu^* (coesione non drenata)
S1C1	19.8	31.0	7.3	20 - 30 kPa
S2C1	20.2	29.4	4.0	

*Sanglerat (1972) = $Cu = 0.067 \cdot N_{spt}$ (utilizzando un valore N_{spt} medio dell'unità pari a 3.5)

Per tale strato sono stati presi i valori medi.

Pertanto le verifiche saranno eseguite su un terreno caratterizzato dalla seguente stratigrafia:

1° strato vegetale

- $\gamma = 16,00 \text{ kN/m}^3$;
- $\phi = 15,00^\circ$;
- $c' = 0 \text{ kN/m}^2$;

2° strato ghiaia con matrice limo-argillosa

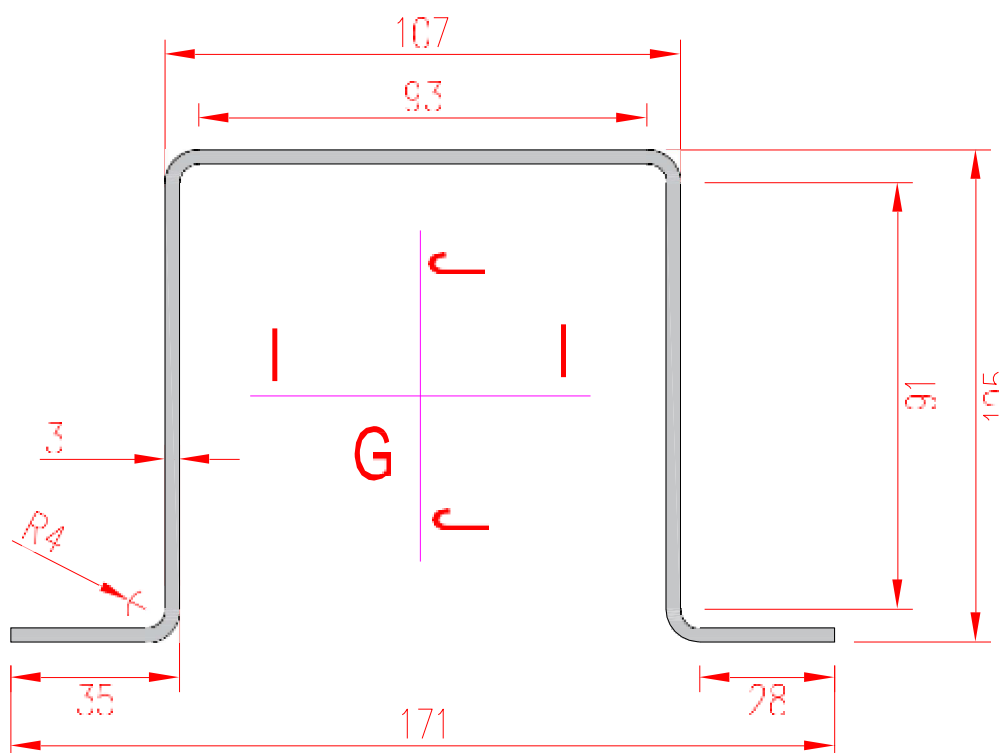
- $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$;
- $\phi = 30^\circ$;
- $c' = 5,7 \text{ kN/m}^3$;

di seguito si riportano le verifiche geotecniche eseguite attraverso il software Geostru.

6. Verifica Geotecnica

Le verifiche geotecniche sono state condotte con il software MP della GEOSTRU

Per il calcolo della sezione equivalente si considera la sezione del palo laterale essendo la sezione con il perimetro minore:



Inertia Characteristics (dimensions in mm)

- Area: 1096.6726
- Perimeter: 737.1150
- Barycenter: X: 0.0000 Y: 0.0000
- Moments of inertia: X: 1760710.5819 / Y: 2828776.1196
- Products of inertia: Y: 0.0000
- Main moments and direction X-Y compared to the barycenter:
 - I: 1760710.5819 lungo [1.0000 0.0000]
 - J: 2828776.1196 lungo [0.0000 1.0000]

Per il calcolo geotecnico, a favore di sicurezza si considera la sola resistenza laterale,

$$D_{eq} = 737.1150/\pi \cong 230 \text{ mm.}$$

Carico limite verticale

Il carico limite verticale è stato calcolato con le formule statiche, che esprimono il medesimo in funzione della geometria del palo, delle caratteristiche del terreno e dell'interfaccia palo-terreno. A riguardo, poiché la realizzazione di un palo, sia esso infisso o trivellato, modifica sempre le caratteristiche del terreno nell'intorno dello stesso, si propone di assumere un angolo di resistenza a taglio pari a:

$$\phi' = \frac{3}{4}\phi + 10 \text{ nei pali infissi}$$

$$\phi' = \phi - 3^\circ \text{ nei pali trivellati}$$

dove ϕ è l'angolo di resistenza a taglio prima dell'esecuzione del palo. Di seguito indicheremo con ϕ il parametro di resistenza scelto.

Ai fini del calcolo, il carico limite Q_{lim} viene convenzionalmente suddiviso in due aliquote, la resistenza alla punta Q_p e la resistenza laterale Q_l .

Resistenza unitaria alla punta

Formula di Terzaghi

La soluzione proposta da Terzaghi assume che il terreno esistente al disopra della profondità raggiunta dalla punta del palo possa essere sostituito da un sovraccarico equivalente pari alla tensione verticale efficace (trascurando pertanto il fatto che l'interazione tra palo e terreno di fondazione possa modificare tale valore) e riconduce l'analisi al problema di capacità portante di una fondazione superficiale.

La formula di *Terzaghi* può essere scritta:

$$Q_p = c \cdot N_c \cdot s_c + \gamma \cdot L \cdot N_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot D \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma$$

dove:

$$N_q = \frac{a^2}{2 \cos^2(45 + \phi/2)}$$

$$a = e^{(0.75\pi - \phi/2) \tan \phi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan \phi}{2} \left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 \phi} - 1 \right)$$

Metodo di Berezantzev

Fondamentalmente *Berezantzev* fa riferimento ad una superficie di scorrimento “alla Terzaghi” che si arresta sul piano di posa (punta del palo); tuttavia egli considera che il cilindro di terreno coassiale al palo ed avente diametro pari all'estensione in sezione della superficie di scorrimento, sia in parte “sostenuto” per azione tangenziale dal rimanente terreno lungo la superficie laterale. Ne consegue un valore della pressione alla base inferiore a γD , e tanto minore quanto più questo “effetto silo” è marcato, cioè quanto più grande è il rapporto D/B ; di ciò tiene conto il coefficiente N_q , che quindi è funzione decrescente di D/B .

La resistenza unitaria Q_p alla punta, per il caso di terreno dotato di attrito (ϕ) e di coesione (c), è data dall'espressione:

$$Q_p = c \cdot N_c + \gamma \cdot L \cdot N_q$$

Avendo indicato con:

γ peso unità di volume del terreno;

L lunghezza del palo;

N_c e N_q sono i fattori di capacità portante già comprensivi dell'effetto forma (circolare);

Metodo di Vesic

Vesic ha assimilato il problema della rottura intorno alla punta del palo a quello di espansione di una cavità cilindrica in mezzo elasto-plastico, in modo da tener conto anche della compressibilità del mezzo.

Secondo *Vesic* i coefficienti di capacità portante N_q e N_c si possono calcolare come segue:

$$N_q = \frac{3}{3 - \sin \phi} \left\{ \exp \left[\left(\frac{\pi}{2} - \phi \right) \tan \phi \right] \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) I_{rr}^{(4 \sin \phi) [3(1 + \sin \phi)]} \right\}$$

L'indice di rigidezza ridotto I_{rr} nella precedente espressione viene calcolato a partire dalla deformazione volumetrica ε_v :

L'indice di rigidezza I_r si calcola utilizzando il modulo di elasticità tangenziale G' e la resistenza a taglio s del terreno.

Quando si hanno condizioni non drenate o il suolo si trova in uno stato addensato, il termine ε_V può essere assunto pari a zero e si ottiene $I_{rr}=I_r$

E' possibile fare una stima di I_r con i valori seguenti:

<i>TERRENO</i>	<i>I_r</i>
Sabbia	75-150
Limo	50-75
Argilla	150-250

Il termine N_c della capacità portante viene calcolato:

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi \quad (a)$$

Quando $\phi = 0$ (condizioni non drenate)

$$N_c = \frac{4}{3} (1 + \ln I_{rr}) + \frac{\pi}{2} + 1$$

Metodo di Janbu

Janbu calcola N_q (con l'angolo ψ espresso in radianti) come segue:

$$N_q = \left(\tan \phi + \sqrt{1 + \tan^2 \phi} \right)^2 \exp(2\psi \tan \phi)$$

N_c si può ricavare dalla (a) quando $\phi > 0$.

Per $\phi = 0$ si usa $N_c = 5.74$

Formula di Hansen

La formula di Hansen vale per qualsiasi rapporto D/B , quindi sia per fondazioni superficiali che profonde, ma lo stesso autore introdusse dei coefficienti per meglio interpretare il comportamento reale della fondazione, senza di essi, infatti, si avrebbe un aumento troppo forte del carico limite con la profondità.

Per valori $L/D > 1$:

$$d_c = 1 + 0.4 \tan^{-1} \frac{L}{D}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} \frac{L}{D}$$

Nel caso $\phi = 0$

D/B	0	1	1.1	2	5	10	20	100
d'_c	0	0.40	0.33	0.44	0.55	0.59	0.61	0.62

Nei fattori seguenti le espressioni con apici (') valgono quando $\phi = 0$.

Fattore di forma:

$$s'_c = 0.2 \cdot \frac{D}{N'_q \cdot L}$$

$$s_c = 1 + \frac{D}{N_c \cdot L} \cdot \tan \phi$$

$$s_q = 1 + \frac{D}{L} \cdot \tan \phi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{D}{L}$$

Fattore di profondità:

$$\begin{aligned}d'_c &= 0.4 \cdot k \\d_c &= 1 + 0.4k \\d_q &= 1 + 2 \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi) \cdot k \\d_\gamma &= 1 \text{ per qualsiasi } \kappa \\k &= \tan^{-1} \frac{L}{D} \text{ se } \frac{L}{D} > 1\end{aligned}$$

Resistenza del fusto

Il metodo utilizzato per il calcolo della capacità portante laterale è il metodo α , proposto da *Tomlinson (1971)*; la resistenza laterale viene calcolata nel seguente modo:

$$Q_l = (\alpha c + \sigma K \tan \delta) \cdot A_l \cdot f_w$$

A_l = superficie laterale del palo;

f_w = fattore di correzione legato alla tronco-conicità del palo, ossia la diminuzione percentuale del diametro del palo con

c = valore medio della coesione (o della resistenza a taglio in condizioni non drenate);

σ = pressione verticale efficace del terreno;

K = coefficiente di spinta orizzontale, dipendente dalla tecnologia di esecuzione del palo e dal precedente stato di addensamento, viene calcolato come segue:

Per pali infissi

$$K = 1 - \tan^2 \phi$$

o, nel caso specifico, è possibile assegnare i seguenti valori proposti in tabella:

Palo	K	
	Terreno sciolto	Terreno denso
Acciaio	0.5	1
Calcestr. Pref.	1	2
Legno	1	3

Per pali trivellati

$$K = 1 - \sin\phi$$

δ = attrito palo-terreno funzione della scabrezza della superficie del palo;

Per pali infissi

$$\delta = 3/4 \tan\phi$$

Per pali trivellati

$$\delta = \tan\phi$$

α = coefficiente d'adesione ricavato come di seguito riportato:

Pali trivellati:

Caquot-Kerisel
$$\alpha = \frac{100 + c^2}{100 + 7c^2}$$

Meyerhof-Murdock(1963)
$$\alpha = 1 - 0.1 \cdot c \text{ per } c < 5 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.525 - 0.005 \cdot c \text{ per } c \geq 5 \text{ t/m}^2$$

Whitaker-Cooke(1966)
$$\alpha = 0.9 \text{ per } c < 2.5 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.8 \text{ per } 2.5 \leq c < 5 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.6 \text{ per } 5 \leq c \leq 7.5 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.9 \text{ per } c > 7.5 \text{ t/m}^2$$

Woodward (1961)

$$\alpha = 0.9 \text{ per } c < 4 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.6 \text{ per } 4 \leq c < 8 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.5 \text{ per } 8 \leq c < 12 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.4 \text{ per } 12 \leq c \leq 20 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.20 \text{ per } c > 20 \text{ t/m}^2$$

Pali infissi

Coefficiente α per palo infisso	
$2.5 \leq c < 5 \text{ t/m}^2$	$\alpha = 1.00$
$5 \leq c < 10$	$\alpha = 0.70$
$10 \leq c < 15$	$\alpha = 0.50$
$15 \leq c < 20$	$\alpha = 0.40$
$c \geq 20$	$\alpha = 0.30$

Attrito negativo

Quando un palo viene infisso o passa attraverso uno strato di materiale compressibile prima che si sia esaurito il processo di consolidazione, il terreno si muoverà rispetto al palo facendo insorgere sforzi attritivi tra palo e terreno che inducono al cosiddetto fenomeno dell'attrito negativo. L'effetto dell'attrito negativo è quello di aumentare il carico assiale sul palo, con conseguente aumento del cedimento, dovuto all'accorciamento elastico del palo stesso per effetto dell'aumento di carico. La forza che nasce per effetto dell'attrito negativo è stimata pari alla componente attritiva della resistenza laterale (vedi Resistenza del fusto) lungo la superficie laterale a contatto con lo strato in cui si genera tale fenomeno, ma di verso opposto all'attrito positivo. La risultante così determinata non viene detratta dal carico limite, ma da quello di esercizio.

Fattore di correzione in condizioni sismiche.**Criterio di Vesic**

Secondo questo autore per tenere conto del fenomeno della dilatanza nel calcolo della capacità portante è sufficiente diminuire di 2° l'angolo d'attrito degli strati di fondazione. Il limite di questo suggerimento è nel fatto che non tiene conto dell'intensità della sollecitazione sismica (espressa attraverso il parametro dell'accelerazione sismica orizzontale massima). Questo criterio pare però trovare conferma nelle osservazioni fatte in occasione di diversi eventi sismici.

Criterio di Sano

L'autore propone di diminuire l'angolo d'attrito degli strati portanti di una quantità data dalla relazione:

$$D_p = \arctg \left(\frac{a_{\max}}{\sqrt{2}} \right)$$

dove a_{\max} è l'accelerazione sismica orizzontale massima.

Questo criterio, rispetto a quello di **Vesic**, ha il vantaggio di prendere in considerazione anche l'intensità della sollecitazione sismica. L'esperienza però dimostra che l'applicazione acritica di questa relazione può condurre a valori eccessivamente cautelativi di **Q_{lim}**.

Le correzioni di **Sano** e di **Vesic** si applicano esclusivamente a terreni incoerenti ben addensati. È errato applicarle a terreni sciolti o mediamente addensati, dove le vibrazioni sismiche producono il fenomeno opposto a quello della dilatanza, con aumento del grado di addensamento e dell'angolo d'attrito.

Cedimenti metodo di Davis-Poulos

Il cedimento verticale è stato calcolato con il metodo di **Davis-Poulos**, secondo il quale il palo viene considerato rigido (indeformabile) immerso in un mezzo elastico, semispazio o strato di spessore finito.

Si ipotizza che l'interazione palo-terreno sia costante a tratti lungo n superfici cilindriche in cui viene suddivisa la superficie laterale del palo.

Il cedimento della generica superficie i per effetto del carico trasmesso dal palo al terreno lungo la superficie j -esima può essere espresso:

$$W_{i,j} = (\tau_j / E) \cdot B \cdot I_{i,j}$$

Avendo indicato con:

τ_j = Incremento di tensione relativo al punto medio della striscia

E = Modulo elastico del terreno

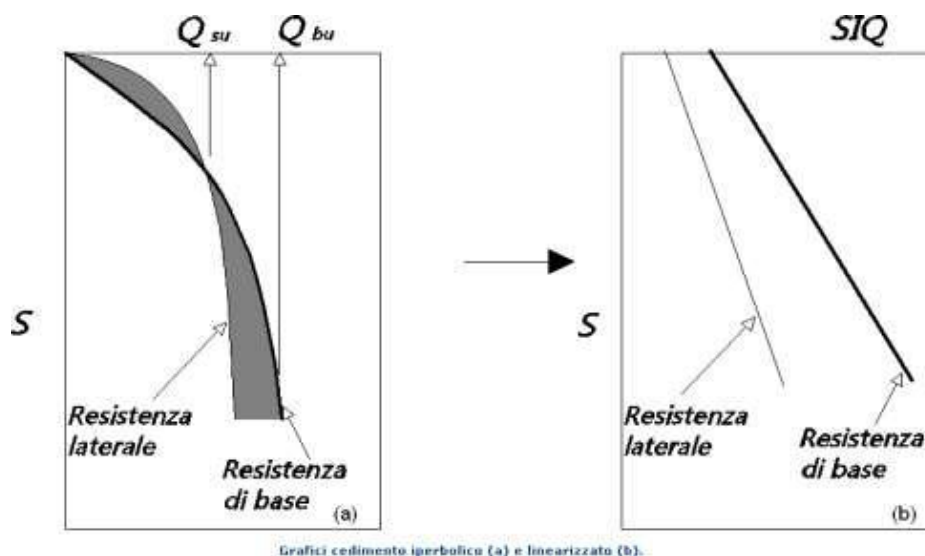
B = Diametro del palo

$I_{i,j}$ = Coefficiente di influenza

Il cedimento complessivo si ottiene sommando $W_{i,j}$ per tutte le j aree

Cedimento Metodo Iperbolico

Il metodo iperbolico modificato rappresenta uno sviluppo dello studio di Chin (1970,1972,1983) che consente di stimare il cedimento di pali singoli partendo dall'idea che il diagramma carico-cedimento, per il corpo di un palo e la sua base, abbia un andamento iperbolico. I valori del *carico ultimo laterale* (Q_{su}) e la *resistenza di base ultima* (Q_{bu}) rappresentano i termini asintotici della curva (figura a) (Terzaghi, 1943). Sotto queste ipotesi è possibile giungere ad una rappresentazione linearizzata del problema considerando la variazione della quantità S/Q rispetto allo spostamento S (figura b).



Grafici cedimento iperbolico (a) e linearizzato (b)

Lo studio di *Fleming* ha dimostrato che gli spostamenti totali stimati col metodo di *Chin* erano distorti dall'*accorciamento elastico* del corpo del palo e suggerì una tecnica semplificata per la quale la

deformazione elastica del palo può essere determinata, con sufficiente accuratezza, sottraendo alla stima di *Chin* l'accorciamento del palo.

Considerando lo schema in figura l'accorciamento elastico del palo dipende dal carico applicato Q in rapporto all'attrito laterale ultimo Q_{su} . In particolare se $Q \leq Q_{su}$ la deformazione elastica del corpo del palo corrisponde alla somma dell'accorciamento elastico lungo la zona ad *attrito basso o nullo* e quello che si sviluppa lungo la parte *attiva* del fusto:

$$S_e = \frac{4}{\pi} \frac{Q(L_o + K_e L_a)}{d_s^2 E_c}$$

Se, invece, si ha che $Q > Q_{su}$ bisogna considerare un ulteriore accorciamento legato alla parte attiva del palo che deve essere aggiunta alla deformazione elastica:

$$S_e = \frac{4}{\pi} \frac{1}{d_s^2 E_c} [Q(L_o + L_a) - L_a Q_{su}(1 - k_e)]$$

I parametri della formula sono:

- d_s : diametro testa del palo.
- E_c : modulo di elasticità del materiale del palo il cui valore può essere ricavato da una interpolazione lineare tra i valori di $E_c = 26 \cdot 10^6$ kN/m² per calcestruzzo con forza specifica di 20 N/mm² e il valore di $E_c = 40 \cdot 10^6$ kN/m² per calcestruzzo da 40 N/mm².
- L_o : lunghezza del palo ad attrito basso o nullo.
- L_a : lunghezza attiva del palo.
- k_e : rapporto della lunghezza equivalente del fusto del palo rispetto alla lunghezza attiva L_a . Si può considerare un valore di 0.5 quando si ha un attrito che si sviluppa uniformemente lungo L_a oppure quando il palo è inserito in sabbia o ghiaia. Per pali in argilla caratterizzati da uno sforzo che cresce in profondità si può usare un valore di 0.45.

Lo spostamento del *palo rigido* può essere calcolato sapendo che la somma dell'attrito laterale e della resistenza di base corrisponde al carico totale applicato alla testa del palo.

$$Q = Q_s + Q_b$$

Considerando il palo rigido lo spostamento totale in testa è uguale a quello che si ottiene lungo il fusto ed è uguale a quello misurato alla base del palo:

$$S_t = S_s = S_b$$

Dal grafico linearizzato si può vedere che lo spostamento lungo il fusto del palo può essere calcolato come:

$$S_s = \frac{M_s d_s Q_s}{Q_{su} - Q_s}$$

In cui

- M_s : fattore adimensionale di flessibilità terreno/fusto.
- d_s : diametro testa.
- Q_s : attrito.
- Q_{su} : attrito ultimo determinato col metodo statico (condizione drenata)

L'equazione dello spostamento alla base del palo ricavata da Fleming è:

$$S_b = \frac{0.6 Q_{bu} Q_b}{d_b E_b (Q_{bu} - Q_b)}$$

dove

- d_b : diametro della base del palo.
- Q_b : resistenza alla base.
- Q_{bu} : resistenza ultima alla base
- E_b : modulo di taglio corrispondente a $Q_{bu}/4$

Infine, ponendo la condizione di uguaglianza $S_s = S_b$ e considerando il carico totale applicato Q si ottiene lo spostamento totale di un palo rigido considerando solo i valori positivi della relazione:

$$S_t = \frac{-g \pm \sqrt{g^2 - 4fh}}{2f}$$

In cui le variabili sono così definite:

- $f = \eta(Q - \alpha) - \beta$
- $g = Q(\delta + \lambda\eta) - \alpha\delta - \beta\lambda$
- $h = \lambda\delta Q$
- $\alpha = Q_{su}$
- $\beta = d_b E_b Q_{bu}$
- $\lambda = M_s d_s$
- $\delta = 0.6 Q_{bu}$
- $\eta = d_b E_b$

Lo spostamento complessivo del palo comprende la componente di spostamento rigido e quella di accorciamento elastico.

Il modulo elastico del terreno E_b al di sotto della base del palo è legato alle caratteristiche del terreno ed è fortemente influenzato dalla tecnica di costruzione del palo. Fleming sostiene che è consigliabile che questo parametro di progetto sia determinato da un insieme accurato di prove in cui i pali sono caricati fino al punto in cui viene mobilitata una sostanziale quota della resistenza di punta. In mancanza di questi dati si può scegliere, cautelativamente, il valore di E_b da range di valori relativi al tipo di terreno e alla tecnica di costruzione del palo.

CARICO LIMITE ORIZZONTALE

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.

Per i terreni coesivi Broms propone di adottare una reazione del terreno costante con la profondità pari a:

$$p = 9 \cdot c_u \cdot B$$

con reazione nulla fino alla profondità di 1.5 d; avendo indicato con:

c_u = Coesione non drenata,

B = Diametro del palo

p = Reazione del terreno per unità di lunghezza del palo.

Per i terreni incoerenti si assume che la resistenza vari linearmente con la profondità secondo la legge:

$$p = 3K_p \gamma z \cdot B$$

avendo indicato con:

p = Reazione del terreno per unità di lunghezza del palo;

K_p = Coefficiente di spinta passiva;

γ = Peso unità di volume del terreno;

z = Profondità;

B = Diametro del palo.

Palo in condizioni d'esercizio

Analisi del palo in condizioni di esercizio: **Metodo degli elementi finiti.**

Il metodo degli elementi finiti modella il palo di fondazione, sottoposto a carichi trasversali, in modo realistico in quanto fa uso sia degli spostamenti che delle rotazioni ai nodi per definire la linea elastica del palo, pertanto rappresenta il metodo più razionale ed efficace attualmente disponibile per analizzare questo tipo di strutture.

Di seguito si richiamano i fondamenti teorici del metodo indicando con **P** la matrice delle forze nodali esterne, con **F** quella delle forze interne e con **A** la matrice dei coefficienti di influenza che, per l'equilibrio tra forze esterne ed interne, lega le prime due secondo la ben nota forma:

$$\mathbf{P} = \mathbf{A}\mathbf{F}$$

Gli spostamenti interni \mathbf{e} (traslazioni e rotazioni) dell'elemento nel generico nodo sono legati agli spostamenti esterni \mathbf{X} (traslazioni e rotazioni) applicati ai nodi, dalla seguente relazione:

$$\mathbf{e} = \mathbf{B}\mathbf{X}$$

dove la matrice \mathbf{B} è dimostrato essere la trasposta della matrice \mathbf{A} .

D'altra parte, le forze interne \mathbf{F} sono legate agli spostamenti interni \mathbf{e} dalla seguente espressione:

$$\mathbf{F} = \mathbf{S}\mathbf{e}$$

Applicando le consuete sostituzioni, si ottiene:

$$\mathbf{F} = \mathbf{S}\mathbf{A}^T\mathbf{X}$$

e quindi

$$\mathbf{P} = \mathbf{A}\mathbf{F} = \mathbf{A}\mathbf{S}\mathbf{A}^T\mathbf{X}$$

Pertanto, calcolando l'inversa della matrice $\mathbf{A}\mathbf{S}\mathbf{A}^T$ si ricava l'espressione degli spostamenti esterni \mathbf{X} :

$$\mathbf{X} = (\mathbf{A}\mathbf{S}\mathbf{A}^T)^{-1}\mathbf{P}$$

Noti, quindi, gli spostamenti \mathbf{X} è possibile ricavare le forze interne \mathbf{F} necessarie per il progetto della struttura.

La matrice $\mathbf{A}\mathbf{S}\mathbf{A}^T$ è nota come matrice di rigidezza globale in quanto caratterizza il legame tra spostamenti e forze esterni nodali.

Il metodo ad elementi finiti ha, tra l'altro, il vantaggio di consentire di mettere in conto, come condizioni al contorno, rotazioni e spostamenti noti.

Le reazioni nodali delle molle che schematizzano il terreno vengono considerate come forze globali legate al modulo di reazione e all'area d'influenza del nodo. Nella soluzione ad elementi finiti per pali soggetti a carichi trasversali, il modulo di reazione viene considerato nella forma:

$$k_S = A_S + B_S Z^n$$

o, non volendo far crescere illimitatamente il k_S con la profondità, nella forma:

$$k_S = A_S + B_S \tan^{-1}(Z/B)$$

nella quale Z è la profondità e B è il diametro del palo.

I valori di A_S e $B_S Z^n$ sono ottenuti dall'espressione della capacità portante (Bowles) con fattori correttivi s_i , d_i , e i_i pari a 1:

$$k_S = q_{ult}/\Delta H = C(cN_c + 0.5\gamma B N_\gamma)$$

$$B_S Z^n = C(\gamma N_q Z^1)$$

Dove $C = 40$ è ottenuto in corrispondenza di un cedimento massimo di 25 mm.

Momenti cinematici

In presenza dell'azione sismica la risposta del palo è il risultato di una complessa interazione terreno-palo, resa di difficile interpretazione a causa dei fenomeni di non linearità nel terreno e degli effetti cinematici associati al moto del terreno.

Generalmente, alle sollecitazioni trasmesse dalla sovrastruttura si aggiungono, applicando il principio di sovrapposizione degli effetti, quelle derivanti dall'interazione cinematica che produce nei pali sollecitazioni aggiuntive dipendenti principalmente dalla rigidità relativa palo-terreno.

Dalla letteratura esistente in merito a questo tipo di studi, emerge che nel caso di palo immerso in terreni stratificati, la sollecitazione flettente subisce un pronunciato incremento in prossimità dell'interfaccia fra strati di differente rigidità e tale incremento è tanto maggiore quanto più elevato è il contrasto di

rigidezza. In alcuni casi il valore del momento prodotto da questo effetto potrebbe superare quello che insorge nei pali in testa in presenza di incastro.

Da un'analisi di numerosi risultati, *Nikolaou et al.2001*, ha proposto una relazione che consente di calcolare, in maniera approssimata, il momento flettente massimo in corrispondenza dell'interfaccia tra due strati di differente rigidezza, in condizioni di moto stazionario con frequenza prossima alla frequenza fondamentale del deposito in cui è immerso il palo:

$$M = 0.042 \cdot \tau_c \cdot d^3 \cdot \left(\frac{L}{d}\right)^{0.30} \cdot \left(\frac{E_p}{E_1}\right)^{0.65} \cdot \left(\frac{E_p}{E_1}\right)^{0.65} \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{0.50}$$

in cui $\tau_c = a_{\max} \rho_1 H_1$; max accelerazione sismica, ρ_1 densità del terreno, H_1 spessore dello strato, V_{s1} e V_{s2} , rispettivamente, la velocità delle onde di taglio nei due strati; E_1 è modulo di rigidezza dello strato superiore di terreno, E_p modulo di elasticità del palo, d diametro del palo, L lunghezza del palo.

Dati generali...

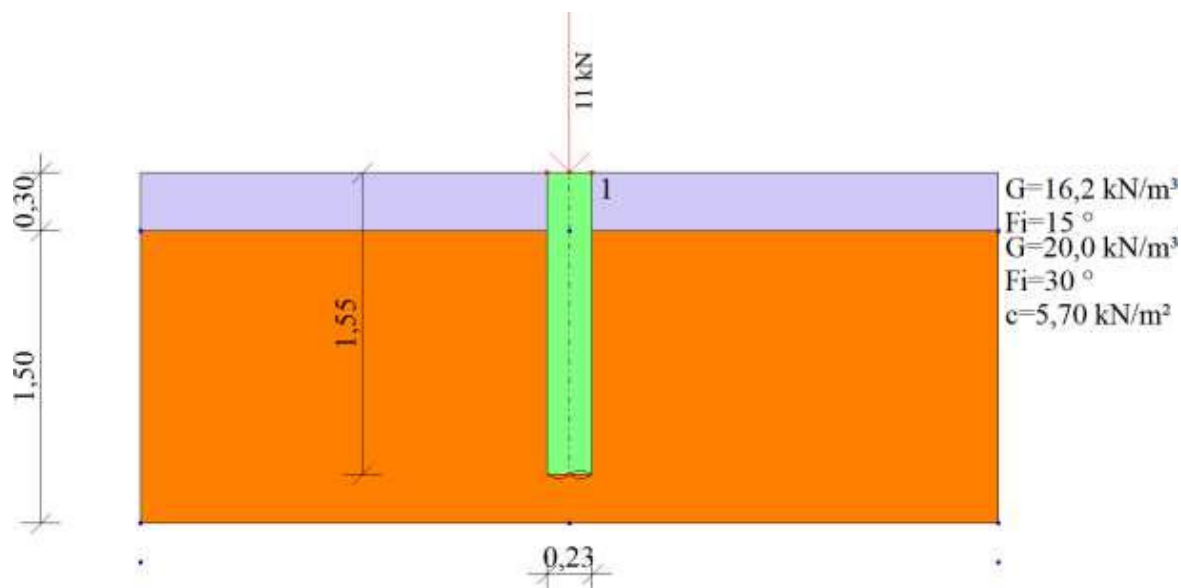
Descrizione	pile
Diametro punta	0,23 m
Lunghezza	1,55 m
Tipo	Infisso

Stratigrafia

Nr.: Numero dello strato. Hs: Spessore dello strato. Fi: Angolo di attrito. c: Coesione Alfa: Coefficiente adesione attrito laterale. Vs: Velocità onde di taglio.

Strat. Nr. 1

Nr.	Hs	Peso unità di Volume [kN/m³]	Peso Unità di volume Saturo [kN/m³]	c [kN/m²]	Fi (°)	Attrito negativo	Alfa	Modulo elastico [MN/m²]	Vs [m/s]	Descrizione e litologica
1	0,30	16,00	0,00	0,00	15,00	No	0,00	1,47	0	
2	1,50	20,00	20,00	5,70	30,00	No	1,00	1,96	0	layer 1

1. Combinazione di carico con Nmax:**Carico limite**

Stratigrafia	Nq	Nc	Fi/C strato punta Palo (°)/[kN/m²]	Peso palo [kN]	Carico limite punta [kN]	Carico limite laterale [kN]	Carico limite [kN]	Attrito negativo [kN]	Carico limite orizzontale [kN]
A1+M1+R3	0,00	0,00	32,5/5,70	0,13	0,00	19,60	19,48	--	19,36 [Medio]

Corto si rompe il terreno senza che la sezione si plasticizzi. Medio si rompe la sezione in c.a. prima del terreno (una sola cerniera plastica). Lungo si rompe la sezione in c.a. prima del terreno (due cerniere plastiche).

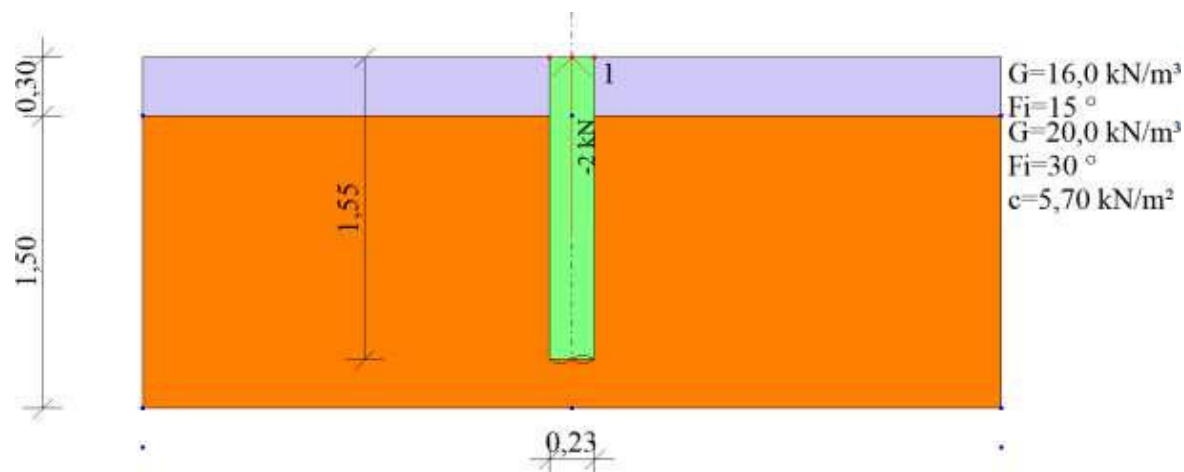
RESISTENZA DI PROGETTO CARICHI ASSIALI

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione:		A1+M1+R3	
Numero verticali di indagine		1	
Fattore correlazione verticale indagate media (xi3)		1,40	
Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4)		1,21	
	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	--	--	--
Laterale	19,60	19,60	19,60
Totale=Base+Laterale-Peso palo	19,48	19,48	19,48
Coefficiente parziale resistenza caratteristica		R3	
Laterale		1,15	
Resistenza di progetto laterale		12,18 kN	
Resistenza di progetto		12,05 kN	
Azioni di progetto		11,47 kN	
Fattore sicurezza verticale		1,05	

Resistenza di progetto carichi trasversali

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione		A1+M1+R3	
Numero verticali di indagine		1	
Fattore correlazione verticale indagate media (xi3)		1,40	
Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4)		1,21	
Momento plasticizzazione		8,00 kNm	
	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
	19,36018	19,36018	19,36018
Coefficiente parziale resistenza caratteristica		1,3	
Resistenza di progetto		10,64 kN	

2. Combinazione di carico con Nmin:



Carico limite

Stratigrafia	Nq	Nc	Fi/C strato punta Palo (°)/[kN/m²]	Peso palo [kN]	Carico limite punta [kN]	Carico limite laterale [kN]	Carico limite [kN]	Attrito negativo [kN]	Carico limite orizzontale [kN] [Medio]
A1+M1+R3	0,00	0,00	32,5/5,70	0,13	0,00	19,60	19,73	--	19,36

Corto si rompe il terreno senza che la sezione si plasticizzi. Medio si rompe la sezione in c.a. prima del terreno (una sola cerniera plastica). Lungo si rompe la sezione in c.a. prima del terreno (due cerniere plastiche).

RESISTENZA DI PROGETTO CARICHI ASSIALI

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione:				A1+M1+R3
Numero verticali di indagine				1
Fattore correlazione verticale indagate media (xi3)				1,40
Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4)				1,21
	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]	
Base	--	--	--	
Laterale	19,60	19,60	19,60	
Totale	19,73	19,73	19,73	
Coefficiente parziale resistenza caratteristica				R3
Laterale				1,25
Resistenza di progetto laterale				11,20 kN
Resistenza di progetto				11,33 kN
Azioni di progetto				-2,23 kN
Fattore sicurezza verticale				5,08

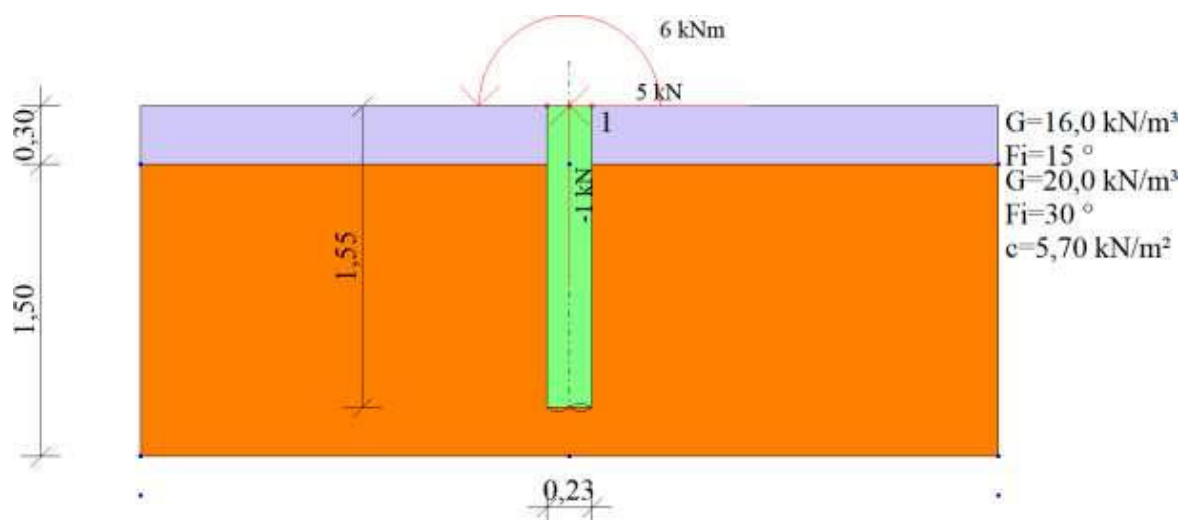
Resistenza di progetto carichi trasversali

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione		A1+M1+R3
Numero verticali di indagine		1
Fattore correlazione verticale indagate media (xi3)		1,40

Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4) 1,21
 Momento plasticizzazione 8,00 kNm

Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
19,36018	19,36018	19,36018
Coefficiente parziale resistenza caratteristica		1,3
Resistenza di progetto		10,64 kN

3. Combinazione di carico con Hmax:



Carico limite

Stratigrafia	Nq	Nc	Fi/C strato punta Palo (°)/[kN/m²]	Peso palo [kN]	Carico limite punta [kN]	Carico limite laterale [kN]	Carico limite [kN]	Attrito negativo [kN]	Carico limite orizzontale [kN]
A1+M1+R3	0,00	0,00	32,5/5,70	0,13	0,00	19,60	19,73	--	19,36 [Medio]

Corto si rompe il terreno senza che la sezione si plasticizzi. Medio si rompe la sezione in c.a. prima del terreno (una sola cerniera plastica). Lungo si rompe la sezione in c.a. prima del terreno (due cerniere plastiche).

RESISTENZA DI PROGETTO CARICHI ASSIALI

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione:				A1+M1+R3
Numero verticali di indagine				1
Fattore correlazione verticale indagate media (xi3)				1,40
Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4)				1,21
	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]	
Base	--	--	--	
Laterale	19,60	19,60	19,60	
Totale	19,73	19,73	19,73	
Coefficiente parziale resistenza caratteristica				R3

Laterale	1,25
Resistenza di progetto laterale	11,20 kN
Resistenza di progetto	11,33 kN
Azioni di progetto	-0,70 kN
Fattore sicurezza verticale	16,18

Resistenza di progetto carichi trasversali

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione		A1+M1+R3	
Numero verticali di indagine		1	
Fattore correlazione verticale indagate media (xi3)		1,40	
Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4)		1,21	
Momento plasticizzazione		8,00 kNm	
Rc, Min	Rc, Media	Rc, Max	
[kN]	[kN]	[kN]	
19,36018	19,36018	19,36018	
Coefficiente parziale resistenza caratteristica		1,3	
Resistenza di progetto		10,64 kN	
Azioni di progetto		4,68 kN	
Fattore sicurezza orizzontale		2,27	