



RENVICO ITALY SRL
Via San Gregorio, 34
20124 - Milano

Progettazione:

STUDIO DI INGEGNERIA ING. MICHELE R.G. CURTOTTI
Viale Il Glugno, 385 - 71016 San Severo (FG)
Ing.curtotti@pec.it - studiocurtotti@gmail.it



PARCO EOLICO LESINA_APRICENA COMUNI DI LESINA e APRICENA

Autorizzazione Unica ai sensi della legge 387/03 del parco eolico
nei comuni di Lesina e Apricena (FG)

TAVOLA

R06

COMMITTENTE: RENVICO ITALY SRL
Comune di Lesina e Apricena (FG)

CALCOLO PRELIMINARE STRUTTURE C.A.O.

PROGETTO DEFINITIVO

DATA : Maggio 2018

AGGIORN. : _____

SCALA : _____

DIMENS. : A4

N° FOGLI : _____

COMMITTENTE:
RENVICO ITALY SRL



PROGETTAZIONE:
ing. Michele R.G. Curtotti



Questo elaborato è di proprietà dei progettisti ed è protetto a termini di legge

**CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.**

COMUNI DI LESINA E APRICENA
(Prov. di Foggia)

RELAZIONE PRELIMINARE DI CALCOLO

**Torre eolica da 166.00 mt
a sostegno di aerogeneratore 4200 kW
a 3 pale con diametro di 150 mt**

**"Parco Eolico LESINA_APRICENA"
- Località Il Titolone e Cerrola -**

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

Indice

Indice	2
Premessa	3
Descrizione delle opere	4
Dati di progetto.....	5
Normativa di riferimento:.....	5
Metodologie di calcolo	7
Sistema di riferimento	7
Convenzioni	8
Materiali utilizzati	8
Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione	9
Azioni di progetto.....	12
Carichi permanenti	13
Carichi variabili.....	18
Azione del vento.....	18
Azione sismica	28
Verifiche strutturali	31
Resistenze di calcolo	31
Verifiche strutturali sul plinto di fondazione.....	31
Combinazione delle azioni	32
Calcolo azioni sui pali	32
Verifiche agli SLU	36
Verifiche agli SLE.....	38
Verifiche sui Pali.....	40
Calcolo Portata del singolo Palo.....	40
Stima dei cedimenti	41
Conclusioni	41

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

RELAZIONE DI CALCOLO

Premessa

In quanto segue si riportano i calcoli di verifica della torre a sostegno di un aerogeneratore eolico da 4200 kW, di altezza al mozzo pari a 166.00 mt, diametro del rotore di 150 mt, su fondazione isolata a plinto circolare.

Sarà verificata di seguito la struttura metallica della torre ed il plinto di fondazione.

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

Descrizione delle opere

In via preliminare, per gli aerogeneratori di che trattasi sono da distinguere le seguenti parti costitutive

1. Pali di fondazione (n° 16) di diametro $\phi = 1,20$ m, L = 30,00 m;
2. Plinto a base circolare (D=30,00 mt.) con funzione di piastra di collegamento dei pali di fondazione;
3. Virola di fondazione, ovvero un anello metallico di diametro esterno di 7,50 mt. ed altezza di 1,500 mt. costituente il collegamento fra il plinto di fondazione e la torre, immersata in un cilindro di cls (D=8,00 mt.) gettato in opera con il plinto di fondazione;
4. Torre: torre metallica costituita da 6 parti da assemblare in opera di lunghezza complessiva pari a 166,000 m, tronco conica. Navicella: guscio metallico per l'alloggio delle apparecchiature meccaniche ed elettriche di produzione;
5. Rotore: a tre pale del diametro di 150,000 mt.

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

Dati di progetto

Normativa di riferimento:

1. Legge n. 1086 del 5/11/1971 *"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"*.
2. Legge n. 64 del 02/02/1974 *"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"*.
3. D. M. Infrastrutture Trasporti 14 gennaio 2008 *"Norme tecniche per le Costruzioni"*.
4. Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti *"Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008"*.
5. D.M. 17/01/2018 *"Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni"*.

NORME INTERNAZIONALI

1. IEC 61400-1, 2° edition, February 1999, Wind turbine generator system – Part1: Safety requirements UNI 9858 *"Concrete. Performance, production, placing and compliance criteria"*.
2. UNI ENV 1992-1-1 del 31-01-1993 Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo.
3. UNI EN 1992-1-1:2005 Parte 1-1: *"Regole generali per gli edifici"*.

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

Per quanto non specificatamente previsto dalla normativa nazionale vigente in tema di sistemi eolici, per azioni, coefficienti di sicurezza parziali sulle azioni, combinazioni di carico e verifiche da considerarsi per le opere di fondazione si fa riferimento a quanto indicato in:

6. DIBt: *"Richtlinie für Windenergieanlagen. Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründungen"*.

**CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.**

Metodologie di calcolo

Le sollecitazioni sono state ottenute con lo schema di vincolo di mensola incastrata al suolo soggetta a carichi variabili lungo l'altezza.

Le verifiche saranno condotte con il metodo degli Stati Limite così come formalizzato nel D.M. 17.01.2018, capitolo 6.4 "Opere di Fondazione".

Sistema di riferimento

Il sistema di riferimento utilizzato nelle calcolazioni che seguono è quello in figura 1. Con origine alla quota della sommità del colletto in calcestruzzo del plinto di fondazione.

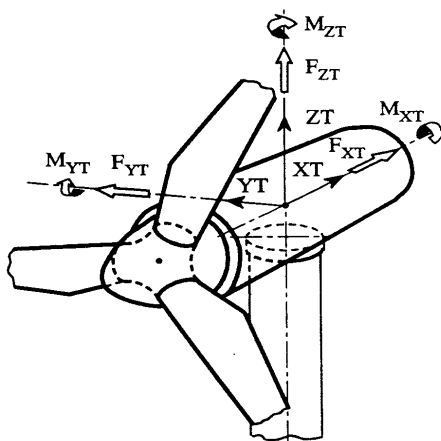


Fig.1 – Assi di riferimento

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

Convenzioni

Le forze ed i momenti si considerano positivi se i relativi vettori rappresentativi sono concordi con gli assi di riferimento di cui al punto precedente.

Materiali utilizzati

Acciaio per virole:	Fe510	$f_{yt} = 510 \text{ MPa}$
Acciaio per flange:	Fe510	$f_{yt} = 510 \text{ MPa}$
	Fe510	$f_{yt} = 510 \text{ MPa}$
Bulloni:	Classe 10.9	$f_{yt} = 1000 \text{ MPa}$
		$f_{yt} = 900 \text{ MPa}$
Calcestruzzo colpetto di fondazione	Rck 30	
		$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
Calcestruzzo suola di fondazione	Rck 25	
		$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$
Acciaio per armature	Fe B450C	
		$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione

Con riferimento ai terreni rilevati in sito (rif. "Relazione Geologica" e "Relazione Geotecnica" redatte dalla D.ssa De Salvia allegate), il carico limite sui vari terreni di fondazione caratterizzanti i siti di che trattasi è stato calcolato come segue.

Il carico limite sul terreno in oggetto è stato desunto adottando la trattazione del Terzaghi della pressione limite, dalla quale si può desumere il carico limite mediante lo studio delle caratteristiche del terreno presente in sito. Il calcolo del suddetto carico limite q_{lim} è condotto nella tabella allegata A relativa al terreno di fondazione di tutti gli aerogeneratori in progetto (chiaramente si farà riferimento al caso più sfavorevole) con il seguente significato dei simboli:

$$q_{lim} = N_c \times c \times \zeta_c + N_q \times \gamma \times D \times \zeta_q + N_\gamma \times \gamma \times \frac{B}{2} \times \zeta_\gamma$$

dove:

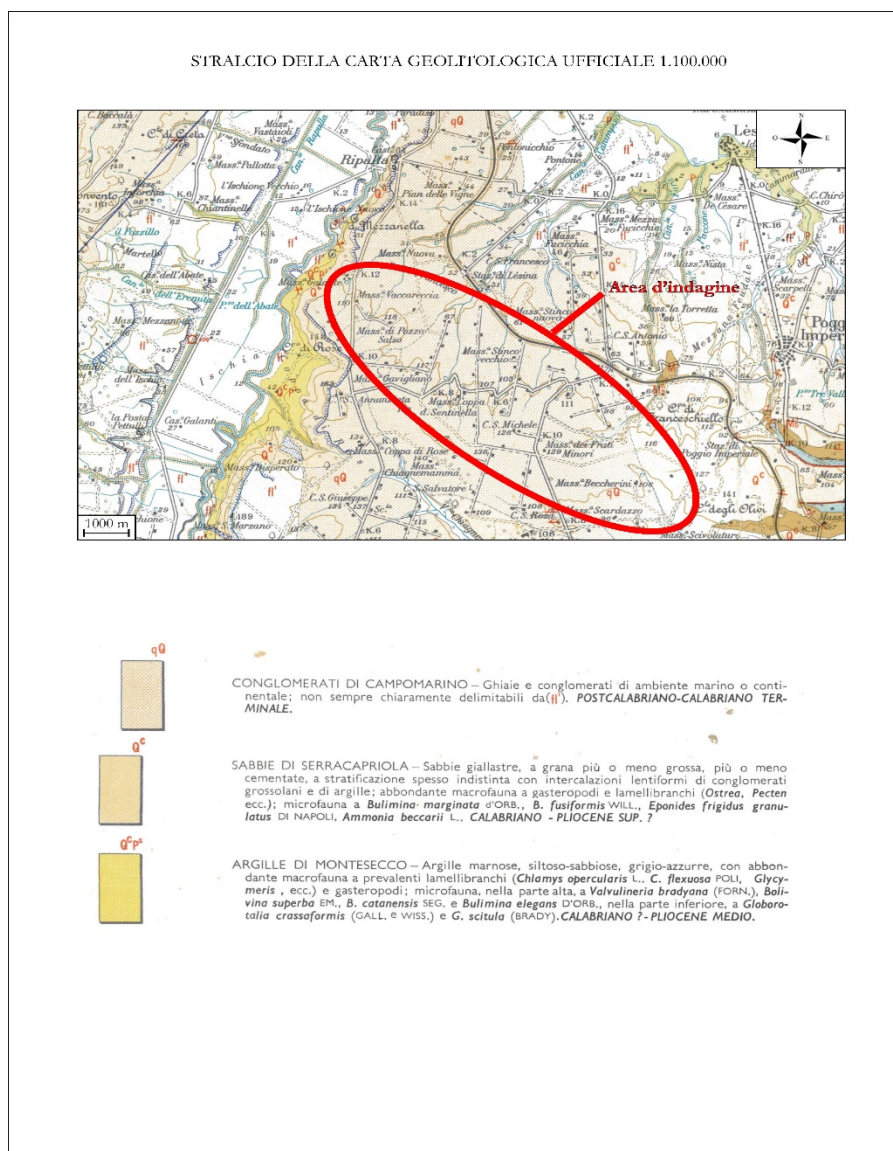
c	Coeff. di coesione (MPa)
γ	Peso specifico del terreno (kN/m ³)
B	Larghezza minima fondazione (m)
D	Profondità minima di scavo (m)
N_c, N_q, N_{γ}	Fattori di capacità portante, funzioni dell'angolo di resistenza al taglio e della forma della superficie di rottura considerata. Vengono desunti da tabelle note in letteratura, quali la tabella 1 che segue.
$\zeta_c, \zeta_q, \zeta_\gamma$	Coefficienti di forma della fondazione.

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

Tabella A

$c =$	0 kg/cm ²	$N_c =$	30,13962779	$\zeta_c =$	1,61
$\varnothing =$	30°	$N_q =$	18,40112222	$\zeta_q =$	1,58
$\gamma =$	2.02 gr/cm ³	$N_\gamma =$	20,09308519	$\zeta_\gamma =$	0.60
$D =$	30 m	(*)			
$P =$	3,50 m				
$tg \varnothing =$	0,58	$q_{lim.}(kN/m^2)$		5594,85	

Figura 1 –Stralcio della Carta Geologica d'Italia



CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

FONDAZIONI

TAB. 4.II. — COEFFICIENTI DI CARICO LIMITE.

φ	N_c	N_q	N_γ	N_q/N_c	$\text{tg } \varphi$
0	5,14	1,00	0,00	0,20	0,00
1	5,38	1,09	0,07	0,20	0,02
2	5,63	1,20	0,15	0,21	0,03
3	5,90	1,31	0,24	0,22	0,05
4	6,19	1,43	0,34	0,23	0,07
5	6,49	1,57	0,45	0,24	0,09
6	6,81	1,72	0,57	0,25	0,11
7	7,16	1,88	0,71	0,26	0,13
8	7,53	2,06	0,86	0,27	0,14
9	7,92	2,25	1,03	0,28	0,16
10	8,35	2,47	1,22	0,30	0,18
11	8,80	2,71	1,44	0,31	0,19
12	9,28	2,97	1,69	0,32	0,21
13	9,81	3,26	1,97	0,33	0,23
14	10,37	3,59	2,29	0,35	0,25
15	10,98	3,94	2,65	0,36	0,27
16	11,63	4,34	3,06	0,37	0,29
17	12,34	4,77	3,53	0,39	0,31
18	13,10	5,26	4,07	0,40	0,32
19	13,93	5,80	4,68	0,42	0,34
20	14,83	6,40	5,39	0,43	0,36
21	15,82	7,07	6,20	0,45	0,38
22	16,88	7,82	7,13	0,46	0,40
23	18,05	8,66	8,20	0,48	0,42
24	19,32	9,60	9,44	0,50	0,45
25	20,72	10,66	10,88	0,51	0,47
26	22,25	11,85	12,54	0,53	0,49
27	23,94	13,20	14,47	0,55	0,51
28	25,80	14,72	16,72	0,57	0,53
29	27,85	16,44	19,34	0,59	0,55
30	30,14	18,40	22,40	0,61	0,58
31	32,67	20,63	25,99	0,63	0,60
32	35,49	23,18	30,22	0,65	0,62
33	38,64	26,09	35,19	0,68	0,65
34	42,16	29,44	41,06	0,70	0,67
35	46,12	33,30	48,03	0,72	0,70
36	50,59	37,69	56,31	0,75	0,73
37	55,63	42,92	66,19	0,77	0,75
38	61,35	48,93	78,03	0,80	0,78
39	67,87	55,96	92,25	0,82	0,81
40	75,31	64,20	109,41	0,85	0,84
41	83,86	73,90	130,22	0,88	0,87
42	93,71	85,38	155,55	0,91	0,90
43	105,11	99,02	186,54	0,94	0,93
44	118,37	115,31	224,64	0,97	0,97
45	133,88	134,88	271,76	1,01	1,00
46	152,10	158,51	330,35	1,04	1,04
47	173,64	187,21	403,67	1,08	1,07
48	199,26	222,31	496,01	1,12	1,11
49	229,93	265,51	613,16	1,15	1,15
50	266,99	319,07	762,89	1,20	1,19

Tabella 1 – Coefficienti di carico limite

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

Azioni di progetto

Le azioni di progetto prese in considerazione e calcolate secondo le disposizioni del DM 17/01/2018 sono:

- azioni permanenti (G): peso proprio (G1) e peso delle componenti non strutturali della torre (G2);
- azioni variabili (Q): vento estremo;
- azione sismica (E).

Per la geometria delle macchine installate sopra la torre non sono stati considerati carichi neve sia in quanto influenti ai fini della verifica, sia perché non esistono in pratica possibilità di accumulo significativo della neve sia sulle pale che sulla navicella.

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

Carichi permanenti

I carichi permanenti sono quelli dovuti al peso delle macchine installate sulla torre e alle installazioni (tecnologiche e di servizio) interne ed esterne della torre. Si riporta il tutto nella seguente tabella riassuntiva.

Tabella riepilogativa dei carichi permanenti		
Rotore Peso	500	kN
Navicella Peso	1000	kN
Pesi permanenti all'interno della torre Peso per ml di torre: Peso totale interno alla torre:	0.45 45.00	kN/m kN
Smorzatore oleodinamico	50	kN
Peso proprio della torre Peso totale della torre	9516	kN
Peso delle flange Peso totale delle flange	220	kN
Peso totale delle strutture della torre (Escluso lo smorzatore a sabbia)	9251	kN
Peso complessivo della turbina (Esclusa la struttura di fondazione)	19682	kN

Tabella 2 – Tabella riepilogativa dei carichi permanenti

Ai fini della descrizione delle caratteristiche geometriche della torre in oggetto, si fa riferimento alla tabella riepilogativa di seguito riportata.

**CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.**

Caratteristiche geometriche						
h	D	S	Area	A _t	W	J
m	mm	mm	mm ²	mm ²	mm ³	mm ⁴
1	7500	56	1308953	654476	1827005559	9,07176E+12
2	7442	56	1298801	649401	1798777290	8,86233E+12
3	7413	56	1293726	646863	1784745572	8,75884E+12
4	7385	56	1288650	644325	1770768798	8,65615E+12
5	7356	56	1283574	641787	1756846968	8,55427E+12
6	7327	56	1278498	639249	1742980083	8,4532E+12
7	7298	56	1273422	636711	1729168141	8,35292E+12
8	7269	56	1268347	634173	1715411144	8,25344E+12
9	7240	56	1263271	631635	1701709091	8,15475E+12
10	7211	56	1258195	629098	1688061982	8,05685E+12
11	7182	56	1253119	626560	1674469817	7,95974E+12
12	7154	56	1248043	624022	1660932597	7,86341E+12
13	7125	56	1242968	621484	1647450320	7,76786E+12
14	7096	56	1237892	618946	1634022988	7,67309E+12
15	7067	54	1189126	594563	1563659607	7,31464E+12
16	7038	54	1184232	592116	1550814116	7,22469E+12
17	7009	54	1179337	589668	1538021606	7,13548E+12
18	6980	54	1174442	587221	1525282077	7,04701E+12
19	6952	54	1169548	584774	1512595531	6,95928E+12
20	6923	54	1164653	582327	1499961967	6,87227E+12
21	6894	54	1159759	579879	1487381384	6,786E+12
22	6865	54	1154864	577432	1474853784	6,70045E+12
23	6836	54	1149970	574985	1462379165	6,61562E+12
24	6807	52	1102992	551496	1397080355	6,29516E+12
25	6778	52	1098279	549139	1385166264	6,21481E+12
26	6749	52	1093565	546783	1373303192	6,13514E+12
27	6721	52	1088852	544426	1361491139	6,05616E+12
28	6692	52	1084139	542069	1349730106	5,97786E+12
29	6663	52	1079426	539713	1338020093	5,90023E+12
30	6634	52	1074712	537356	1326361099	5,82329E+12
31	6605	52	1069999	535000	1314753125	5,74701E+12
32	6576	50	1024627	512314	1253839592	5,45826E+12
33	6547	50	1020095	510048	1242772794	5,38616E+12
34	6519	50	1015563	507782	1231755053	5,31469E+12
35	6490	50	1011031	505516	1220786370	5,24386E+12
36	6461	50	1006499	503250	1209866743	5,17366E+12
37	6432	50	1001968	500984	1198996175	5,10409E+12
38	6403	48	957840	478920	1141364097	4,83829E+12
39	6374	48	953489	476744	1131019278	4,77266E+12
40	6345	48	949138	474569	1120721554	4,70763E+12
41	6316	48	944788	472394	1110470924	4,64319E+12
42	6288	48	940437	470218	1100267390	4,57934E+12
43	6259	48	936086	468043	1090110951	4,51608E+12
44	6230	46	893202	446601	1035669636	4,27197E+12
45	6201	46	889033	444516	1026023520	4,21243E+12
46	6172	46	884863	442432	1016422537	4,15344E+12
47	6143	46	880694	440347	1006866687	4,09501E+12
48	6114	46	876524	438262	997355969	4,03713E+12
49	6086	46	872355	436178	987890384	3,97979E+12
50	6057	44	830715	415357	936549139	3,75616E+12
51	6028	44	826727	413363	927578451	3,70233E+12

**CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.**

52	5999	44	822739	411369	918650933	3,64901E+12
53	5970	44	818750	409375	909766586	3,5962E+12
54	5941	44	814762	407381	900925409	3,54391E+12
55	5912	44	810774	405387	892127402	3,49212E+12
56	5884	42	770378	385189	843795534	3,2878E+12
57	5855	42	766571	383285	835476998	3,23931E+12
58	5826	42	762764	381382	827199670	3,19129E+12
59	5797	42	758957	379479	818963551	3,14374E+12
60	5768	42	755150	377575	810768639	3,09668E+12
61	5739	42	751343	375672	802614936	3,05008E+12
62	5710	40	712191	356095	757201752	2,86393E+12
63	5681	40	708565	354283	749512093	2,82041E+12
64	5653	40	704940	352470	741861679	2,77734E+12
65	5624	40	701314	350657	734250511	2,73471E+12
66	5595	40	697689	348844	726678589	2,69252E+12
67	5566	40	694063	347032	719145913	2,65076E+12
68	5537	38	656154	328077	676560722	2,48166E+12
69	5508	38	652710	326355	669476663	2,44279E+12
70	5479	38	649266	324633	662429888	2,40432E+12
71	5451	38	645821	322911	655420397	2,36626E+12
72	5422	38	642377	321189	648448189	2,3286E+12
73	5393	38	638933	319466	641513265	2,29135E+12
74	5364	36	602268	301134	601665372	2,13823E+12
75	5335	36	599005	299502	595163639	2,10367E+12
76	5306	36	595742	297871	588697227	2,06948E+12
77	5277	36	592479	296239	582266137	2,03566E+12
78	5248	36	589216	294608	575870367	2,00221E+12
79	5220	36	585953	292976	569509919	1,96913E+12
80	5191	36	582690	291345	563184792	1,93642E+12
81	5162	34	547450	273725	526365950	1,80038E+12
82	5133	34	544368	272184	520456625	1,77015E+12
83	5104	34	541286	270643	514580660	1,74026E+12
84	5075	34	538205	269102	508738054	1,71071E+12
85	5046	32	503846	251923	473721739	1,58446E+12
86	5018	32	500946	250473	468283433	1,55726E+12
87	4989	32	498045	249023	462876524	1,53037E+12
88	4960	32	495145	247572	457501012	1,50379E+12
89	4931	30	461667	230834	424242540	1,38686E+12
90	4902	30	458948	229474	419259827	1,3625E+12
91	4873	30	456229	228115	414306548	1,33842E+12
92	4844	30	453510	226755	409382703	1,31464E+12
93	4815	28	420914	210457	377837388	1,20656E+12
94	4787	28	418376	209188	373294841	1,18487E+12
95	4758	28	415838	207919	368779765	1,16344E+12
96	4729	28	413300	206650	364292162	1,14227E+12
97	4700	26	381585	190793	334415319	1,04259E+12
98	4671	26	379229	189614	330297511	1,02339E+12
99	4642	26	376872	188436	326205212	1,00443E+12
100	4613	26	374516	187258	322138424	9,85706E+11
101	4585	24	343682	171841	293885368	8,93986E+11
102	4556	24	341507	170753	290176872	8,77118E+11
103	4527	24	339331	169666	286491924	8,60464E+11
104	4498	24	337156	168578	282830524	8,44022E+11
105	4469	22	307204	153602	256156569	7,59829E+11

**CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.**

106	4440	22	305210	152605	252841960	7,45129E+11
107	4411	22	303216	151608	249548937	7,30619E+11
108	4382	22	301222	150611	246277499	7,163E+11
109	4354	20	272151	136075	221137959	6,39217E+11
110	4325	20	270338	135169	218201811	6,26528E+11
111	4296	20	268525	134263	215285285	6,14009E+11
112	4267	20	266712	133356	212388382	6,01658E+11
113	4238	18	238523	119261	188738573	5,31278E+11
114	4209	18	236891	118446	186165458	5,20451E+11
115	4180	18	235260	117630	183610004	5,09772E+11
116	4152	18	233628	116814	181072210	4,9924E+11
117	4123	18	231997	115998	178552077	4,88854E+11
118	4094	16	204869	102435	156641938	4,26058E+11
119	4065	16	203419	101710	154432129	4,17074E+11
120	4036	16	201969	100984	152238018	4,08218E+11
121	4007	16	200519	100259	150059606	3,99487E+11
122	3978	14	174273	87136	129540287	3,42539E+11
123	3949	14	173004	86502	127660696	3,35111E+11
124	3921	14	171735	85867	125794842	3,27791E+11
125	3892	14	170466	85233	123942723	3,20578E+11
126	3863	12	145101	72551	104769539	2,69109E+11
127	3834	12	144014	72007	103204740	2,63102E+11
128	3805	12	142926	71463	101651715	2,57186E+11
129	3776	12	141838	70919	100110464	2,51359E+11
130	3747	10	117355	58678	82238729	2,05012E+11
131	3719	10	116449	58224	80973296	2,00299E+11
132	3690	10	115542	57771	79717675	1,95658E+11
133	3661	10	114636	57318	78471865	1,91089E+11
134	3632	8	91034	45517	61856894	1,49521E+11
135	3603	8	90309	45154	60875400	1,45976E+11
136	3574	8	89584	44792	59901756	1,42488E+11
137	3545	8	88859	44429	58935961	1,39056E+11
138	3516	8	88133	44067	57978015	1,3568E+11
139	3488	8	87408	43704	57027919	1,32358E+11
140	3459	8	86683	43342	56085671	1,29091E+11
141	3430	8	85958	42979	55151273	1,25879E+11
142	3401	8	85233	42616	54224724	1,2272E+11
143	3372	8	84508	42254	53306024	1,19615E+11
144	3343	8	83783	41891	52395173	1,16562E+11
145	3314	8	83058	41529	51492171	1,13562E+11
146	3286	8	82332	41166	50597019	1,10613E+11
147	3257	8	81607	40804	49709715	1,07716E+11
148	3228	8	80882	40441	48830261	1,04871E+11
149	3199	8	80157	40079	47958656	1,02075E+11
150	3170	8	79432	39716	47094900	99330066756
151	3141	8	78707	39353	46238994	96634563744
152	3112	8	77982	38991	45390936	93988272275
153	3084	8	77257	38628	44550728	91390738971
154	3055	8	76532	38266	43718369	88841510454
155	3026	8	75806	37903	42893859	86340133347
156	2997	8	75081	37541	42077198	83886154273
157	2968	8	74356	37178	41268386	81479119854
158	2939	8	73631	36816	40467424	79118576712
159	2910	8	72906	36453	39674310	76804071470

**CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.**

160	2881	8	72181	36090	38889046	74535150750
161	2853	8	71456	35728	38111631	72311361175
162	2824	8	70731	35365	37342065	70132249366
163	2795	8	70006	35003	36580349	67997361948
164	2766	8	69280	34640	35826481	65906245541
165	2737	8	68555	34278	35080463	63858446769
166	2708	8	67830	33915	34342294	61853512254

Tabella 3 – Tabella riepilogativa delle caratteristiche geometriche

Dove:

h = quota del concio considerato, misurata dal piano di posa della virola;

D = diametro esterno della torre;

S = spessore della struttura in acciaio della torre;

A = superficie in pianta della corona circolare alla quota corrispondente;

A_i = 50% del valore precedente;

W = momento statico della sezione tronco conica;

J = momento di inerzia della sezione tronco conica.

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

Carichi variabili

Come già accennato, nelle operazioni di calcolo che seguono non si terrà conto di azioni quali i carichi da neve.

Azione del vento

Per la località in questione, applicando quanto disposto dal D.M. 17/01/2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni, par. §3.3.1, si ottiene per la V_{ref} (valore massimo riferito ad un periodo di ritorno di 50 anni) il seguente valore di progetto, avendo preso a base dei calcoli i seguenti dati:

Dati relativi al sito	
Zona del vento	3
Quota massima sul livello del mare	150

Parametri di calcolo (Tab. 3.3.I D.M. 17/01/2018)				
Zona	Descrizione	$V_{ref,0}$ (m/s)	α_0 (m)	K_s
3	Puglia	27	500	0.37

Tabella 4 – Classificazione del sito e parametri di calcolo

$$V_{ref} = 27 \text{ m/s}$$

Con ipotesi maggiormente cautelativa, in base alle rilevazioni effettuate in situ è stata posta a base del progetto una velocità di riferimento del vento pari a 40 m/s.

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

Torre da 166 m - Calcolo delle sollecitazioni alla base dovute al VENTO (DM 17-01-18 §3.3.1) sulla sola torre								
V _{ref}	40,00	m/s	Categoria	II	k _r	0,19		
q _{ref}	100,00	daN/m ²			Z ₀	0,05		
					Z _{min}	4,00		
					C _t	1,00		
Sollecitazioni alla base							110680,58	7279816,16
h	C _e	C _p	C _d	q	Sup. esp.	q lin	T	Mf
m				daN/mq	mq/ml	daN/ml	daN	daNxm
1	1,80	0,70	1,20	151,25	4,500	680,60	110680,58	7279816,16
2	1,80	0,70	1,20	151,25	4,449	672,86	109999,97	7169475,89
3	1,80	0,70	1,20	151,25	4,423	668,98	109327,12	7059812,34
4	1,80	0,70	1,20	151,25	4,398	665,11	108658,13	6950819,72
5	1,93	0,70	1,20	162,06	4,372	708,53	107993,03	6842494,14
6	2,04	0,70	1,20	171,13	4,346	743,77	107284,49	6734855,38
7	2,13	0,70	1,20	178,95	4,321	773,18	106540,72	6627942,77
8	2,21	0,70	1,20	185,84	4,295	798,19	105767,55	6521788,63
9	2,29	0,70	1,20	192,00	4,270	819,76	104969,36	6416420,18
10	2,35	0,70	1,20	197,59	4,244	838,56	104149,59	6311860,71
11	2,41	0,70	1,20	202,71	4,218	855,07	103311,03	6208130,40
12	2,47	0,70	1,20	207,42	4,193	869,65	102455,96	6105246,91
13	2,52	0,70	1,20	211,80	4,167	882,59	101586,30	6003225,78
14	2,57	0,70	1,20	215,89	4,141	894,10	100703,71	5902080,77
15	2,62	0,70	1,20	219,73	4,116	904,36	99809,61	5801824,11
16	2,66	0,70	1,20	223,34	4,090	913,52	98905,25	5702466,67
17	2,70	0,70	1,20	226,76	4,065	921,70	97991,73	5604018,18
18	2,74	0,70	1,20	230,00	4,039	928,99	97070,03	5506487,30
19	2,77	0,70	1,20	233,09	4,013	935,49	96141,04	5409881,77
20	2,81	0,70	1,20	236,04	3,988	941,26	95205,55	5314208,47
21	2,84	0,70	1,20	238,85	3,962	946,38	94264,28	5219473,56
22	2,88	0,70	1,20	241,55	3,937	950,88	93317,91	5125682,46
23	2,91	0,70	1,20	244,14	3,911	954,83	92367,03	5032840,00
24	2,94	0,70	1,20	246,63	3,885	958,25	91412,20	4940950,38
25	2,96	0,70	1,20	249,03	3,860	961,20	90453,95	4850017,31
26	2,99	0,70	1,20	251,35	3,834	963,70	89492,75	4760043,97
27	3,02	0,70	1,20	253,58	3,809	965,78	88529,04	4671033,07
28	3,04	0,70	1,20	255,75	3,783	967,47	87563,26	4582986,92
29	3,07	0,70	1,20	257,84	3,757	968,80	86595,79	4495907,40
30	3,09	0,70	1,20	259,87	3,732	969,77	85626,99	4409796,01
31	3,12	0,70	1,20	261,85	3,706	970,43	84657,21	4324653,91
32	3,14	0,70	1,20	263,76	3,680	970,77	83686,79	4240481,91
33	3,16	0,70	1,20	265,62	3,655	970,82	82716,02	4157280,51
34	3,18	0,70	1,20	267,43	3,629	970,59	81745,20	4075049,90
35	3,20	0,70	1,20	269,20	3,604	970,10	80774,61	3993789,99

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

36	3,23	0,70	1,20	270,92	3,578	969,36	79804,51	3913500,43
37	3,25	0,70	1,20	272,60	3,552	968,38	78835,15	3834180,60
38	3,26	0,70	1,20	274,23	3,527	967,17	77866,77	3755829,64
39	3,28	0,70	1,20	275,83	3,501	965,74	76899,60	3678446,46
40	3,30	0,70	1,20	277,39	3,476	964,11	75933,85	3602029,73
41	3,32	0,70	1,20	278,92	3,450	962,27	74969,74	3526577,94
42	3,34	0,70	1,20	280,41	3,424	960,25	74007,47	3452089,33
43	3,36	0,70	1,20	281,88	3,399	958,03	73047,22	3378561,98
44	3,37	0,70	1,20	283,31	3,373	955,64	72089,19	3305993,77
45	3,39	0,70	1,20	284,71	3,348	953,08	71133,55	3234382,40
46	3,41	0,70	1,20	286,08	3,322	950,36	70180,46	3163725,40
47	3,42	0,70	1,20	287,43	3,296	947,48	69230,10	3094020,12
48	3,44	0,70	1,20	288,76	3,271	944,44	68282,63	3025263,75
49	3,45	0,70	1,20	290,05	3,245	941,26	67338,19	2957453,34
50	3,47	0,70	1,20	291,33	3,220	937,93	66396,93	2890585,79
51	3,48	0,70	1,20	292,58	3,194	934,47	65459,00	2824657,82
52	3,50	0,70	1,20	293,81	3,168	930,87	64524,53	2759666,06
53	3,51	0,70	1,20	295,02	3,143	927,14	63593,67	2695606,96
54	3,53	0,70	1,20	296,20	3,117	923,29	62666,53	2632476,86
55	3,54	0,70	1,20	297,37	3,091	919,31	61743,24	2570271,98
56	3,55	0,70	1,20	298,52	3,066	915,22	60823,93	2508988,39
57	3,57	0,70	1,20	299,65	3,040	911,01	59908,72	2448622,06
58	3,58	0,70	1,20	300,76	3,015	906,69	58997,71	2389168,85
59	3,59	0,70	1,20	301,86	2,989	902,26	58091,02	2330624,49
60	3,61	0,70	1,20	302,94	2,963	897,72	57188,76	2272984,60
61	3,62	0,70	1,20	304,00	2,938	893,09	56291,04	2216244,70
62	3,63	0,70	1,20	305,05	2,912	888,35	55397,95	2160400,20
63	3,64	0,70	1,20	306,08	2,887	883,52	54509,60	2105446,43
64	3,66	0,70	1,20	307,09	2,861	878,59	53626,08	2051378,59
65	3,67	0,70	1,20	308,10	2,835	873,57	52747,49	1998191,80
66	3,68	0,70	1,20	309,08	2,810	868,45	51873,93	1945881,09
67	3,69	0,70	1,20	310,06	2,784	863,25	51005,48	1894441,39
68	3,70	0,70	1,20	311,02	2,759	857,97	50142,22	1843867,54
69	3,71	0,70	1,20	311,97	2,733	852,60	49284,26	1794154,30
70	3,73	0,70	1,20	312,91	2,707	847,14	48431,66	1745296,34
71	3,74	0,70	1,20	313,83	2,682	841,61	47584,52	1697288,25
72	3,75	0,70	1,20	314,75	2,656	836,00	46742,91	1650124,54
73	3,76	0,70	1,20	315,65	2,630	830,31	45906,91	1603799,63
74	3,77	0,70	1,20	316,54	2,605	824,55	45076,60	1558307,87
75	3,78	0,70	1,20	317,42	2,579	818,71	44252,06	1513643,55
76	3,79	0,70	1,20	318,29	2,554	812,80	43433,35	1469800,84
77	3,80	0,70	1,20	319,15	2,528	806,82	42620,55	1426773,90
78	3,81	0,70	1,20	320,00	2,502	800,77	41813,73	1384556,76
79	3,82	0,70	1,20	320,83	2,477	794,65	41012,96	1343143,41
80	3,83	0,70	1,20	321,66	2,451	788,47	40218,31	1302527,77
81	3,84	0,70	1,20	322,48	2,426	782,22	39429,84	1262703,70
82	3,85	0,70	1,20	323,29	2,400	775,91	38647,62	1223664,97

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

83	3,86	0,70	1,20	324,10	2,374	769,53	37871,71	1185405,30
84	3,87	0,70	1,20	324,89	2,349	763,09	37102,18	1147918,35
85	3,88	0,70	1,20	325,67	2,323	756,60	36339,09	1111197,71
86	3,89	0,70	1,20	326,45	2,298	750,04	35582,49	1075236,93
87	3,90	0,70	1,20	327,22	2,272	743,43	34832,45	1040029,45
88	3,90	0,70	1,20	327,98	2,246	736,75	34089,03	1005568,72
89	3,91	0,70	1,20	328,73	2,221	730,02	33352,27	971848,07
90	3,92	0,70	1,20	329,48	2,195	723,24	32622,25	938860,81
91	3,93	0,70	1,20	330,21	2,170	716,40	31899,01	906600,18
92	3,94	0,70	1,20	330,94	2,144	709,51	31182,61	875059,37
93	3,95	0,70	1,20	331,67	2,118	702,57	30473,10	844231,52
94	3,96	0,70	1,20	332,38	2,093	695,57	29770,53	814109,71
95	3,97	0,70	1,20	333,09	2,067	688,52	29074,96	784686,97
96	3,97	0,70	1,20	333,79	2,041	681,43	28386,44	755956,27
97	3,98	0,70	1,20	334,49	2,016	674,28	27705,01	727910,54
98	3,99	0,70	1,20	335,18	1,990	667,08	27030,73	700542,67
99	4,00	0,70	1,20	335,86	1,965	659,84	26363,65	673845,48
100	4,01	0,70	1,20	336,54	1,939	652,55	25703,81	647811,75
101	4,01	0,70	1,20	337,21	1,913	645,22	25051,26	622434,22
102	4,02	0,70	1,20	337,87	1,888	637,83	24406,04	597705,57
103	4,03	0,70	1,20	338,53	1,862	630,41	23768,21	573618,44
104	4,04	0,70	1,20	339,18	1,837	622,93	23137,80	550165,44
105	4,05	0,70	1,20	339,83	1,811	615,42	22514,87	527339,10
106	4,05	0,70	1,20	340,47	1,785	607,86	21899,45	505131,94
107	4,06	0,70	1,20	341,10	1,760	600,26	21291,59	483536,43
108	4,07	0,70	1,20	341,74	1,734	592,62	20691,32	462544,97
109	4,08	0,70	1,20	342,36	1,709	584,94	20098,71	442149,96
110	4,08	0,70	1,20	342,98	1,683	577,21	19513,77	422343,72
111	4,09	0,70	1,20	343,59	1,657	569,45	18936,56	403118,55
112	4,10	0,70	1,20	344,20	1,632	561,64	18367,11	384466,72
113	4,10	0,70	1,20	344,81	1,606	553,80	17805,47	366380,42
114	4,11	0,70	1,20	345,41	1,580	545,92	17251,68	348851,85
115	4,12	0,70	1,20	346,00	1,555	537,99	16705,76	331873,13
116	4,13	0,70	1,20	346,59	1,529	530,04	16167,77	315436,37
117	4,13	0,70	1,20	347,18	1,504	522,04	15637,73	299533,62
118	4,14	0,70	1,20	347,76	1,478	514,01	15115,69	284156,91
119	4,15	0,70	1,20	348,34	1,452	505,94	14601,68	269298,23
120	4,15	0,70	1,20	348,91	1,427	497,84	14095,74	254949,52
121	4,16	0,70	1,20	349,48	1,401	489,70	13597,90	241102,70
122	4,17	0,70	1,20	350,04	1,376	481,52	13108,20	227749,65
123	4,17	0,70	1,20	350,60	1,350	473,31	12626,68	214882,21
124	4,18	0,70	1,20	351,16	1,324	465,07	12153,37	202492,19
125	4,19	0,70	1,20	351,71	1,299	456,79	11688,29	190571,36
126	4,19	0,70	1,20	352,26	1,273	448,48	11231,50	179111,46
127	4,20	0,70	1,20	352,80	1,248	440,14	10783,02	168104,20
128	4,21	0,70	1,20	353,34	1,222	431,76	10342,88	157541,26
129	4,21	0,70	1,20	353,88	1,196	423,36	9911,11	147414,26

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

130	4,22	0,70	1,20	354,41	1,171	414,92	9487,75	137714,83
131	4,23	0,70	1,20	354,94	1,145	406,45	9072,84	128434,53
132	4,23	0,70	1,20	355,46	1,120	397,94	8666,39	119564,92
133	4,24	0,70	1,20	355,98	1,094	389,41	8268,45	111097,50
134	4,24	0,70	1,20	356,50	1,068	380,85	7879,04	103023,76
135	4,25	0,70	1,20	357,01	1,043	372,25	7498,19	95335,14
136	4,26	0,70	1,20	357,52	1,017	363,63	7125,94	88023,07
137	4,26	0,70	1,20	358,03	0,991	354,97	6762,31	81078,94
138	4,27	0,70	1,20	358,53	0,966	346,29	6407,34	74494,12
139	4,27	0,70	1,20	359,03	0,940	337,58	6061,05	68259,92
140	4,28	0,70	1,20	359,53	0,915	328,84	5723,47	62367,67
141	4,29	0,70	1,20	360,03	0,889	320,07	5394,63	56808,62
142	4,29	0,70	1,20	360,52	0,863	311,28	5074,55	51574,03
143	4,30	0,70	1,20	361,00	0,838	302,45	4763,28	46655,11
144	4,30	0,70	1,20	361,49	0,812	293,60	4460,83	42043,06
145	4,31	0,70	1,20	361,97	0,787	284,72	4167,23	37729,03
146	4,31	0,70	1,20	362,45	0,761	275,81	3882,51	33704,16
147	4,32	0,70	1,20	362,92	0,735	266,88	3606,69	29959,56
148	4,33	0,70	1,20	363,40	0,710	257,92	3339,81	26486,31
149	4,33	0,70	1,20	363,87	0,684	248,94	3081,89	23275,46
150	4,34	0,70	1,20	364,33	0,659	239,93	2832,95	20318,04
151	4,34	0,70	1,20	364,80	0,633	230,89	2593,03	17605,05
152	4,35	0,70	1,20	365,26	0,607	221,83	2362,14	15127,46
153	4,35	0,70	1,20	365,72	0,582	212,74	2140,31	12876,24
154	4,36	0,70	1,20	366,17	0,556	203,63	1927,57	10842,30
155	4,36	0,70	1,20	366,62	0,530	194,49	1723,94	9016,54
156	4,37	0,70	1,20	367,07	0,505	185,33	1529,46	7389,84
157	4,38	0,70	1,20	367,52	0,479	176,14	1344,13	5953,05
158	4,38	0,70	1,20	367,97	0,454	166,93	1167,99	4696,99
159	4,39	0,70	1,20	368,41	0,428	157,70	1001,06	3612,47
160	4,39	0,70	1,20	368,85	0,402	148,44	843,36	2690,26
161	4,40	0,70	1,20	369,29	0,377	139,16	694,92	1921,13
162	4,40	0,70	1,20	369,72	0,351	129,85	555,76	1295,79
163	4,41	0,70	1,20	370,15	0,326	120,53	425,91	804,95
164	4,41	0,70	1,20	370,58	0,300	111,17	305,38	439,31
165	4,42	0,70	1,20	371,01	0,274	101,80	194,21	189,51
166	4,42	0,70	1,20	371,44	0,249	92,41	92,41	46,20

Tabella 5 – Calcolo azione del vento sulla Torre

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

Torre da 166 m - Calcolo delle sollecitazioni alla base dovute al VENTO (DM 17-01-18 §3.3.1) sull'elica e sulla navicella

Vref	40,00	m/s	Categoria	II	kr		0,19	
qref	101,94	daN/mq			z0		0,05	
					z min		4,00	
					Ct		1,00	
Sollecitazioni alla base							17821,22	1896039,07
h	Ce	Cp	Cd	p	Sup. esp.	q lin	T	Mf
m				daN/mq	mq/ml	daN/ml	daN	daNxm
1	1,71	0,70	1,20	146,21	0,00	0,00	17821,22	1896039,07
2	1,71	0,70	1,20	146,21	0,00	0,00	17821,22	1878217,85
3	1,71	0,70	1,20	146,21	0,00	0,00	17821,22	1860396,64
4	1,71	0,70	1,20	146,21	0,00	0,00	17821,22	1842575,42
5	1,93	0,70	1,20	165,20	0,00	0,00	17821,22	1824754,21
6	2,04	0,70	1,20	174,44	0,00	0,00	17821,22	1806932,99
7	2,13	0,70	1,20	182,41	0,00	0,00	17821,22	1789111,77
8	2,21	0,70	1,20	189,44	0,00	0,00	17821,22	1771290,56
9	2,29	0,70	1,20	195,72	0,00	0,00	17821,22	1753469,34
10	2,35	0,70	1,20	201,42	0,00	0,00	17821,22	1735648,13
11	2,41	0,70	1,20	206,63	0,00	0,00	17821,22	1717826,91
12	2,47	0,70	1,20	211,44	0,00	0,00	17821,22	1700005,69
13	2,52	0,70	1,20	215,90	0,00	0,00	17821,22	1682184,48
14	2,57	0,70	1,20	220,07	0,00	0,00	17821,22	1664363,26
15	2,62	0,70	1,20	223,98	0,00	0,00	17821,22	1646542,04
16	2,66	0,70	1,20	227,67	0,00	0,00	17821,22	1628720,83
17	2,70	0,70	1,20	231,15	0,00	0,00	17821,22	1610899,61
18	2,74	0,70	1,20	234,46	0,00	0,00	17821,22	1593078,40
19	2,77	0,70	1,20	237,61	0,00	0,00	17821,22	1575257,18
20	2,81	0,70	1,20	240,61	0,00	0,00	17821,22	1557435,96
21	2,84	0,70	1,20	243,48	0,00	0,00	17821,22	1539614,75
22	2,88	0,70	1,20	246,23	0,00	0,00	17821,22	1521793,53
23	2,91	0,70	1,20	248,87	0,00	0,00	17821,22	1503972,32
24	2,94	0,70	1,20	251,41	0,00	0,00	17821,22	1486151,10
25	2,96	0,70	1,20	253,85	0,00	0,00	17821,22	1468329,88
26	2,99	0,70	1,20	256,22	0,00	0,00	17821,22	1450508,67
27	3,02	0,70	1,20	258,50	0,00	0,00	17821,22	1432687,45
28	3,04	0,70	1,20	260,70	0,00	0,00	17821,22	1414866,24
29	3,07	0,70	1,20	262,84	0,00	0,00	17821,22	1397045,02
30	3,09	0,70	1,20	264,91	0,00	0,00	17821,22	1379223,80
31	3,12	0,70	1,20	266,92	0,00	0,00	17821,22	1361402,59
32	3,14	0,70	1,20	268,87	0,00	0,00	17821,22	1343581,37
33	3,16	0,70	1,20	270,77	0,00	0,00	17821,22	1325760,16
34	3,18	0,70	1,20	272,61	0,00	0,00	17821,22	1307938,94

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

35	3,20	0,70	1,20	274,41	0,00	0,00	17821,22	1290117,72
36	3,23	0,70	1,20	276,17	0,00	0,00	17821,22	1272296,51
37	3,25	0,70	1,20	277,88	0,00	0,00	17821,22	1254475,29
38	3,26	0,70	1,20	279,54	0,00	0,00	17821,22	1236654,08
39	3,28	0,70	1,20	281,17	0,00	0,00	17821,22	1218832,86
40	3,30	0,70	1,20	282,77	0,00	0,00	17821,22	1201011,64
41	3,32	0,70	1,20	284,32	0,00	0,00	17821,22	1183190,43
42	3,34	0,70	1,20	285,84	0,00	0,00	17821,22	1165369,21
43	3,36	0,70	1,20	287,34	0,00	0,00	17821,22	1147548,00
44	3,37	0,70	1,20	288,79	0,00	0,00	17821,22	1129726,78
45	3,39	0,70	1,20	290,22	0,00	0,00	17821,22	1111905,56
46	3,41	0,70	1,20	291,63	0,00	0,00	17821,22	1094084,35
47	3,42	0,70	1,20	293,00	0,00	0,00	17821,22	1076263,13
48	3,44	0,70	1,20	294,35	0,00	0,00	17821,22	1058441,92
49	3,45	0,70	1,20	295,67	0,00	0,00	17821,22	1040620,70
50	3,47	0,70	1,20	296,97	0,00	0,00	17821,22	1022799,48
51	3,48	0,70	1,20	298,24	0,00	0,00	17821,22	1004978,27
52	3,50	0,70	1,20	299,50	0,00	0,00	17821,22	987157,05
53	3,51	0,70	1,20	300,73	0,00	0,00	17821,22	969335,84
54	3,53	0,70	1,20	301,94	0,00	0,00	17821,22	951514,62
55	3,54	0,70	1,20	303,13	1,50	454,69	17821,22	933693,40
56	3,55	0,70	1,20	304,30	1,50	456,45	17366,52	916099,54
57	3,57	0,70	1,20	305,45	1,50	458,18	16910,07	898961,24
58	3,58	0,70	1,20	306,59	1,50	459,88	16451,89	882280,26
59	3,59	0,70	1,20	307,70	1,50	461,56	15992,01	866058,31
60	3,61	0,70	1,20	308,80	1,50	463,20	15530,45	850297,08
61	3,62	0,70	1,20	309,89	1,50	464,83	15067,25	834998,23
62	3,63	0,70	1,20	310,95	1,50	466,43	14602,42	820163,39
63	3,64	0,70	1,20	312,00	1,50	468,01	14135,99	805794,19
64	3,66	0,70	1,20	313,04	1,50	469,56	13667,98	791892,20
65	3,67	0,70	1,20	314,06	1,50	471,10	13198,42	778459,00
66	3,68	0,70	1,20	315,07	1,50	472,61	12727,33	765496,13
67	3,69	0,70	1,20	316,07	1,50	474,10	12254,72	753005,11
68	3,70	0,70	1,20	317,05	1,50	475,57	11780,62	740987,44
69	3,71	0,70	1,20	318,01	1,50	477,02	11305,05	729444,60
70	3,73	0,70	1,20	318,97	1,50	478,45	10828,03	718378,06
71	3,74	0,70	1,20	319,91	1,50	479,87	10349,58	707789,26
72	3,75	0,70	1,20	320,84	1,50	481,26	9869,71	697679,62
73	3,76	0,70	1,20	321,76	1,50	482,64	9388,44	688050,54
74	3,77	0,70	1,20	322,67	1,50	484,00	8905,80	678903,42
75	3,78	0,70	1,20	323,57	1,50	485,35	8421,80	670239,62
76	3,79	0,70	1,20	324,45	1,50	486,68	7936,45	662060,49
77	3,80	0,70	1,20	325,33	1,50	487,99	7449,77	654367,38
78	3,81	0,70	1,20	326,19	1,50	489,29	6961,78	647161,61
79	3,82	0,70	1,20	327,05	1,50	490,57	6472,49	640444,48
80	3,83	0,70	1,20	327,89	1,50	491,84	5981,92	634217,28
81	3,84	0,70	1,20	328,73	1,50	493,09	5490,07	628481,28

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

82	3,85	0,70	1,20	329,56	1,50	494,33	4996,98	623237,76
83	3,86	0,70	1,20	330,37	1,50	495,56	4502,65	618487,94
84	3,87	0,70	1,20	331,18	1,50	496,77	4007,09	614233,08
85	3,88	0,70	1,20	331,98	1,50	497,97	3510,31	610474,38
86	3,89	0,70	1,20	332,77	1,50	499,16	3012,34	607213,05
87	3,90	0,70	1,20	333,56	1,50	500,33	2513,18	604450,29
88	3,90	0,70	1,20	334,33	1,50	501,50	2012,84	602187,28
89	3,91	0,70	1,20	335,10	1,50	502,65	1511,35	600425,19
90	3,92	0,70	1,20	335,86	1,50	503,79	1008,70	599165,16
91	3,93	0,70	1,20	336,61	1,50	504,91	1010,94	597902,33
92	3,94	0,70	1,20	337,35	1,50	506,03	1013,16	596636,71
93	3,95	0,70	1,20	338,09	1,50	507,13	1015,36	595368,33
94	3,96	0,70	1,20	338,82	1,50	508,23	1017,54	594097,22
95	3,97	0,70	1,20	339,54	1,50	509,31	1019,70	592823,41
96	3,97	0,70	1,20	340,26	1,50	510,39	1021,84	591546,91
97	3,98	0,70	1,20	340,97	1,50	511,45	1023,95	590267,77
98	3,99	0,70	1,20	341,67	1,50	512,50	1026,05	588985,99
99	4,00	0,70	1,20	342,36	1,50	513,55	4029,85	584699,89
100	4,01	0,70	1,20	336,61	1,50	504,91	1010,94	597902,33
101	4,01	0,70	1,20	343,74	6,00	2062,42	4128,91	572977,34
102	4,02	0,70	1,20	344,41	6,00	2066,48	4137,00	567809,13
103	4,03	0,70	1,20	345,09	6,00	2070,51	4145,01	562630,88
104	4,04	0,70	1,20	345,75	6,00	2074,50	4152,96	557442,66
105	4,05	0,70	1,20	346,41	6,00	2078,46	4160,84	552244,57
106	4,05	0,70	1,20	347,06	6,00	2082,38	4168,65	547036,69
107	4,06	0,70	1,20	347,71	6,00	2086,27	4176,39	541819,11
108	4,07	0,70	1,20	348,35	6,00	2090,12	4184,07	536591,91
109	4,08	0,70	1,20	348,99	6,00	2093,95	4191,68	531355,16
110	4,08	0,70	1,20	349,62	6,00	2097,74	4199,24	526108,95
111	4,09	0,70	1,20	350,25	6,00	2101,50	4206,72	520853,36
112	4,10	0,70	1,20	350,87	6,00	2105,23	4214,15	515588,46
113	4,10	0,70	1,20	351,49	6,00	2108,93	4221,52	510314,32
114	4,11	0,70	1,20	352,10	6,00	2112,60	4228,83	505031,03
115	4,12	0,70	1,20	352,71	6,00	2116,24	4236,08	499738,65
116	4,13	0,70	1,20	353,31	6,00	2119,85	4243,28	494437,25
117	4,13	0,70	1,20	353,91	6,00	2123,43	4250,42	489126,91
118	4,14	0,70	1,20	354,50	6,00	2126,99	4257,50	483807,70
119	4,15	0,70	1,20	355,09	6,00	2130,51	4264,53	478479,68
120	4,15	0,70	1,20	355,67	6,00	2134,01	4271,50	473142,92
121	4,16	0,70	1,20	356,25	6,00	2137,49	4278,43	467797,48
122	4,17	0,70	1,20	356,82	6,00	2140,94	4285,30	462443,44
123	4,17	0,70	1,20	357,39	6,00	2144,36	4292,12	457080,85
124	4,18	0,70	1,20	357,96	6,00	2147,76	4298,89	451709,78
125	4,19	0,70	1,20	358,52	6,00	2151,13	4305,61	446330,29
126	4,19	0,70	1,20	359,08	6,00	2154,48	4312,28	440942,44
127	4,20	0,70	1,20	359,63	6,00	2157,80	4318,91	435546,30
128	4,21	0,70	1,20	360,18	6,00	2161,10	4325,48	430141,91

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

129	4,21	0,70	1,20	360,73	6,00	2164,38	4332,01	424729,34
130	4,22	0,70	1,20	361,27	6,00	2167,63	4338,50	419308,65
131	4,23	0,70	1,20	361,81	6,00	2170,87	4344,94	413879,90
132	4,23	0,70	1,20	362,35	6,00	2174,07	4351,33	408443,13
133	4,24	0,70	1,20	362,88	6,00	2177,26	4357,69	402998,41
134	4,24	0,70	1,20	363,40	6,00	2180,43	4363,99	397545,78
135	4,25	0,70	1,20	363,93	6,00	2183,57	4370,26	392085,31
136	4,26	0,70	1,20	364,45	6,00	2186,69	4376,48	386617,05
137	4,26	0,70	1,20	364,97	6,00	2189,79	4382,66	381141,04
138	4,27	0,70	1,20	365,48	6,00	2192,87	4388,80	375657,34
139	4,27	0,70	1,20	365,99	6,00	2195,93	4394,91	370165,99
140	4,28	0,70	1,20	366,50	6,00	2198,97	4400,97	364667,06
141	4,29	0,70	1,20	367,00	6,00	2201,99	4406,99	359160,59
142	4,29	0,70	1,20	367,50	6,00	2204,99	4412,97	353646,62
143	4,30	0,70	1,20	368,00	6,00	2207,98	4418,92	348125,21
144	4,30	0,70	1,20	368,49	6,00	2210,94	4424,82	342596,39
145	4,31	0,70	1,20	368,98	6,00	2213,88	4430,69	337060,23
146	4,31	0,70	1,20	369,47	6,00	2216,81	4436,53	331516,77
147	4,32	0,70	1,20	369,95	6,00	2219,72	4442,32	325966,04
148	4,33	0,70	1,20	370,43	6,00	2222,61	4448,08	320408,10
149	4,33	0,70	1,20	370,91	6,00	2225,48	4453,81	314842,98
150	4,34	0,70	1,20	371,39	6,00	2228,33	4459,50	309270,75
151	4,34	0,70	1,20	371,86	6,00	2231,17	4465,16	303691,42
152	4,35	0,70	1,20	372,33	6,00	2233,99	4470,78	298105,06
153	4,35	0,70	1,20	372,80	6,00	2236,79	4476,37	292511,70
154	4,36	0,70	1,20	373,26	6,00	2239,58	4481,92	286911,38
155	4,36	0,70	1,20	373,72	6,00	2242,35	4487,45	281304,14
156	4,37	0,70	1,20	374,18	6,00	2245,10	4492,94	275690,03
157	4,38	0,70	1,20	374,64	6,00	2247,84	4498,40	270069,09
158	4,38	0,70	1,20	375,09	6,00	2250,56	4503,82	264441,34
159	4,39	0,70	1,20	375,54	6,00	2253,26	4509,22	258806,85
160	4,39	0,70	1,20	375,99	6,00	2255,95	4514,58	253165,63
161	4,40	0,70	1,20	376,44	6,00	2258,63	4519,92	247517,73
162	4,40	0,70	1,20	376,88	6,00	2261,29	4525,22	241863,19
163	4,41	0,70	1,20	377,32	6,00	2263,93	4530,50	236202,05
164	4,41	0,70	1,20	377,76	6,00	2266,56	4535,74	230534,34
165	4,42	0,70	1,20	378,20	6,00	2269,18	4540,96	224860,10
166	4,42	0,70	1,20	378,63	6,00	2271,78	4546,15	219179,36
167	4,43	0,70	1,20	379,06	6,00	2274,37	4551,31	213492,16
168	4,43	0,70	1,20	379,49	6,00	2276,94	4556,44	207798,54
169	4,44	0,70	1,20	379,92	6,00	2279,50	4561,54	202098,53
170	4,44	0,70	1,20	380,34	6,00	2282,04	4566,62	196392,16
171	4,45	0,70	1,20	380,76	6,00	2284,57	4571,67	190679,47
172	4,45	0,70	1,20	381,18	6,00	2287,09	4576,69	184960,49
173	4,46	0,70	1,20	381,60	6,00	2289,60	4581,68	179235,26
174	4,46	0,70	1,20	382,01	6,00	2292,09	4586,65	173503,81
175	4,47	0,70	1,20	382,43	6,00	2294,57	4591,60	167766,17

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

176	4,47	0,70	1,20	382,84	6,00	2297,03	4596,51	162022,37
177	4,48	0,70	1,20	383,25	6,00	2299,48	4601,41	156272,45
178	4,48	0,70	1,20	383,65	6,00	2301,92	4606,27	150516,44
179	4,49	0,70	1,20	384,06	6,00	2304,35	4611,12	144754,36
180	4,49	0,70	1,20	384,46	6,00	2306,77	4615,93	138986,25
181	4,49	0,70	1,20	384,86	6,00	2309,17	4620,73	133212,14
182	4,50	0,70	1,20	385,26	6,00	2311,56	4625,50	127432,06
183	4,50	0,70	1,20	385,66	6,00	2313,94	4630,24	121646,04
184	4,51	0,70	1,20	386,05	6,00	2316,30	4634,96	115854,11
185	4,51	0,70	1,20	386,44	6,00	2318,66	4639,66	110056,30
186	4,52	0,70	1,20	386,83	6,00	2321,00	4644,34	104252,63
187	4,52	0,70	1,20	387,22	6,00	2323,33	4648,99	98443,14
188	4,53	0,70	1,20	387,61	6,00	2325,65	4653,62	92627,86
189	4,53	0,70	1,20	387,99	6,00	2327,96	4658,23	86806,81
190	4,54	0,70	1,20	388,38	6,00	2330,26	4662,81	80980,01
191	4,54	0,70	1,20	388,76	6,00	2332,55	4667,37	75147,51
192	4,54	0,70	1,20	389,14	6,00	2334,82	4671,91	69309,32
193	4,55	0,70	1,20	389,52	6,00	2337,09	4676,43	63465,47
194	4,55	0,70	1,20	389,89	6,00	2339,34	4680,93	57615,99
195	4,56	0,70	1,20	390,26	6,00	2341,59	4685,41	51760,91
196	4,56	0,70	1,20	390,64	6,00	2343,82	4689,87	45900,25
197	4,57	0,70	1,20	391,01	6,00	2346,05	4694,30	40034,04
198	4,57	0,70	1,20	391,38	6,00	2348,26	4698,72	34162,29
199	4,58	0,70	1,20	391,74	6,00	2350,46	4703,11	28285,05
200	4,58	0,70	1,20	392,11	6,00	2352,65	4707,49	22402,33
201	4,58	0,70	1,20	392,47	6,00	2354,84	4711,84	16514,16
202	4,59	0,70	1,20	392,83	6,00	2357,01	4716,18	10620,57
203	4,59	0,70	1,20	393,20	6,00	2359,17	4720,49	4721,57
204	4,60	0,70	1,20	393,55	6,00	2361,32	2361,32	1180,66

Tabella 6 – Calcolo azione del vento su rotore e navicella

**CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.**

Azione sismica

In quanto segue si confrontano in termini di reazioni alla base le sollecitazioni dovute al vento estremo con quelle dovute al sisma calcolate con il metodo dell'analisi lineare statica così come formalizzato nel D.M. 17/01/2018 (per la normativa italiana le due azioni non sono da considerarsi in concomitanza). Si può constatare che in particolare l'azione flettente dovuta al vento è ~1,50 volte quella sismica, che quindi è sicuramente ricompresa nell'azione del vento presa in considerazione.

È stata presa a riferimento la seguente geometria dei carichi:

Tabella dei pesi e dei baricentri					
		Peso Proprio	X (m)	Y (m)	Z (m)
A	Torre (KN)	9251	0	0	79,50
B	Carichi permanenti Torre (KN)	0	0	0	0
C	Navicella (KN)	1000	2,00	0	166,00
D	Rotore (KN)	500	-4,00	0	166,00
Sistema A+B+C+D (KN)		10751			

Analisi statica lineare del sistema:

Così come definito dalla norma nel paragrafo §7.3.3.2, si è andati a calcolare tutte le grandezze indispensabili per la determinazione delle forze orizzontali statiche equivalenti a quelle inerziali indotte dal sisma.

**CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.**

Nella tabella di seguito riportata i risultati di tali elaborazioni.

L'analisi geologico/tecnica del territorio di interesse classifica il sito, la cui zonizzazione sismica è la II, come appartenente alla Categoria del sottosuolo C.

Per semplicità costruttiva e di trasporto, la torre viene realizzata in 6 differenti tronchi che verranno poi riassemblati in cantiere, i cui baricentri vengono considerati punti di applicazione delle azioni sismiche.

I parametri coinvolti nel calcolo dell'azione sismica sono di seguito riassunti:

E	m	g	d	J
modulo elastico	massa	acc di gravità	quota baricentro	momento di inerzia
kN/m^2	kg	m/s^2	m	m^4
220000	943,031	9,81	79,50	154,947
H	L	D	T	T_c*
altezza struttura	Spessore struttura	diametro base	periodo di vibrazione	
m	m	m	s	s
166	0,056	7,50	0,03305	0,29
C_c	T_B	T_c	T_D	a_g
	s	s	s	m/s^2
1,57978	0,15271	0,45814	1,89847	0,732
F₀	S_s	S_T	S	h
			Coeff sottosuolo	
2,48	1,5	1,0	1,50	1
S(e)	1.450	m/s^2	F_h	1367.08
				kN

Dalla determinazione di F_h e la conoscenza dei pesi dei tronchi di torre e delle rispettive quote dei baricentri (intese come distanza del baricentro dalla fondazione) si possono calcolare le forze orizzontali di piano da applicare come azione sismica F_{hi} :

$$F_{hi} = F_h \frac{W_i \cdot h_i}{\sum_i W_i \cdot h_i}$$

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

Elemento	W_i	h_i
<i>I tronco</i>	2396	13
<i>II tronco</i>	1914	38
<i>III tronco</i>	1410	63
<i>IV tronco</i>	952	88
<i>V tronco</i>	497	113
<i>VI tronco</i>	282	146

	$W_i h_i$	F_{hi}
	kNm	kN
<i>I tronco</i>	29952,323	110,63969
<i>II tronco</i>	71767,568	265,09936
<i>III tronco</i>	88136,908	325,56541
<i>IV tronco</i>	83292,892	307,67229
<i>V tronco</i>	55926,575	206,58494
<i>VI tronco</i>	41018,797	151,51770

Da cui le sollecitazioni alla base risultano:

$$T = 1537,00 \text{ KN}$$

$$M = 123264,60 \text{ KNm}$$

CALCOLO PRELIMINARE DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

Verifiche strutturali

Di seguito si riportano i calcoli svolti per il plinto ed i pali di fondazione.
Il plinto di base lo si considererà infinitamente rigido con unica funzione quella di collegamento delle teste dei pali, per cui verrà trascurato il suo contributo per la portanza.

Resistenze di calcolo

Le resistenze di calcolo dei materiali sono ricavate dalla riduzione delle resistenze caratteristiche secondo quanto disposto dalla norma:

$$f_d = f_k / \gamma_m$$

- con coefficiente parziale di sicurezza relativo al cls
 $\gamma_c = 1,5$
- con coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio
 $\gamma_s = 1,15$

Verifiche strutturali sul plinto di fondazione

Le verifiche strutturali seguenti sono state condotte secondo le disposizioni del Cap. 6.4.3.1 del DM 17/01/2018:

1. Verifiche agli SLU di tipo geotecnico degli elementi di fondazione;
2. Verifiche agli SLE degli elementi di fondazione.

Il principio generale è che per ciascuno stato limite, dovrà essere verificata la seguente espressione:

$$R_d \geq E_d$$

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

Combinazione delle azioni

I carichi sono stati analizzati secondo le seguenti combinazioni, come da normativa, Cap. 2.5.3:

Combinazioni di carico considerate	
Combinazione	Condizione di carico
SLE (frequente)	$F_d = G_k + \varphi_{11} Q_k$
SLU	$F_d = G_k + \gamma_Q x Q_k$
SLU (Ultimo)	$F_d = \gamma_G x G_k + \gamma_Q x Q_k$

N [kN]	T [kN]	M _{xy} [kNm]	COMBINAZIONE
92442	4185	341740	SLE(frequente)
95772	6277	488421	SLU
124796	9415	493356	SLU (Ultimo)

Tabella 7 – Combinazioni di carico e relativi calcoli

Calcolo azioni sui pali

L'ipotesi di plinto di fondazione infinitamente rigido permette di trasferire totalmente sulle teste dei pali le azioni derivanti dalla sovrastruttura, incrementate dei carichi (favorevoli e/o sfavorevoli a seconda delle verifiche da realizzare) dovuti al peso proprio del plinto ed al terreno di ricoprimento.

Con la condizione più sfavorevole si è andati a calcolare il massimo carico agente su singolo palo del gruppo di pali di fondazione:

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

SLU Ultimo												
Id Palo	X _i	X _i ²	Y _i	Y _i ²	X _i Y _i	N	N° tot pali	l _x	l _y	l _{xy}	M _{sdl,TOT}	N _i
1	0,00	0,00	14,13	199,66	0,00	124796,18	16	1397,51	1796,82	0,00	531675,99	7799,76
2	5,40	29,16	13,05	170,30	70,47							9854,17
3	10,00	100,00	10,00	100,00	100,00							11604,22
4	13,05	170,30	5,40	29,16	70,47							12764,58
5	14,13	199,66	0,00	0,00	0,00							13175,46
6	13,05	170,30	-5,40	29,16	-70,47							12764,58
7	10,00	100,00	-10,00	100,00	-100,00							11604,22
8	5,40	29,16	-13,05	170,30	-70,47							9854,17
9	0,00	0,00	-14,13	199,66	0,00							7799,76
10	-5,40	29,16	-13,05	170,30	70,47							5745,35
11	-10,00	100,00	-10,00	100,00	100,00							3995,30
12	-13,05	170,30	-5,40	29,16	70,47							2834,94
13	0,00	0,00	-14,13	199,66	0,00							7799,76
14	-13,05	170,30	5,40	29,16	-70,47							2834,94
15	-10,00	100,00	10,00	100,00	-100,00							3995,30
16	-5,40	29,16	13,05	170,30	-70,47							5745,35

Tabella 8 – Calcolo distribuzione dei carichi sul gruppo di pali allo SLU ultimo

SLU												
Id Palo	X _i	X _i ²	Y _i	Y _i ²	X _i Y _i	N	N° tot pali	l _x	l _y	l _{xy}	M _{sdl,TOT}	N _i
1	0,00	0,00	14,13	199,66	0,00	95772,27	16	1397,51	1796,82	0,00	513967,85	5985,77
2	5,40	29,16	13,05	170,30	70,47							7971,75
3	10,00	100,00	10,00	100,00	100,00							9663,51
4	13,05	170,30	5,40	29,16	70,47							10785,23
5	14,13	199,66	0,00	0,00	0,00							11182,42
6	13,05	170,30	-5,40	29,16	-70,47							10785,23
7	10,00	100,00	-10,00	100,00	-100,00							9663,51
8	5,40	29,16	-13,05	170,30	-70,47							7971,75
9	0,00	0,00	-14,13	199,66	0,00							5985,77
10	-5,40	29,16	-13,05	170,30	70,47							3999,78
11	-10,00	100,00	-10,00	100,00	100,00							2308,02
12	-13,05	170,30	-5,40	29,16	70,47							1186,31
13	0,00	0,00	-14,13	199,66	0,00							5985,77
14	-13,05	170,30	5,40	29,16	-70,47							1186,31
15	-10,00	100,00	10,00	100,00	-100,00							2308,02
16	-5,40	29,16	13,05	170,30	-70,47							3999,78

Tabella 9 - Calcolo distribuzione dei carichi sul gruppo di pali allo SLU

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

SLE												
Id Palo	X _i	X _i ²	Y _i	Y _i ²	X _i Y _i	N	N° tot pali	I _x	I _y	I _{xy}	M _{scl,TOT}	N _i
1	0,00	0,00	14,13	199,66	0,00	92441,62	16	1397,51	1796,82	0,00	358771,57	5777,60
2	5,40	29,16	13,05	170,30	70,47							7163,90
3	10,00	100,00	10,00	100,00	100,00							8344,83
4	13,05	170,30	5,40	29,16	70,47							9127,83
5	14,13	199,66	0,00	0,00	0,00							9405,09
6	13,05	170,30	-5,40	29,16	-70,47							9127,83
7	10,00	100,00	-10,00	100,00	-100,00							8344,83
8	5,40	29,16	-13,05	170,30	-70,47							7163,90
9	0,00	0,00	-14,13	199,66	0,00							5777,60
10	-5,40	29,16	-13,05	170,30	70,47							4391,30
11	-10,00	100,00	-10,00	100,00	100,00							3210,38
12	-13,05	170,30	-5,40	29,16	70,47							2427,37
13	0,00	0,00	-14,13	199,66	0,00							5777,60
14	-13,05	170,30	5,40	29,16	-70,47							2427,37
15	-10,00	100,00	10,00	100,00	-100,00							3210,38
16	-5,40	29,16	13,05	170,30	-70,47							4391,30

Tabella 10 - Calcolo distribuzione dei carichi sul gruppo di pali allo SLE frequente

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

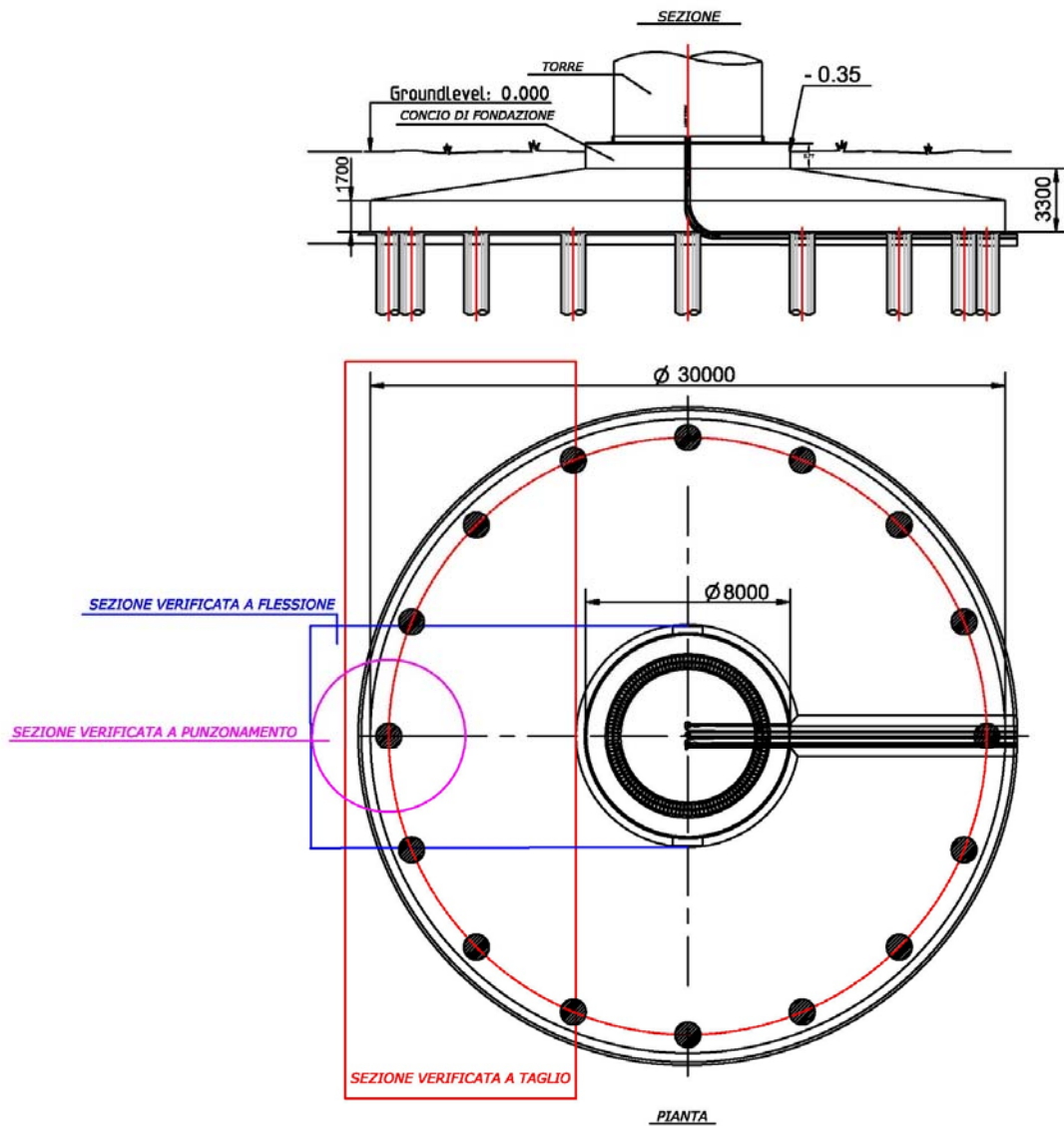


Figura 1 – Fondazione: pianta e sezione

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

Verifiche agli SLU

Si riportano di seguito le verifiche agli SLU della sezione in C.A. del plinto di fondazione:

Caratteristiche geometrico/strutturali della sezione

SEZIONE IN C.A. del PLINTO DI FONDAZIONE		
B	[cm]	100
H	[cm]	330
A _s	n°/m	10
	F [mm]	34
	d [cm]	6,5
	passo [cm]	10
A _s	n°/m	10
	F [mm]	36
	d [cm]	218,5
	passo [cm]	10
A _s	n°/m	10
	F [mm]	38
	d [cm]	223,5
	passo [cm]	10

Tabella 11 – Dati cls e acciaio in 1 metro lineare di fondazione

1) Verifica a Flessione:

Azioni di progetto

	M _{S,d}	
	[kNm]	[kNm/m]
Palo + Plinto + Terreno	171727	21466

Azioni Resistenti

M_{R,d}	24546 [kNm/m]
------------------------	----------------------

Verifica

$$M_{R,d} > M_{S,d}$$

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

2) Verifica a Taglio:

Azioni di progetto

	$V_{s,d}$	
	[kN]	[kN/m]
Pali + Plinto + Terreno	32523,99	1059,41

Azioni Resistenti

$V_{R,d}$	82495,16	[kN]
	6599.61	[kN/m]

Verifica

$$V_{R,d} > V_{s,d}$$

3) Verifica a Punzonamento:

Azioni di progetto

$V_{s,d}$	[MPa]	0,368
-----------	-------	--------------

Azioni Resistenti

U	m	28,5
β		1,4
D	m	1,76
$V_{r,d}$	[MPa]	0,37
$C_{rd,c}$	0,18 / g_c	0,12
K	$(1+200/d)^{,5}<2$	1,06
D	[mm]	1760
ρ_1	A_s/A_c	0,010317
b_w	[mm]	1000
$\sigma_{c,p}$	[Mpa]	0
$V_{R,d}$	[MPa]	0,484

Verifica

$$V_{R,d} > V_{s,d}$$

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

Verifiche agli SLE

Le verifiche agli SLE vengono condotte facendo riferimento, per le informazioni strutturali della sezione analizzata, a quanto già riportato nella Tabella 11 della sezione precedente, avente la geometria riportata in figura 1.

1) Verifica delle Tensioni di Esercizio:

Azioni di progetto

	$V_{E,d}$	
	[kN]	[kN/m]
Pali + Plinto + Terreno	10532,56	1316,57
$\sigma_{c,E}$	3,19	[MPa]
$\sigma_{s,E}$	47,88	[MPa]

Azioni resistenti

$\sigma_{c,R}$	0,45 · f_{ck}	11,25	MPa
$\sigma_{s,R}$	0,80 · f_{yk}	360	MPa

Verifica

$$\sigma_{c,R} > \sigma_{c,E}$$

$$\sigma_{s,R} > \sigma_{s,E}$$

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

2) Verifica di Apertura delle Fessure

La verifica è soddisfatta se il valore di apertura della fessure calcolato soddisfa la condizione:

$$w_1 \leq 0,2 \text{ mm}$$

Azioni di progetto

y_n	579	mm			
A_c	33000000	mm ²			
A_s	30599	mm ²			
σ_c	8,811	MPa			
σ_s	132,17	MPa			
h_{eff}	162,50	mm			$w_d = \epsilon_{sm} \cdot \Delta_{s,max}$
	820,43	mm			
	1650,00	mm			
$A_{c,eff}$	162500,00	mm ²			
α_e	6,67		ϵ_{sm}	0,00057082	
ρ_{eff}	0,19				
k_t	0,40	carico di lunga durata			
ϕ_{eq}	36,8	mm			$w_d = 0,10 \text{ mm}$
k_1	0,8	barre ad aderenza migliorata	$\Delta_{s,max}$ [mm]	169,2	
k_2	0,5	flessione			
k_3	3,4				
k_4	0,4				
c	40,0	copriferro in mm			

Azioni resistenti

La verifica è soddisfatta se il valore di apertura della fessure calcolato soddisfa la condizione:

$$w_1 \leq 0,2 \text{ mm}$$

Verifica

$w_1 > w_d$

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

Verifiche sui Pali

Seguendo quanto disposto dal capitolo 6.4.3.1 della norma vigente, sono state realizzate le seguenti verifiche di collasso per carico limite per azioni assiali sui pali di fondazione condotte secondo l'Approccio 2 (Combinazione A1+M1+R3) che prevede l'utilizzo di coefficienti amplificativi o riduttivi di calcolo da ricavare dalle tabelle 6.2.I, 6.2.II, 6.4.II e 6.4.VI, nelle colonne A1, M1, R3 rispettivamente. Da notare quanto riportato nella norma: "Nelle verifiche effettuate con l'approccio 2 che siano finalizzate al dimensionamento strutturale, il coefficiente γ_R non deve essere portato in conto."

Calcolo Portata del singolo Palo

La capacità portante dei pali viene calcolata analiticamente partendo dalla conoscenza dei dati ottenuti a seguito di indagini svolte sul terreno e i relativi parametri geotecnici ricavati e riportati nella relazione geologica.

Non si considerano diminuzioni della capacità portante del singolo palo per via delle particolari condizioni di carico che portano a sollecitazioni massime elementi disposti su uno degli ordini di conformazione del gruppo di pali, dove è possibile verificare un interasse tra singoli pali maggiore di 3 diametri.

Q_p	7455,01	kN
Φ_{palo}	1,2	m
L_{palo}	30	m
N_g^*	14,973518964	
L/D	25	
ϕ	30,00	
σ'_v	594,30	kPa
k	0,40	
μ	0,577	
s	137,247706	kPa
Q_{lat}	13497,70	kN
$Q_{R,d}$	20952,71	kN
$Q_{E,d}$	20803,77	kN

Verifica

$$Q_{R,d} > Q_{E,d}$$

CALCOLO PRELIMINARE
DELLE STRUTTURE IN C.A.O.

Stima dei cedimenti

Tramite calcoli analitici si realizza una stima dei cedimenti che dalla realizzazione degli elementi di progetto possono realizzarsi sul terreno in esame.

$w_{sing} = (Q \cdot d) / (\lambda \cdot Q_{lim}) =$		$d / (\lambda \cdot FS) =$	12	mm
$w_{gruppo} =$		$2 \cdot w_{sing} =$	25	mm
λ	40	Terreno Incoerente	Palo Trivellato	
	110	Terreno Coesivo		
d	1200	mm	diametro palo	
FS =	(A1 x M2 x R3) =	2,415	fattore di sicurezza	

Conclusioni

Il plinto di fondazione scelto in via preliminare, oggetto della presente relazione, è un elemento fondale su pali, in calcestruzzo gettato in opera, di forma circolare, composto da un plinto di base e un colletto superiore, nonché da n. 16 pali trivellati aventi diametro di 1.20 mt. e lunghezza di 30.00 mt.

Il plinto di base ha diametro di 30,00 m, con altezza minima (all'esterno) di 1,70 m e altezza massima (al centro) di 3,30 m. Il colletto superiore cilindrico avrà diametro di 8,00 m ed altezza 0,77 m.

Per il proporzionamento definitivo, si rimanda al futuro progetto esecutivo sia in ordine alla forma che della tipologia di fondazione.