



COMUNE DI DELICETO

PROVINCIA DI FOGGIA

Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituito da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole".

PROGETTO DEFINITIVO

**Calcoli preliminari delle strutture
Aerogeneratori e sistema di accumulo**

COD. ID.	JD9EAK1				
Livello prog.	Tipo documentazione		N. elaborato	Data	Scala
PD	Definitiva		4.2.11.1.1	02 / 2021	-

Nome file	
-----------	--

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	FEBBRAIO 2021	PRIMA EMISSIONE		FS	FS

COMMITTENTE:



SINERGIA EWR2 SRL

Centro direzionale snc, Is. G1
80143 Napoli (NA), Italia
P.IVA 09608101219

PROGETTAZIONE:

ING. FULVIO SCIA

Centro Direzionale snc, Is. G1
80143 Napoli (NA), Italia
email: ing.scia@gmail.com
tel: +39 3389055174

 SINERGIA Energy Green Power	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

INDICE

1. INFORMAZIONI INTRODUTTIVE.....	4
1.1. PREMESSA.....	4
1.2. RIFERIMENTI TECNICI E NORMATIVI.....	4
1.3. METODO DI VERIFICA DELLA SICUREZZA	4
Sicurezza strutturale	4
Sicurezza geotecnica.....	5
2. DESCRIZIONE DELLE OPERE.....	6
2.1. CARATTERISTICHE GENERALI.....	6
Aerogeneratori	6
Sistema di accumulo	7
2.2. PRESTAZIONI ATTESE E TIPOLOGIA STRUTTURALE	8
3. LOCALIZZAZIONE DEL SITO	8
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	9
5. CONDIZIONI DI CARICO	11
5.1. ANALISI PRELIMINARE DEI CARICHI - AEROGENERATORI.....	11
5.2. ANALISI PRELIMINARE DEI CARICHI – SISTEMA DI ACCUMULO.....	15
6. MATERIALI.....	16
6.1. CALCESTRUZZO.....	16
Parametri di progetto	16
Caratteristiche dei calcestruzzi.....	19
6.2. ACCIAIO ARMATURE	20
Caratteristiche acciaio armature	20
Prescrizioni di cantiere.....	21
6.3. RIEPILOGO MATERIALI	22
7. MODELLO STRUTTURALE.....	23
7.1. CRITERI DI MODELLAZIONE STRUTTURALE	23
Metodo agli elementi finiti	23
Condizioni al contorno.....	24
Soluzione.....	24
Informazioni sul codice di calcolo.....	25
8. DEFINIZIONE DEL MODELLO - AEROGENERATORI	26
9. RISULTATI DELL'ANALISI STRUTTURALE - AEROGENERATORI	30
9.1. RISULTATI PALI	30

 SINERGIA Energy Green Power	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

9.2. RISULTATI ELEMENTI TIPO SHELL - PLINTO	31
10. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE - AEROGENERATORI	33
10.1. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)	33
Verifica di equilibrio del corpo rigido	33
Verifica della capacità portante.....	33
10.2. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE).....	43
Calcolo dei cedimenti	43
11. VERIFICHE GEOTECNICHE SISTEMA DI ACCUMULO	47
11.1. VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE.....	47
11.2. ULTERIORI ASPETTI STRUTTURALI RELATIVI ALLE OPERE PREFABBRICATE.....	53
12. PIANO DI MANUTENZIONE DELLE STRUTTURE	54
12.1. MANUALE D'USO	54
12.2. MANUALE E PROGRAMMA DI MANUTENZIONE.....	54
Anomalie riscontrabili.....	54
Controlli e manutenzioni da effettuare	56

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

1. INFORMAZIONI INTRODUTTIVE

1.1. PREMESSA

La società SINERGIA EWR2 S.r.l. è promotrice del progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituito da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole".

Oggetto della presente relazione è la progettazione preliminare delle strutture a servizio degli aerogeneratori e del sistema di accumulo.

1.2. RIFERIMENTI TECNICI E NORMATIVI

Nel presente progetto strutturale viene fatto esplicito riferimento alla seguente documentazione tecnica e/o normativa:

- Verifiche strutturali e geotecniche:
 - IEC 61400-1 Third edition – Wind turbines, Part 1: Design requirements;
 - D.M. 17/01/2018 – Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" (nel seguito D.M. 17/01/2018);
 - Circolare n. 7 C.S.LL.PP. del 21/01/2019 – Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17/01/2018.
- Durabilità materiali:
 - UNI EN 206-1, 2006 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità;
 - UNI EN 197-1, 2001 - Cemento - Composizione, specifiche e criteri di conformità;
 - UNI EN 11104, 2004 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità. Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1;
 - UNI EN 1992-1-1 - Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- Stratigrafia, parametri geotecnici e geofisici del terreno di fondazione:
 - Relazione geologica a firma del dott. geol. Rocco Porsia.

1.3. METODO DI VERIFICA DELLA SICUREZZA

La sicurezza sarà valutata col metodo semiprobabilistico agli stati limite basato sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza (Rif.: D.M. 17/01/2018, punto 2.3). Tale metodo consiste nello svolgimento dei seguenti passaggi.

Sicurezza strutturale

- Si valutano i parametri descrittivi delle prestazioni attese, della tipologia strutturale e della macrozonazione e microzonazione dell'opera necessari alla definizione dei carichi di progetto da applicare alla stessa;
- Si valutano le resistenze caratteristiche X_k dei materiali strutturali caratterizzati da $prob(X < X_k) = 0.05$ e le relative resistenze di calcolo X_d ottenute riducendo le prime con opportuni coefficienti di sicurezza $X_d = \eta X_k / \gamma_M$.

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

- Si valutano le azioni caratteristiche F_k , caratterizzate da $prob(F > F_k) = 0.05$, in funzione di macrozonazione, microzonazione e tipologia strutturale, per ciascun caso di carico significativo.
- Amplificando le azioni caratteristiche con opportuni coefficienti di sicurezza $\gamma_F \geq 1$ e $\psi_F \leq 1$, si determinano le azioni di calcolo per ciascuna combinazione di carico strutturale significativa:

$$F_d = \gamma_F \psi_F F_k$$

- Utilizzando un modello strutturale (di dimensioni a_d e materiali X_d) validato dai metodi della Scienza delle Costruzioni, si determinano gli effetti $E_d = E(F_d, a_d)$ delle azioni di calcolo F_d scegliendo opportunamente metodi di analisi e modellazione strutturale correlati alle tipologie di azione e struttura.

Le dimensioni a_d e i materiali X_d della struttura sono accettabili se, per ciascuno stato limite strutturale significativo R, le relative azioni di calcolo F_d provocano effetti E_d inferiori alle resistenze di calcolo $R_d = R_k / \gamma_R$ ($\gamma_R \geq 1$):

$$E_d = E(\gamma_F \psi_F F_k, a_d) \leq R_d = \frac{1}{\gamma_R} \cdot R \left(\eta \frac{X_k}{\gamma_M}, a_d \right)$$

Nella precedente relazione si considerano le combinazioni di carico strutturali relative all'approccio 2 che prevede l'uso dei seguenti coefficienti parziali:

stati limite SLE: $\gamma_F = 1.00$

stati limite SLU tipo STR: $\gamma_F = A1$; $\gamma_M = M1$; $\gamma_R = R1$

stati limite SLU tipo EQU (equilibrio): $\gamma_F = EQU$; $\gamma_M = M2$; $\gamma_R = R1$

stati limite SLU tipo FAT: $\gamma_F = 1.00$ per i carichi permanenti; $\gamma_M = 1.00$

Sicurezza geotecnica

- Si descrivono i risultati delle indagini in sito e in laboratorio sul terreno di fondazione eseguiti in numero e profondità commisurate, rispettivamente, alla variabilità del terreno e all'estensione dell'opera; si valuta inoltre la stabilità dei versanti anche in funzione della morfologia del suolo e al regime delle acque;
- Dagli elaborati di "Relazione geologica" e "Relazione geotecnica" si attingono i valori delle resistenze caratteristiche X_k dei terreni di fondazione, caratterizzate da $prob(X < X_k) = 0.05$ e le relative resistenze di calcolo X_d ottenute riducendo le prime con opportuni coefficienti riduttori $\eta \leq 1$ (letteratura tecnica) e di sicurezza $\gamma_M \geq 1$:

$$X_d = \frac{\eta X_k}{\gamma_M}$$

- Si determinano le azioni di calcolo $F_d = \gamma_F \psi_F F_k$ per ciascuna combinazione di carico geotecnica significativa;
- Utilizzando un modello geotecnico (di dimensioni a_d e materiali X_d) validato dai metodi della Geotecnica, si determinano gli effetti $E_d = E(F_d, a_d)$ delle azioni di calcolo F_d scegliendo opportunamente metodi di analisi e modellazione strutturale correlati alle tipologie di azione e di terreno.



Le dimensioni a_d e i materiali X_d della struttura sono accettabili se, per ciascuno stato limite geotecnico significativo R, le relative azioni di calcolo F_d provochino effetti E_d inferiori alle resistenze di calcolo $R_d = R_k / \gamma_R$ ($\gamma_R \geq 1$):

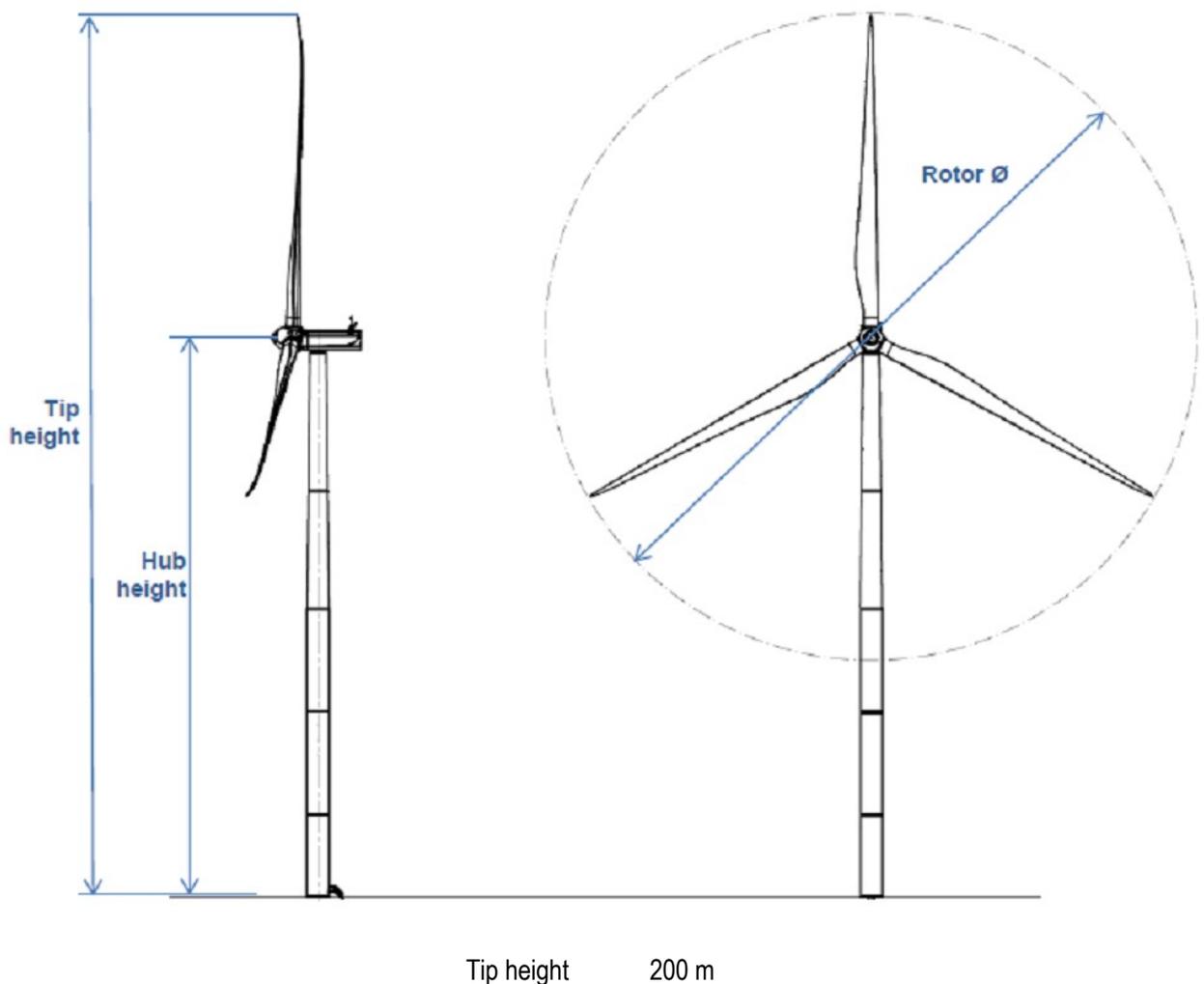
$$E_d = E(\gamma_F \psi_F F_k, a_d) \leq R_d = \frac{1}{\gamma_R} \cdot R \left(\eta \frac{X_k}{\gamma_M}, a_d \right)$$

2. DESCRIZIONE DELLE OPERE

2.1. CARATTERISTICHE GENERALI

Aerogeneratori

Il presente lavoro progettuale ha per oggetto le strutture di fondazione di un aerogeneratore tipo SG 6.0 – 170, potenza variabile da 6 a 6.2 MW, prodotto dalla Siemens Gamesa, di cui di seguito in maniera indicativa si riportano le dimensioni.



 <p>SINERGIA Energy Green Power</p>	<p>Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"</p>	<p>Febbraio 2021</p>
--	--	----------------------

Hub height	115 m
Rotor φ	170 m

La torre è ancorata alla struttura fondale mediante gabbia d'ancoraggio e tirafondi. La flangia di base della torre (flangia superiore della gabbia d'ancoraggio) è collegata dai tirafondi ad una piastra anulare annegata nel getto (flangia inferiore della gabbia d'ancoraggio).

La suddetta struttura di fondazione, quindi, è costituita da plinto su pali, realizzati in conglomerato cementizio armato gettato in opera.

Si sceglie per il plinto la forma tronco-conica in quanto questa consente l'uniformità delle sollecitazioni trasmesse alla fondazione al variare della direzione del vento e consente l'ottimizzazione dell'area di impronta con conseguente minori quantità di armature e di calcestruzzo da impiegare.

Il plinto si presenta circolare in pianta con diametro pari a 22 metri e altezza variabile da un minimo di 120 cm sul perimetro esterno ad un massimo di 300 cm nella zona centrale.

Il plinto presenta una cavità assiale non armata per consentire il posizionamento dei cavi di collegamento dell'aerogeneratore alla linea elettrica. Tale zona sarà priva di armature e, di conseguenza, considerata non strutturale.

La parte profonda della struttura fondale è costituita da n. 17 pali in c.a., trivellati, aventi diametro pari a 1 metro e lunghezza pari a 22 metri.

L'interasse i tra i pali è stato tenuto al minore valore possibile per contenere e distribuire le sollecitazioni, rispettando comunque la condizione $i > 3d$ (d =diametro) affinché l'influenza reciproca dei pali vicini non riduca la capacità portante dei pali stessi.

Note le forze trasmesse dalla torre alla sommità del plinto, nonché il peso della fondazione e del terreno di riporto, si ricavano le condizioni di carico all'interfaccia plinto-suolo.

La sicurezza a ribaltamento dell'intero sistema struttura-fondazione è garantita da un diametro sufficientemente grande del plinto di fondazione e dalla presenza dei pali disposti in vicinanza del bordo esterno, in corrispondenza delle zone ove occorre un maggiore supporto a sforzo normale verticale.

Il diametro, il numero e la profondità dei pali sono tali che le sollecitazioni trasmesse alla testa dei medesimi non comportino la rottura del terreno, la crisi della sezione del palo ed il punzonamento della platea di fondazione.

Sistema di accumulo

Il sistema di accumulo è sostanzialmente costituito da:

- n. 40 battery container (BC). Ogni container ha un banco batterie da 2,5 MWh per un'energia complessiva fornita pari a 100 MWh.
- n. 1 BESS auxiliary container
- n. 1 BESS main MV SW container
- n. 5 battery power convert (BPC). Ogni container ha una potenza di 5 MW, pari ad una potenza complessiva di 25 MW.

 SINERGIA Energy Green Power	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

Ognuna delle apparecchiature sopra riportate sarà alloggiata su una piastra di fondazione in c.a. avente dimensioni in pianta pari a 12,20 x 2,50 m e spessore pari a 30 cm.

2.2. PRESTAZIONI ATTESE E TIPOLOGIA STRUTTURALE

Proprietà della costruzione:

Tipo di costruzione	Ordinaria
Classe d'uso	IV
Vita nominale	$V_N = 50$ anni
Coefficiente d'uso	$C_U = 2.0$
Periodo di riferimento	$V_R = V_N * C_U = 100$ anni
Altezza mozzo	115 metri

La struttura possiede le seguenti caratteristiche:

- Struttura in elevazione

Materiale:	acciaio
Tipologia strutturale:	a mensola / pendolo inverso
Regolarità in pianta:	no
Regolarità in altezza:	no

- Struttura di fondazione

Tipologia geotecnica:	profonda (pali trivellati, grande diametro)
Tipologia strutturale:	plinto/platea su pali
Prof. piano di posa plinto:	2.70 m
Diametro plinto:	22.00 metri
Altezza massima plinto:	3.00 m
Diametro pali:	1.00 metro
Comportam. strutturale:	non dissipativo

3. LOCALIZZAZIONE DEL SITO

L'opera sarà ubicata nella seguente località:

Regione:	Puglia
Provincia:	Foggia
Comune:	Deliceto

Dal punto di vista cartografico, l'asse degli aerogeneratori (e quindi dei plinti di fondazione) è collocato alle seguenti coordinate in WGS 84-UTM 33N:

WTG	E	N
WTG1	536539.00	4563878.00
WTG2	537418.00	4563277.00
WTG3	538200.53	4562630.07
WTG4	539334.64	4562549.97
WTG5	540345.96	4562557.35
WTG6	538176.82	4561559.95

 SINERGIA Energy Green Power	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

WTG7	537275.37	4562079.46
WTG8	536255.02	4562328.80

Dal punto di vista catastale, l'asse dell'aerogeneratore ricade sulle seguenti particelle del Nuovo Catasto Terreni:

WTG	COMUNE	FOGLIO	PARTICELLA
WTG01	DELICETO	26	71
WTG02	DELICETO	41	257
WTG03	DELICETO	41	261
WTG03	DELICETO	41	264
WTG04	DELICETO	42	107
WTG05	DELICETO	42	74
WTG06	DELICETO	43	63
WTG07	DELICETO	41	223
WTG08 SIST. ACC.	DELICETO	39	202

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Di seguito si riporta una descrizione sintetica ma significativa dei litotipi individuati per le varie aree di intervento. Per maggiori dettagli di carattere geologico si faccia utile riferimento all'elaborato di Relazione geologica.

SITO DI INDAGINE	LITOLOGIA
AEROGENERATORE WTG1	Sabbie di colore giallo bruno con lenti ciottolose, localmente fossilifere e, saltuariamente, con livelli di argille grigie
AEROGENERATORE WTG2	Sabbie di colore giallo bruno con lenti ciottolose, localmente fossilifere e, saltuariamente, con livelli di argille grigie
AEROGENERATORE WTG3	Sabbie di colore giallo bruno con lenti ciottolose, localmente fossilifere e, saltuariamente, con livelli di argille grigie
AEROGENERATORE WTG4	Argille e argille marnose grigio azzurrognole, localmente sabbiose
AEROGENERATORE WTG5	Conglomerati poligenici con ciottoli di medie e grandi dimensioni a volte fortemente cementati e con intercalazioni di sabbie ed arenarie
AEROGENERATORE WTG6	Sabbie di colore giallo bruno con lenti ciottolose, localmente fossilifere e, saltuariamente, con livelli di argille grigie

 SINERGIA Energy Green Power	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

AEROGENERATORE WTG7	Conglomerati di base poligenici, fortemente cementati, con ciottoli costituiti in prevalenza da elementi di arenarie e di calcari marnosi ed a volte da ciottoli di rocce eruttive
AEROGENERATORE WTG8 E SISTEMA DI ACCUMULO	Calcari microgranulari biancastri o giallastri, calcareniti e brecciole calcaree di colore chiaro, calcari marnosi biancastri, marne ed argilloscisti bianco-giallastri, calcari pulverulenti organogeni (tipo "craie"), arenarie giallastre, livelli di puddinghe poligeniche ed orizzonti di diaspro rosato

E' stata eseguita un'indagine sismica con metodologia M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) per ogni sito di installazione.

Sulla base delle risultanze di tali indagini, di seguito si riporta la classificazione del sottosuolo per tutti i siti di installazione ai sensi della tabella n.3.2.II del D.M. 17 gennaio 2018. Per maggiori dettagli in merito alle risultanze delle prove MASW si faccia utile riferimento all'elaborato di Relazione geologica.

- WTG01 – VS,30 = 329 m/s - Categoria di suolo di fondazione C
- WTG02 – VS,30 = 256 m/s - Categoria di suolo di fondazione C
- WTG03 – VS,30 = 287 m/s - Categoria di suolo di fondazione C
- WTG04 – VS,30 = 322 m/s - Categoria di suolo di fondazione C
- WTG05 – VS,30 = 259 m/s - Categoria di suolo di fondazione C
- WTG06 – VS,30 = 298 m/s - Categoria di suolo di fondazione C
- WTG07 – VS,30 = 353 m/s - Categoria di suolo di fondazione C
- WTG08 e sistema di accumulo – VS,30 = 326 m/s - Categoria di suolo di fondazione C

Per questa fase preliminare, quindi, si assume quale categoria di sottosuolo la categoria C valida per tutti i siti di installazione.

Per ciò che attiene la classificazione delle condizioni topografiche secondo quanto previsto nella tabella 3.2.III delle NTC, poiché i siti di installazione sono ubicati in area pianeggiante o caratterizzata da lievi pendenze, l'area d'intervento può essere preliminarmente classificata come appartenente alla categoria 'T1'.

Così come individuati in Relazione geologica, di seguito si riportano i valori dei range di variazione dei parametri geotecnici delle formazioni affioranti nell'area di installazione di ciascun aerogeneratore e del sistema di accumulo.

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

PARAMETRI GEOTECNICI MEDI GENERALI DELLE FORMAZIONI AFFIORANTI NELL'AREA DI CIASCUN AEROGENERATORE			
WTG	Peso di volume naturale γ_n (kN/m³)	Angolo d'attrito interno ϕ' (°)	Coesione drenata c'(kPa)
WTG01 WTG02 WTG03 WTG05 WTG06 WTG07 WTG08 SISTEMA DI ACCUMULO	18,14 – 19,12	24 - 26	4,90 – 9,81
WTG04	18,14 – 19,12	18 - 20	9,81 – 14,71

Al fine di operare a vantaggio di sicurezza, per le calcolazioni si assumono gli estremi inferiori dei sopra riportati range di variazione dei parametri geotecnici. Tali valori così determinati si ritengono validi in questa fase di progettazione strutturale preliminare. In fase di progettazione esecutiva, quando tra l'altro la società proponente avrà accesso alle aree oggetto di intervento, sarà condotta accurata campagna di indagini geognostiche in sito.

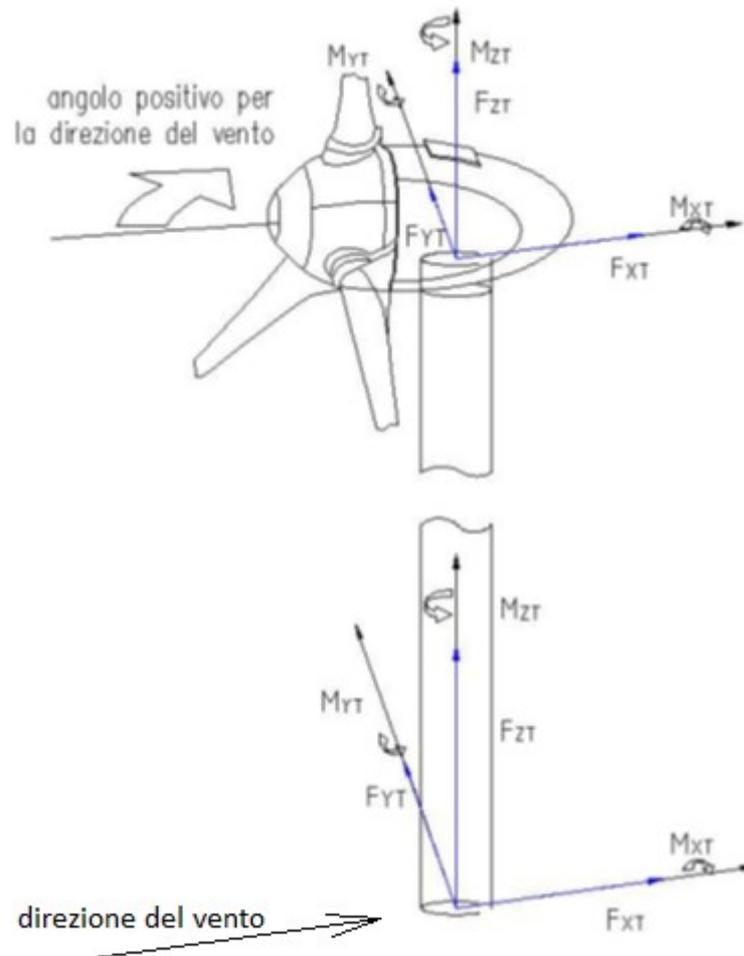
Le calcolazioni riportate nel prosieguo del presente elaborato sono state condotte considerando i seguenti valori dei parametri geotecnici:

- Peso di volume naturale 18,14
- Angolo d'attrito interno 18°
- Coesione drenata 4,90 kPa

5. CONDIZIONI DI CARICO

5.1. ANALISI PRELIMINARE DEI CARICHI - AEROGENERATORI

Per la definizione delle condizioni di carico che la torre genera sul plinto di fondazione, viene adottato un sistema di riferimento triassiale avente asse x concorde alla direzione e al verso del vento, asse y ortogonale ad esso nel piano della sezione trasversale della torre, asse z posto in coincidenza con l'asse della torre, con verso positivo verso l'alto.



Il peso proprio degli elementi strutturali in conglomerato cementizio armato costituenti la struttura di fondazione è calcolato automaticamente dal software di calcolo adoperato, considerando un peso per unità di volume di calcestruzzo armato pari a 25.00 kN/m³.

La pressione esercitata sul plinto di fondazione dal sovrastante terreno di riempimento è calcolata considerando un peso per unità di volume del suddetto terreno pari a 18.00 kN/m³.

Dall'analisi dei carichi agenti sulla struttura in elevazione si evincono le seguenti reazioni che il vincolo di base della torre imprime su di essa.



Comb.	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kN*m]	My [kN*m]	Mz [kN*m]
SLU 15	-831.9	0.0	4401.9	-0.7	-72466.0	-768.7
SLU 19	-193.2	0.0	5908.5	-0.8	-5612.8	-934.0
SLU 21	-323.1	0.0	5028.5	-5.5	-22648.8	-6153.4
SLU 22	-831.9	0.0	5218.5	-0.7	-72466.0	-768.7
SLE RA 4	-209.6	0.0	4481.9	-2.2	-11789.1	-2495.4
SLE RA 6	-174.9	0.0	4121.9	-4.3	-8493.7	-4810.5
SLE RA 7	-667.5	0.0	4191.9	-2.0	-59528.3	-2305.0
SLE FR 4	-127.8	0.0	4481.9	-2.2	-6600.6	-2495.4
SLE FR 6	-93.1	0.0	4121.9	-4.3	-3305.1	-4810.5
SLE FR 7	-585.7	0.0	4191.9	-2.0	-54339.8	-2305.0
SLE QP 4	-117.5	0.0	4481.9	-2.2	-5952.0	-2495.4
SLE QP 6	-82.8	0.0	4121.9	-4.3	-2656.6	-4810.5
SLE QP 7	-575.4	0.0	4191.9	-2.0	-53691.2	-2305.0

SLU 15	Comb. SLU	massimizza Fx e My con Fz min
SLU 19	Comb. SLU	massimizza Fz
SLU 21	Comb. SLU	massimizza Mz
SLU 22	Comb. SLU	massimizza Fx e My con Fz max
SLE RA 4	Comb. SLE rara	massimizza Fz
SLE RA 6	Comb. SLE rara	massimizza Mz
SLE RA 7	Comb. SLE rara	massimizza Fx e My
SLE FR 4	Comb. SLE freq.	massimizza Fz
SLE FR 6	Comb. SLE freq.	massimizza Mz
SLE FR 7	Comb. SLE freq.	massimizza Fx e My
SLE QP 4	Comb. SLE q. perm.	massimizza Fz
SLE QP 6	Comb. SLE q. perm.	massimizza Mz
SLE QP 7	Comb. SLE q. perm.	massimizza Fx e My

Di seguito si riportano i carichi che la torre imprime sulla struttura di fondazione per le combinazioni di carico più gravose, ottenuti invertendo il segno alle sopra riportate reazioni vincolari.

Tali carichi sono considerati applicati al centro della fondazione all'altezza della superficie di estradosso della stessa.



Comb.	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kN*m]	My [kN*m]	Mz [kN*m]
SLU 15	831.9	0.0	-4401.9	0.7	72466.0	768.7
SLU 19	193.2	0.0	-5908.5	0.8	5612.8	934.0
SLU 21	323.1	0.0	-5028.5	5.5	22648.8	6153.4
SLU 22	831.9	0.0	-5218.5	0.7	72466.0	768.7
SLE RA 4	209.6	0.0	-4481.9	2.2	11789.1	2495.4
SLE RA 6	174.9	0.0	-4121.9	4.3	8493.7	4810.5
SLE RA 7	667.5	0.0	-4191.9	2.0	59528.3	2305.0
SLE FR 4	127.8	0.0	-4481.9	2.2	6600.6	2495.4
SLE FR 6	93.1	0.0	-4121.9	4.3	3305.1	4810.5
SLE FR 7	585.7	0.0	-4191.9	2.0	54339.8	2305.0
SLE QP 4	117.5	0.0	-4481.9	2.2	5952.0	2495.4
SLE QP 6	82.8	0.0	-4121.9	4.3	2656.6	4810.5
SLE QP 7	575.4	0.0	-4191.9	2.0	53691.2	2305.0

La tabella che segue riporta in maniera completa le combinazioni di carico implementate nel software di calcolo.

Ad eccezione dei casi di carico "Peso proprio fond." e "Ricoprimento fond.", tutte le altre condizioni di carico sono già rappresentative dei valori di calcolo dei carichi (valori fattorizzati) quindi, tali casi di carico, nella successiva tabella sono riportati con fattore parziale di sicurezza pari a 1.00.



		CASI DI CARICO														
		Peso proprio fond.	Ricoprimento fond.	SLU 15	SLU 19	SLU 21	SLU 22	SLE RA 4	SLE RA 6	SLE RA 7	SLE FR 4	SLE FR 6	SLE FR 7	SLE QP 4	SLE QP 6	SLE QP 7
COMBINAZIONI DI CARICO	SLU (a)	1.30	1.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLU (b)	1.30	1.50	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLU (c)	1.30	1.50	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLU (d)	1.30	1.50	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLE RA (a)	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLE RA (b)	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLE RA (c)	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLE FR (a)	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLE FR (b)	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLE FR (c)	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
	SLE QP (a)	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
	SLE QP (b)	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
	SLE QP (c)	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

5.2. ANALISI PRELIMINARE DEI CARICHI – SISTEMA DI ACCUMULO

I carichi permanenti strutturali da utilizzare per le verifiche geotecniche hanno un'incidenza per unità di superficie pari a 40 kN/m².

Per quanto riguarda i carichi permanenti non strutturali, considerando la tipologia di apparecchiature che saranno allocate sulle piastre in c.a., si considera una incidenza pari a 60 kN/m².

Di seguito si riporta il calcolo del carico neve.

Zona Neve = II

Ce (coeff. di esposizione al vento) = 1,00

Valore caratteristico del carico al suolo = qsk Ce = 102 daN/mq

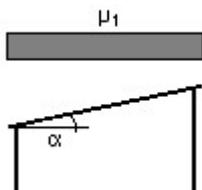
Copertura ad una falda:

Angolo di inclinazione della falda $\alpha = 0,0^\circ$

$\mu_1 = 0,80 \Rightarrow Q_1 = 81 \text{ daN/m}^2$

Schema di carico:

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------



6. MATERIALI

6.1. CALCESTRUZZO

Parametri di progetto

In questa fase vengono determinati i seguenti parametri prestazionali di base che costituiscono la prescrizione del calcestruzzo a prestazione garantita:

- Classe di esposizione;
- Classe di resistenza;
- Classe di consistenza;
- Diametro massimo dell'aggregato.

Essi sono riportati in maniera evidente sugli elaborati grafici allegati.

Al fine di garantire le previste caratteristiche prestazionali e di durabilità della costruzione in progetto durante l'intera vita d'uso della struttura stessa, di seguito si procede alla definizione, oltre che delle idonee prescrizioni sui materiali da impiegare, anche dei valori dei copriferro idonei a fronteggiare le aggressioni ambientali.

A quanto suddetto sarà dato seguito in aderenza ai seguenti riferimenti normativi:

- D.M. 17/01/2018 - punto 4.1 - punto 11.2.11;
- Circolare Ministeriale 21/01/2019 - punto C.4.1.6.1.3;
- UNI EN 206-1:2006 – “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- UNI 11104:2004 – “Istruzioni complementari per l'applicazione della UNI EN 206-1”;

Determinata la classe di appartenenza e la vita nominale dell'opera, si procederà di seguito alla definizione della tipologia di degrado che può verificarsi nei confronti del calcestruzzo armato. In questa fase saranno definiti l'ambiente di progetto, le sostanze aggressive presenti (nei confronti del calcestruzzo e dell'acciaio), e le misure progettuali per attenuare tali effetti. La UNI EN 11104:2004 associa le tipologie di degrado (degrado del calcestruzzo per cicli gelo-disgelo, corrosione delle barre di armatura innescato dai fenomeni di carbonatazione, ecc.) ai contesti ambientali (urbano, prossimità della costa, ecc.) e tramuta tutto in codificazioni standard definite “classi di esposizione ambientale”. In funzione delle classi di esposizione si possono ricavare le misure progettuali minime per garantire un materiale resistente al contesto d'uso. Ogni classe di esposizione può appartenere a tre possibili categorie (D.M. 17/01/2018, tab. 4.1.III): Condizioni ambientali ordinarie, aggressive, molto aggressive.

In definitiva, le norme UNI EN 11104:2004 e D.M. 17/01/2018 - punto 4.1, associano, rispettivamente, alla classe di esposizione e al tipo di struttura, la classe di resistenza minima da adoperare. Sarà adottata la maggiore delle due.

La lavorabilità dell'impasto viene garantita fornendo l'indicazione della classe di consistenza definita in funzione delle caratteristiche di ciascun getto (in verticale, inclinato, orizzontale, per spessori piccoli, medi, grossi, con finitura superficiale faccia a vista o grezza, etc.), e della conoscenza delle modalità di messa in opera del calcestruzzo

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

adottate in fase esecutiva. Ciò è dovuto al fine di garantire una adeguata lavorabilità del calcestruzzo evitando qualsiasi aggiunta d'acqua in cantiere deleteria per la durabilità.

Le dimensioni massime dell'aggregato sono definibili in funzione dello spessore del copriferro, dell'interferro minimo delle armature metalliche e della dimensione minima dell'elemento strutturale.

La dimensione massima dell'aggregato deve essere scelta in modo che il calcestruzzo possa essere gettato e compattato attorno alle barre d'armatura senza pericolo di segregazione del calcestruzzo.

Secondo quanto stabilito dal D.M. 17/01/2018 e dalla relativa Circolare esplicativa, in accordo anche con quanto stabilito dagli Eurocodici, il diametro massimo dell'inerte deve essere tale che:

- $D_{max} < 1/4$ della dimensione minima dell'elemento strutturale, per evitare di aumentare la eterogeneità del materiale;
- $D_{max} < \text{dell'interferro (in mm)} - 5 \text{ mm}$, per evitare che l'aggregato più grosso ostruisca il flusso del calcestruzzo attraverso i ferri di armatura;
- $D_{max} < 1,3$ dello spessore del copriferro, per evitare che tra i casseri e l'armatura sia ostruito il passaggio del calcestruzzo.

Il punto C.4.1.6.1.3 della Circolare Ministeriale del 21/01/2019 definisce il valore minimo del copriferro inteso come distanza minima tra la superficie dell'armatura più esterna e la faccia del calcestruzzo più prossima. Tale valore è funzione della classe di resistenza del calcestruzzo, dell'ambiente in cui è inserito, del tipo di elemento strutturale e barre di armatura e della tolleranza di posa. Il copriferro di seguito prescritto dovrà essere realizzato per mezzo di distanziatori in pasta di cemento fibrorinforzata.

PALI

Classe di resistenza (D.M. 17/01/2018 - punto 4.1)

Strutture	Semplicemente armate
Classe di resistenza minima	C16/20

Classe di esposizione (UNI EN 206-1:2006 - UNI 11104:2004)

Denominazione della classe	XC4
Descrizione dell'ambiente	Ciclicamente asciutto e bagnato
Classe di resistenza minima	C32/40

Classe di resistenza adottata C32/40

Classe di consistenza

Mediante abbassamento al cono di Abrams S4

Copriferro (C.M. 21/01/2019 - punto C.4.1.6.1.3)

Elemento strutturale	Pali di fondazione
Ambiente	Aggressivo
Tipo di armatura	Barre da c.a.
Copriferro minimo	35 mm
Tolleranza di esecuzione	10 mm
Copriferro minimo adottabile	45 mm

Copriferro adottato C = 75 mm

Il copriferro sarà realizzato con distanziatori in fibrocemento.

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

Diametro massimo degli inerti

Dmax = 32 mm

dove: $D_{max} = \min (\frac{1}{4} L ; i - 5 ; 1.3 C)$ con "L" dimensione minima dell'elemento strutturale [mm], "i" interfero minimo [mm], "C" copriferro [mm].

BASE PLINTO

Classe di resistenza (D.M. 17/01/2018 - punto 4.1)

Strutture	Semplicemente armate
Classe di resistenza minima	C16/20

Classe di esposizione (UNI EN 206-1:2006 - UNI 11104:2004)

Denominazione della classe	XC4
Descrizione dell'ambiente	Ciclicamente asciutto e bagnato
Classe di resistenza minima	C32/40

Classe di resistenza adottata C32/40

Classe di consistenza

Mediante abbassamento al cono di Abrams S5 per i primi 40 cm dal fondo plinto
S4 per la restante parte superiore

Copriferro (C.M. 21/01/2019 - punto C.4.1.6.1.3)

Elemento strutturale	Base plinto
Ambiente	Aggressivo
Tipo di armatura	Barre da c.a.
Copriferro minimo	35 mm
Tolleranza di esecuzione	10 mm
Copriferro minimo adottabile	45 mm

Copriferro adottato C = 60 mm

Il copriferro sarà realizzato con distanziatori in fibrocemento.

Diametro massimo degli inerti

Dmax = 20 mm

dove: $D_{max} = \min (\frac{1}{4} L ; i - 5 ; 1.3 C)$ con "L" dimensione minima dell'elemento strutturale [mm], "i" interfero minimo [mm], "C" copriferro [mm].

COLLO PLINTO

Classe di resistenza (D.M. 17/01/2018 - punto 4.1)

Strutture	Semplicemente armate
Classe di resistenza minima	C16/20

Classe di esposizione (UNI EN 206-1:2006 - UNI 11104:2004)

Denominazione della classe	XC4
Descrizione dell'ambiente	Ciclicamente asciutto e bagnato
Classe di resistenza minima	C32/40

Classe di resistenza adottata C45/55

 SINERGIA Energy Green Power	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

Classe di consistenza

Mediante abbassamento al cono di Abrams S5

Copriferro (C.M. 21/01/2019 - punto C.4.1.6.1.3)

Elemento strutturale	Collo plinto
Ambiente	Aggressivo
Tipo di armatura	Barre da c.a.
Copriferro minimo	35 mm
Tolleranza di esecuzione	10 mm
Copriferro minimo adottabile	45 mm

Copriferro adottato C = 60 mm

Il copriferro sarà realizzato con distanziatori in fibrocemento.

Diametro massimo degli inerti Dmax = 20 mm

dove: Dmax = min (¼ L ; i - 5 ; 1.3 C) con "L" dimensione minima dell'elemento strutturale [mm], "i" interferro minimo [mm], "C" copriferro [mm].

Caratteristiche dei calcestruzzi

C32/40

Classe di resistenza			<u>C32/40</u>
Resistenza caratteristica a compressione cubica	R_{ck}	[N/mm ²]	40,00
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	[N/mm ²]	33,20
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	[N/mm ²]	41,20
Coefficiente effetti di lungo termine	α_{cc}	[-]	0,85
Coeff. di sicurezza parziale	γ_c	[-]	1,50
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	[N/mm ²]	18,81
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3}$	[N/mm ²]	3,10
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} = 0.70 f_{ctm}$	[N/mm ²]	2,17
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	[N/mm ²]	1,45
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm}$	[N/mm ²]	3,72
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$	[N/mm ²]	33643
Coefficiente di Poisson	ν	[-]	0,2
Coefficiente di dilatazione termica	α_T	[°C ⁻¹]	0,00001
Coefficiente di viscosità	ϕ	[-]	1,70
Accorciamento ϵ_{c2}	ϵ_{c2}	[-]	0,00200
Accorciamento ϵ_{c3}	ϵ_{c3}	[-]	0,00175
Accorciamento ϵ_{c4}	ϵ_{c4}	[-]	0,00070
Accorciamento ϵ_{cu}	ϵ_{cu}	[-]	0,00350
Densità di massa	ρ	[kg/m ³]	240
Densità di peso	γ	[kN/m ³]	24

C45/55

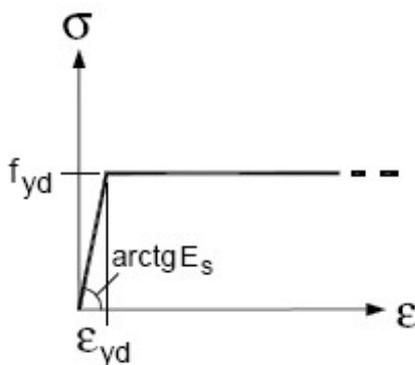
Classe di resistenza			<u>C45/55</u>
Resistenza caratteristica a compressione cubica	R_{ck}	[N/mm ²]	55,00



Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	[N/mm ²]	45,65
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	[N/mm ²]	53,65
Coefficiente effetti di lungo termine	α_{cc}	[-]	0,85
Coeff. di sicurezza parziale	γ_c	[-]	1,50
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	[N/mm ²]	25,87
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3}$	[N/mm ²]	3,83
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} = 0.70 f_{ctm}$	[N/mm ²]	2,68
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	[N/mm ²]	1,79
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctfm} = 1.2 f_{ctm}$	[N/mm ²]	4,60
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$	[N/mm ²]	36416
Coefficiente di Poisson	ν	[-]	0,2
Coefficiente di dilatazione termica	α_T	[°C ⁻¹]	0,00001
Coefficiente di viscosità	ϕ	[-]	1,70
Accorciamento ϵ_{c2}	ϵ_{c2}	[-]	0,00200
Accorciamento ϵ_{c3}	ϵ_{c3}	[-]	0,00175
Accorciamento ϵ_{c4}	ϵ_{c4}	[-]	0,00070
Accorciamento ϵ_{cu}	ϵ_{cu}	[-]	0,00350
Densità di massa	ρ	[kg/m ³]	240
Densità di peso	γ	[kN/m ³]	24

6.2. ACCIAIO ARMATURE

Caratteristiche acciaio armature



Legame costitutivo acciaio armature

Classe di resistenza			<u>B450C</u>
Resistenza caratteristica a trazione	f_{tk}	[N/mm ²]	540,00
Resistenza caratteristica a snervamento	f_{yk}	[N/mm ²]	450,00
Rapporto di sovrarresistenza	$k = f_{tk} / f_{yk}$	[-]	1,20
Allungamento uniforme al carico massimo	ϵ_{uk}	[-]	0,07500
Modulo elastico	E_s	[N/mm ²]	200000
Coefficiente di sicurezza parziale	γ_s	[-]	1,15
Resistenza di calcolo a snervamento	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	[N/mm ²]	391,30
Resistenza di calcolo a rottura	$k f_{yd}$	[N/mm ²]	469,57
Allungamento di calcolo a snervamento	$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$	[-]	0,00196

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

Allungamento di calcolo a rottura	$\epsilon_{ud} = 0.9 \epsilon_{uk}$	[-]	0,06750
Densità di massa	ρ	[kg/m ³]	785,00
Densità di peso	γ	[kN/m ³]	78,50

Prescrizioni di cantiere

Il diametro minimo di piegatura di una barra deve essere tale da evitare fessure nella barra e rottura del calcestruzzo all'interno della piegatura. A tale scopo, il diametro con cui piegare la barra (diametro del mandrino) non dovrà essere minore di un diametro minimo ammissibile pari a 4ϕ per $\phi \leq 16$ mm e a 7ϕ per $\phi > 16$ mm (UNI EN 1992-1-1:2005 - Eurocodice 2).

				
<i>valori m</i>		<i>valori M</i>		
Diametro barra ϕ		Valore del ricoprimento minimo c, normale al piano di piegatura		
$\phi \leq 16$ mm	$\phi > 16$ mm	$c > 100$ mm e $c > 7\phi$	$c > 50$ mm e $c > 3\phi$	$c \leq 50$ mm e $c \leq 3\phi$
4 ϕ	7 ϕ	10 ϕ	15 ϕ	20 ϕ

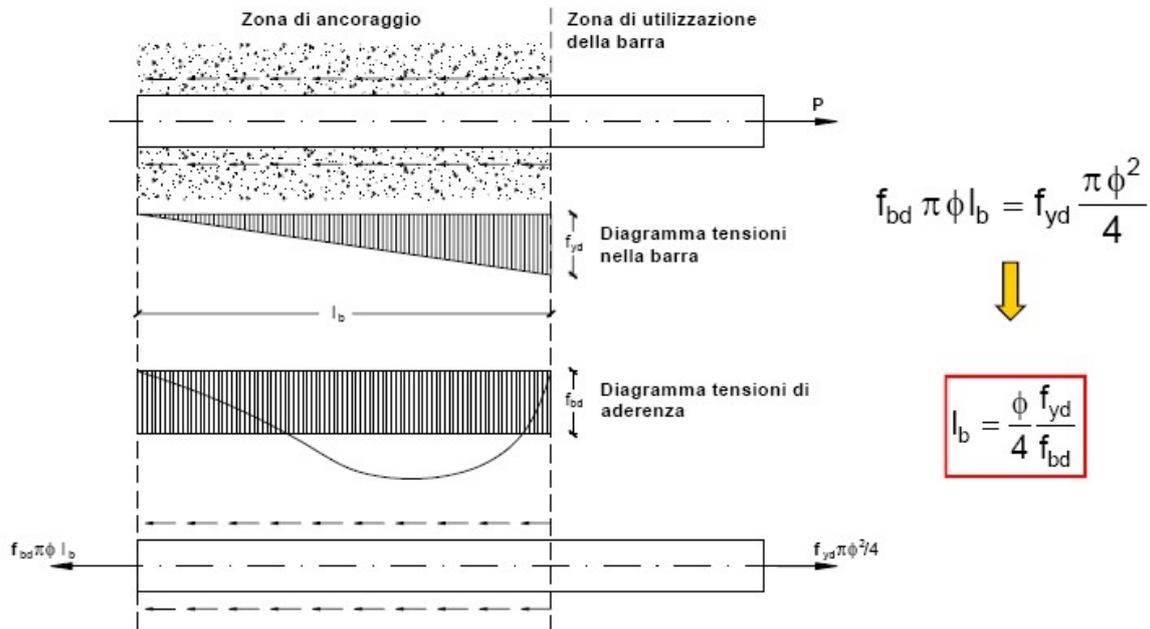
Di seguito si riportano i diametri dei mandrini da adoperare per la piegatura delle barre di armatura previste in progetto.

Si farà riferimento al mandrino piccolo "m" per le piegature a realizzare gomiti e uncini e mandrino grande "M" per le piegature a realizzare deviazioni e ancoraggi. Tali indicazioni sono riportate anche negli elaborati grafici progettuali.

Diametro barra	ϕ [mm]	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
D. mandr. piccolo	m [mm]	32	40	48	56	64	126	140	154	168	182	196	210	224
D. mandr. grande	M [mm]	160	200	240	280	320	360	400	440	480	520	560	600	640

La singola barra deve essere prolungata oltre l'estremità limite per la copertura dell'area minima necessaria ad assorbire le sollecitazioni, per un tratto pari alla lunghezza di ancoraggio. La lunghezza di ancoraggio deve essere non minore di 20ϕ con un minimo di 150 mm (D.M. 17/01/2018 - punto 4.1.2.3.10).

Per il caso in esame, la lunghezza di ancoraggio l_b , che deve essere tale da consentire il trasferimento della forza normale $P=f_{yd}(\pi\phi^2/4)$, è calcolata come segue:



dove $f_{bd}=f_{bk}/\gamma_c$ è la tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo e $f_{bk}=2.25\eta f_{ctk}$ è la resistenza tangenziale caratteristica di aderenza ($\eta=1$ per $\phi \leq 32$ mm).

Dal procedimento sopra esposto si deducono le seguenti lunghezze di ancoraggio (per ancoraggio senza piega):

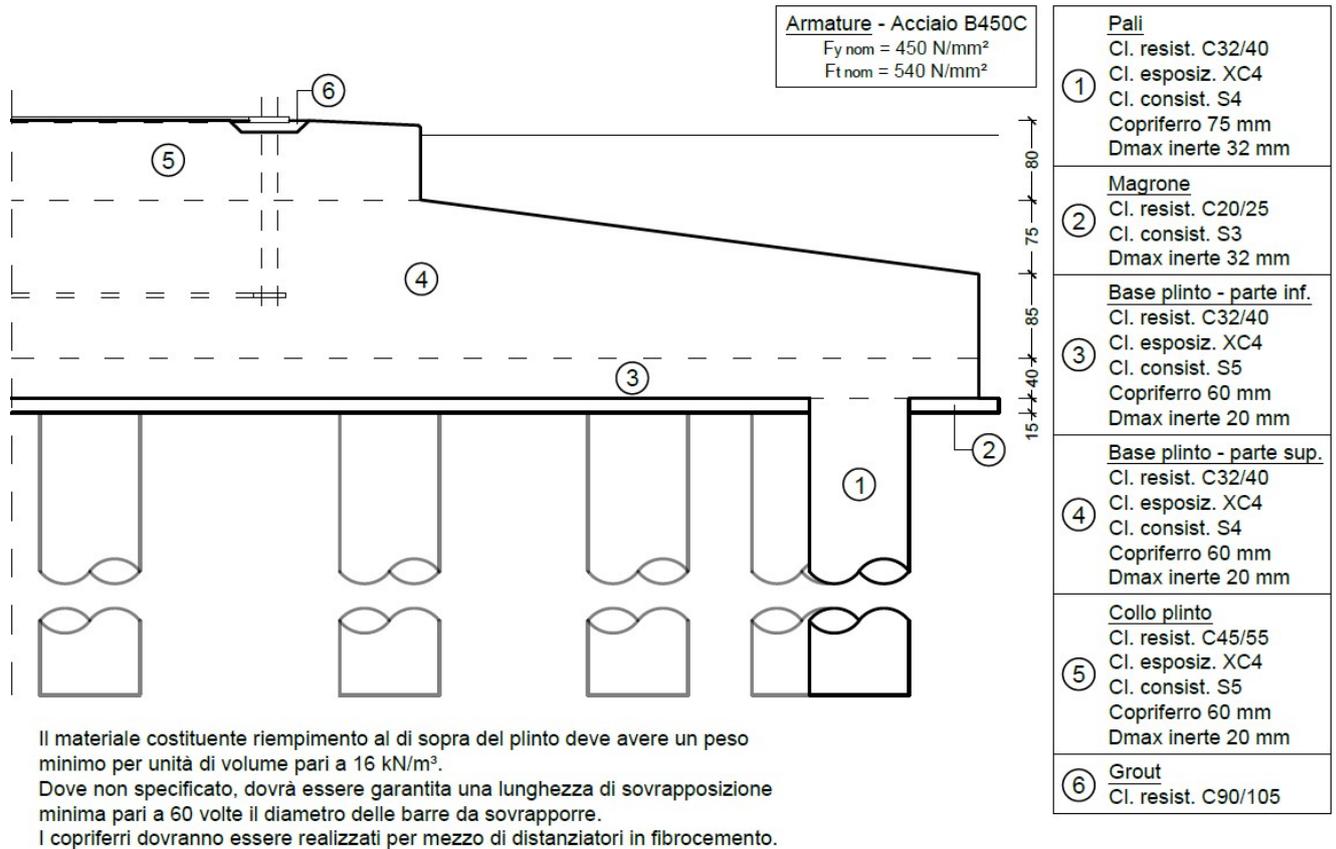
- base plinto (C32/40) $\rightarrow l_b = 30 \phi$;
- collo plinto (C45/55) $\rightarrow l_b = 25 \phi$.

La continuità tra le barre sarà effettuata mediante sovrapposizione. La sovrapposizione deve avere una lunghezza almeno tale da garantire l'ancoraggio di ciascuna barra. Tale lunghezza di sovrapposizione la si assume, in questa sede, almeno pari a 2 volte la lunghezza di ancoraggio l_b . La distanza mutua (interferro) nella sovrapposizione sarà minore o uguale a 4 volte il diametro delle barre sovrapposte.

6.3. RIEPILOGO MATERIALI

Si riepilogano di seguito, in forma tabellare, le principali caratteristiche e quantità dei materiali da adoperare per la realizzazione delle opere in progetto.

Il materiale costituente riempimento al di sopra del plinto deve avere un peso minimo per unità di volume pari a 16 kN/m³.



7. MODELLO STRUTTURALE

7.1. CRITERI DI MODELLAZIONE STRUTTURALE

Metodo agli elementi finiti

L'analisi strutturale viene effettuata con il Metodo degli Elementi Finiti (F.E.M.) in ambiente PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program della 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria S.r.l.

Tale metodo si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. Ciascuno degli elementi finiti utilizzati per costruire il modello della struttura è un corpo solido caratterizzato da un materiale definito dai seguenti parametri.

coefficiente di Poisson	ν [-]
modulo di Young tangenziale	G [daN/cm ²]
coefficiente di dilatazione termica	α [°K ⁻¹]
peso specifico	γ [daN/cm ³]
modulo di Young longitudinale	E [daN/cm ²]

e da m nodi ciascuno dei quali ha $g \leq 6$ gradi di libertà:

$$m = n^{\circ} \text{ nodi}$$

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

$g \leq 6 = n^\circ$ g.d.l. per nodo (3 traslazioni u_1, u_2, u_3 e 3 rotazioni $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$, ovvero 3 forze f_1, f_2, f_3 e 3 momenti m_1, m_2, m_3)

$n = m * g = n^\circ$ g.d.l. dell'elemento finito.

ed è definito dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale.

Per ogni elemento finito esiste una matrice $n * n$ di rigidezza $[K]_e$ che consente di definire il legame costitutivo dell'elemento finito tra il vettore delle forze $\{f\}_e$ e il vettore degli spostamenti $\{u\}_e$

$$[K]_e \{u\}_e = \{f\}_e \quad (I)$$

$$\{f\}_e = (\dots, f_1, f_2, f_3, m_1, m_2, m_3, \dots)$$

$$\{u\}_e = (\dots, u_1, u_2, u_3, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \dots)$$

Condizioni al contorno

Ogni elemento finito è sede di un sistema di spostamenti-deformazioni-tensioni indotto da tutte le azioni esterne (carichi), le azioni interne (trasmesse dagli altri elementi finiti) e le condizioni di vincolo.

Le 6 componenti di forza $f_x, f_y, f_z, m_x, m_y, m_z$, nei nodi comuni a più elementi sono pari alla somma delle componenti relative a tali elementi (equilibrio).

Le 6 componenti di spostamento nodale $u_x, u_y, u_z, \varphi_x, \varphi_y, \varphi_z$, nei nodi comuni a più elementi sono identiche (congruenza).

Soluzione

Dopo aver operato per ciascun elemento finito una trasformazione di spostamenti nodali, forze nodali e matrice di rigidezza, dalle coordinate locali (1,2,3) alle coordinate globali (x,y,z):

$$\{u\}_e \rightarrow \{u\}_e^* = \{\dots, u_x, u_y, u_z, \varphi_x, \varphi_y, \varphi_z\}$$

$$\{f\}_e \rightarrow \{f\}_e^* = \{\dots, f_x, f_y, f_z, m_x, m_y, m_z, \dots\}$$

$$[K]_e \rightarrow [K]_e^*,$$

le relazioni (I) diventano:

$$[K]_e^* \{u\}_e^* = \{f\}_e^*$$

e possono essere assemblate in un'unica equazione matriciale del tipo:

$$[K]\{u\} = \{f\} \Rightarrow \{u\} = [K]^{-1} \{f\} \quad (II)$$

che definisce il legame costitutivo della struttura forze nodali $\{f\}$ – spostamenti nodali $\{u\}$ nel riferimento globale (x,y,z).

 <p>SINERGIA Energy Green Power</p>	<p>Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"</p>	<p>Febbraio 2021</p>
--	--	----------------------

Secondo il Metodo degli Spostamenti, le incognite del problema sono le componenti di spostamento dei nodi del vettore $\{u\}$ nel sistema di riferimento globale. La soluzione del problema si ottiene risolvendo il sistema di equazioni algebriche lineari (II) i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura $\{f\}$ opportunamente concentrati ai nodi:

- 1) determinazione degli spostamenti nodali $\{u\}$ della struttura risolvendo la relazione (II), ovvero degli spostamenti $u_x, u_y, u_z, \varphi_x, \varphi_y, \varphi_z$ di ogni nodo;
- 2) per trasformazione di coordinate, si risale alle componenti di spostamento locale $(u_1, u_2, u_3, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3)$ dei nodi e quindi al vettore $\{u\}_e$ di ciascun elemento finito;
- 3) dagli spostamenti $\{u\}_e$, utilizzando il legame costitutivo dell'elemento finito (I) si risale alle forze nodali $\{f\}_e$, da cui è possibile dedurre sollecitazioni, deformazioni e tensioni dell'elemento, riferite alla terna locale (1, 2, 3) dell'elemento stesso.

Informazioni sul codice di calcolo

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo:

produttore: 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria S.r.l., Ferrara
 nome: PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
 versione: PROFESSIONAL
 codice utente: 001757/cli
 nome utente: Massimo Magnotta
 codice licenza: dsi3641
 numero seriale: H622163X84664H4

Affidabilità dei codici utilizzati:

2S.I. ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link:
<http://www.2si.it/Software/Affidabilità.htm>

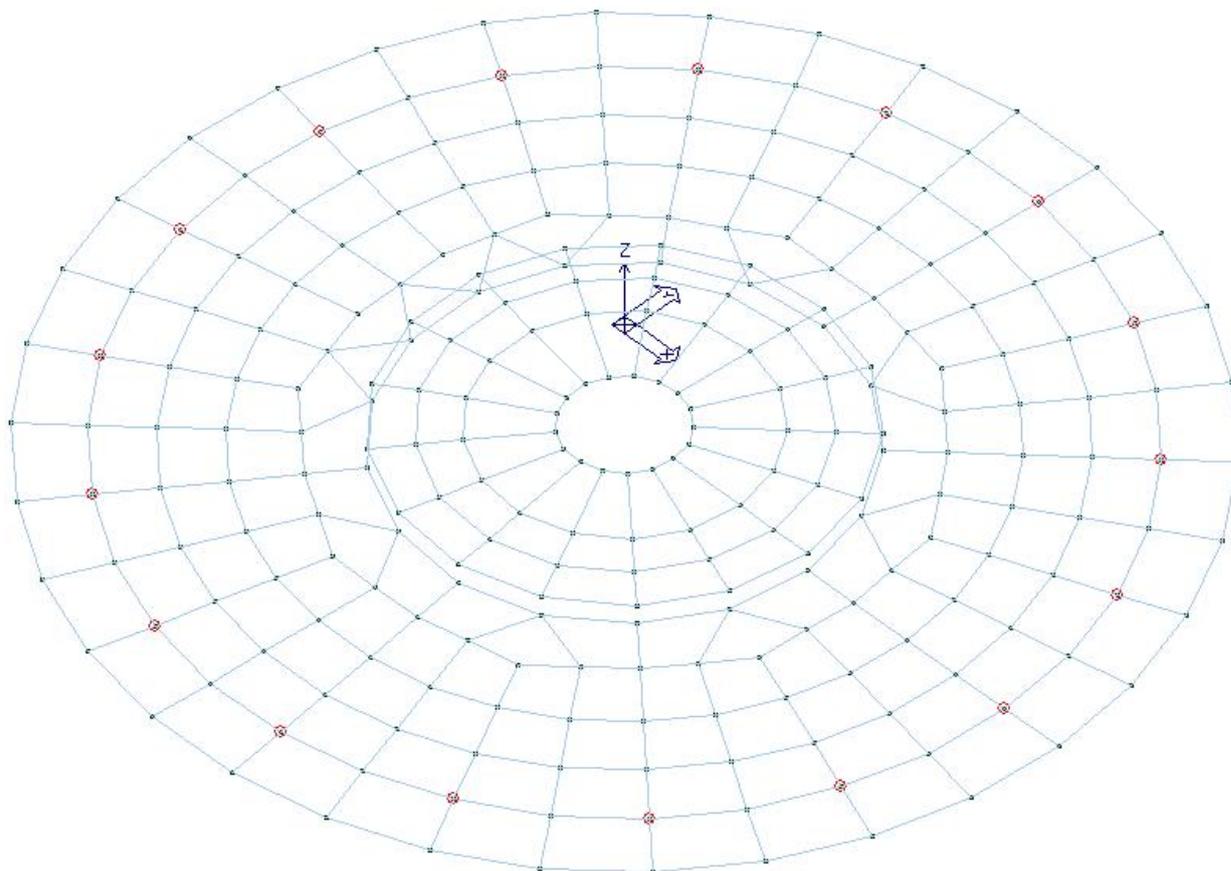
Informazioni generali sull'elaborazione e giudizio motivato di accettabilità dei risultati:

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi. Si può pertanto asserire che l'elaborazione sia corretta e completa. I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo proporzionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.



8. DEFINIZIONE DEL MODELLO - AEROGENERATORI

Il modello strutturale agli elementi finiti, di cui di seguito si riportano delle immagini, è stato concepito mirando ad ottenere per quanto più possibile l'aderenza alla realtà.



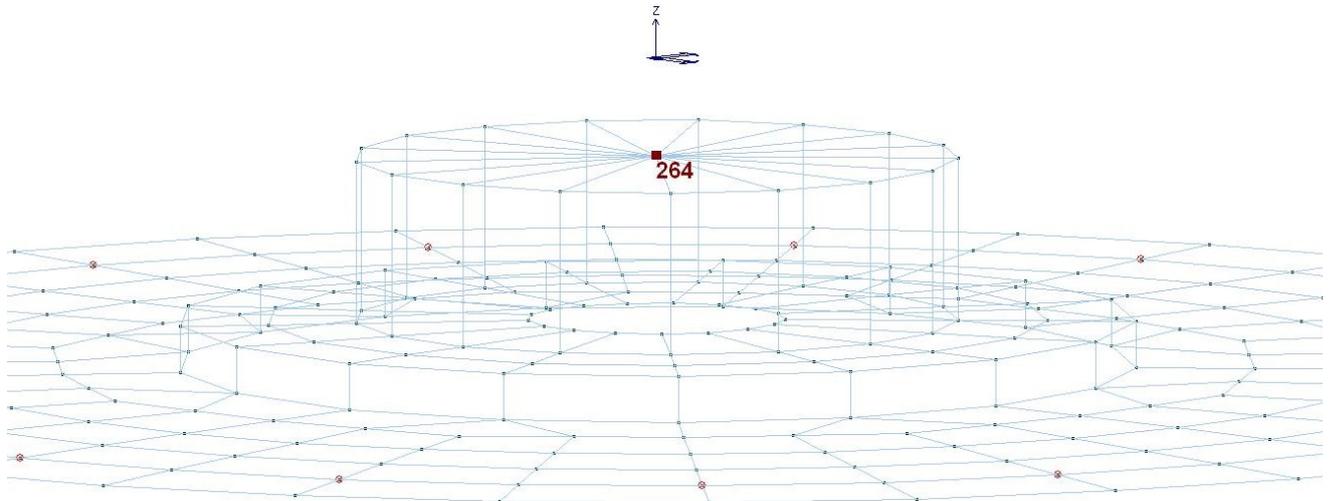
Modello F.E.M. – Vista assonometrica

Il plinto circolare a spessore variabile è stato modellato per mezzo di elementi shell su molle alla winkler, in 8 corone circolari concentriche con diametro variabile.

Gli elementi guscio costituenti il plinto sono stati concepiti sul piano medio del plinto reale e traslati verticalmente verso il basso per garantire il loro posizionamento sul reale piano di posa della fondazione al fine di garantire la correttezza del calcolo dei parametri relativi all'interazione col terreno.

Le sollecitazioni sono applicate nel baricentro della sezione di base della torre. Tali azioni devono essere trasmesse integralmente lungo la circonferenza di base della torre. La necessità di trasmettere integralmente tali sollecitazioni ha reso necessario l'uso di elementi guscio privi di peso ed infinitamente rigidi, ovvero caratterizzati da modulo di Young E adeguatamente maggiore dello stesso parametro degli elementi collegati.

A tal proposito, le azioni alla base della torre sono applicate in un nodo coincidente con il centro di un "disco" infinitamente rigido che, assieme al cilindro sottostante, funge da ripartitore degli sforzi sul plinto lungo una circonferenza che rappresenta l'ingombro di base della torre.



Modello F.E.M. – Sistema di applicazione dei carichi

Con riferimento alla zona di passaggio dal collo del plinto alla restante parte con spessore minore, le sollecitazioni interne devono potersi trasmettere mutuamente malgrado i relativi piani medi siano disposti a quote diverse. In corrispondenza di tale brusca variazione di spessore i gusci sono collegati da un cilindro modellato con elementi guscio il cui materiale ha le stesse proprietà di quello utilizzato per la "base della torre", tali da poter essere considerato rigido e privo di peso.

Le costanti di Winkler delle molle verticali k_v e orizzontali k_h sono state ricavate come rapporto tra l'incremento di pressione sul suolo rispetto alla geostatica (calcolata alla Boussinesq) e il cedimento corrispondente (nell'ipotesi di strato deformabile fino alla profondità definita):

$$k_v = \frac{\Delta\sigma_v}{w_{ed}} \quad k_h = \frac{\Delta\tau}{w_h}$$

Esse hanno variabilità radiale, cioè risultano costanti per ciascuna delle corone circolari.

La palificata ipotizzata è caratterizzata da 17 pali trivellati di grande diametro realizzati in conglomerato cementizio armato, aventi diametro pari a 1 metro e lunghezza pari a 22 metri per tutte le fondazioni in progetto.

I pali sono disposti ad interasse $i = 3,12 \text{ m} > 3 d_{palo}$. L'elemento finito utilizzato è la trave su molle.

- Molle orizzontali (Chiarugi – Maia):

$$k_h = \frac{E_{ed}}{d(1-\nu_s^2)} \sqrt[3]{\frac{E_{ed} d^4}{E_p I_p}} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{z}{d}\right)$$

in cui:

- d diametro palo;
- I_p momento d'inerzia sezione trasversale palo;
- E_p modulo di Young palo;
- E_{ed} modulo edometrico terreno;
- ν_s coefficiente di Poisson terreno;
- z profondità dalla sommità del palo.



- Molle verticali:

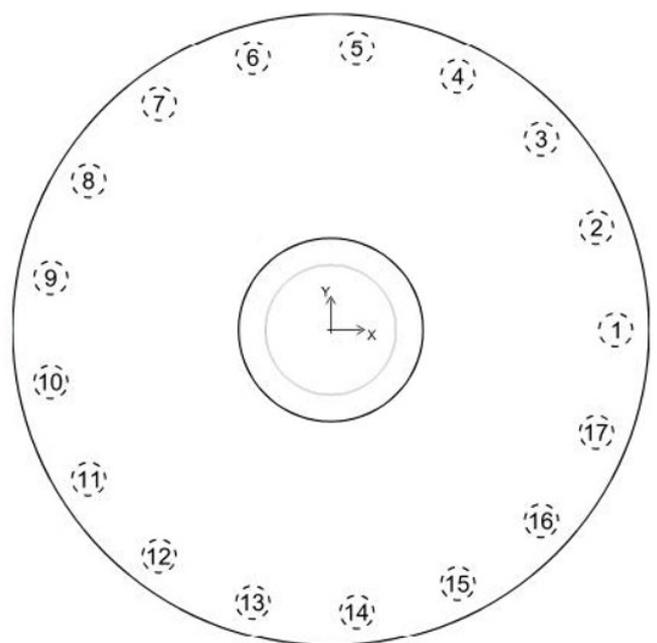
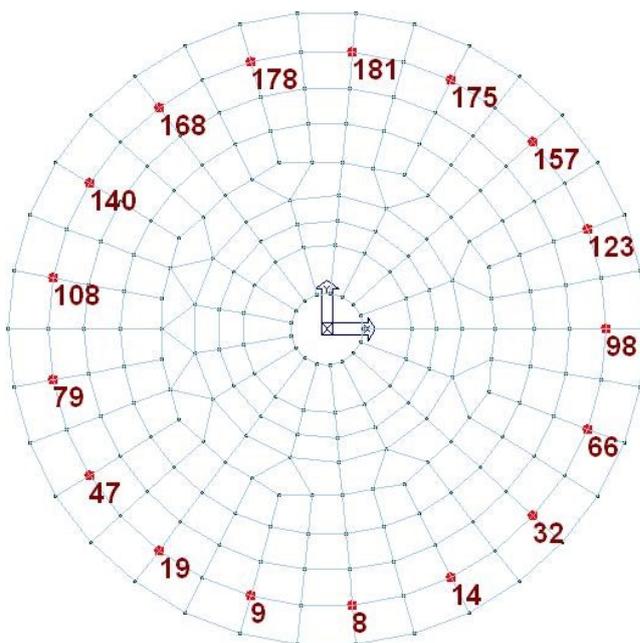
$$K_{v,p} = \frac{Q_p}{w_{tot}} \quad K_{v,i} = \frac{Q_{l,i}}{S_{l,i} \cdot W_{tot}} \quad (\text{operazione da farsi per ogni strato omogeneo})$$

in cui:

- $k_{v,p}$ cost. winkler verticale alla punta;
- $k_{v,i}$ cost. winkler verticale lungo il fusto del palo allo strati i-esimo;
- Q_p carico limite alla punta;
- $Q_{l,i}$ carico limite laterale riferito allo strato i-esimo;
- $S_{l,i} = d \cdot \pi L_i$ superficie laterale del palo allo strato i-esimo;
- w_{tot} cedimento totale palo.

Le teste dei pali corrispondono ai seguenti nodi del modello agli elementi finiti. (Da tenere in conto anche per la lettura dei tabulati di calcolo).

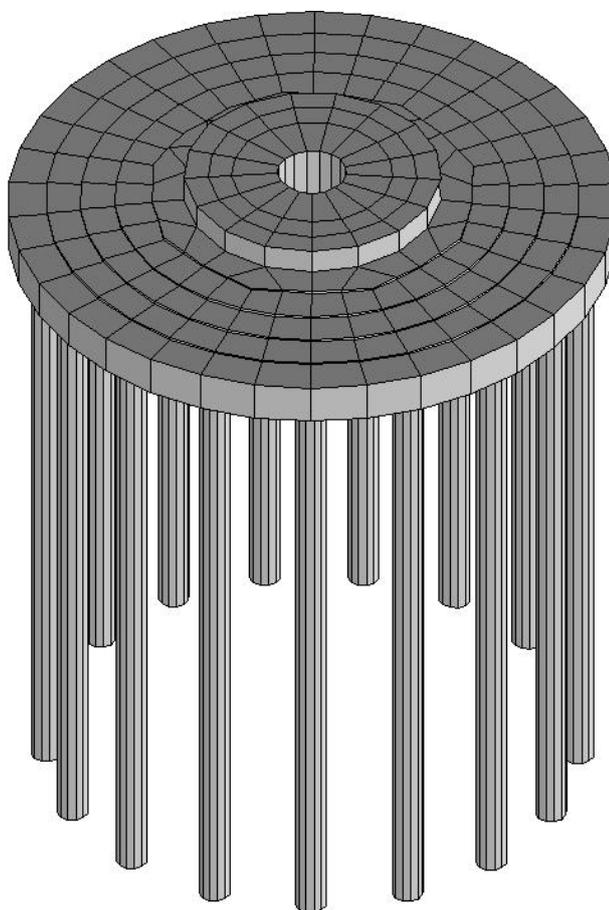
- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| testa palo 1 → nodo 98 | testa palo 10 → nodo 79 |
| testa palo 2 → nodo 123 | testa palo 11 → nodo 47 |
| testa palo 3 → nodo 157 | testa palo 12 → nodo 19 |
| testa palo 4 → nodo 175 | testa palo 13 → nodo 9 |
| testa palo 5 → nodo 181 | testa palo 14 → nodo 8 |
| testa palo 6 → nodo 178 | testa palo 15 → nodo 14 |
| testa palo 7 → nodo 168 | testa palo 16 → nodo 32 |
| testa palo 8 → nodo 140 | testa palo 17 → nodo 66 |
| testa palo 9 → nodo 108 | |





Modello F.E.M. – Pali

Di seguito si riporta una illustrazione del modello F.E.M. mediante rappresentazione solida.



Modello F.E.M. – Vista 3D

Di seguito si riportano in forma sintetica i dati generali relativi al modello di calcolo agli elementi finiti.

- Modellazione della geometria e proprietà meccaniche:

nodi	273
elementi D2 (per aste, travi, pilastri...)	0
elementi D3 (per pareti, platee, gusci...)	265
elementi solaio	0
elementi solidi	0
<u>- Dimensione del modello strutturale [cm]:</u>	
X min =	-970.00
Xmax =	970.00
Ymin =	-965.86
Ymax =	965.86

- Strutture verticali:

Elementi di tipo asta	NO
Pilastri	NO
Pareti	SI
Setti (a comportamento membranale)	NO

- Strutture non verticali:

Elementi di tipo asta	NO
Travi	NO
Gusci	SI
Membrane	NO

- Orizzontamenti:

Zmin =	-265.00	Solai con la proprietà piano rigido	NO
Zmax =	-85.50	Solai senza la proprietà piano rigido	NO
<i>- Tipo di vincoli:</i>			
		Nodi vincolati rigidamente	NO
		Nodi vincolati elasticamente	NO
		Nodi con isolatori sismici	NO
		Fondazioni puntuali (plinti/plinti su palo)	SI
		Fondazioni di tipo trave	NO
		Fondazioni di tipo platea	NO
		Fondazioni con elementi solidi	NO

9. RISULTATI DELL'ANALISI STRUTTURALE - AEROGENERATORI

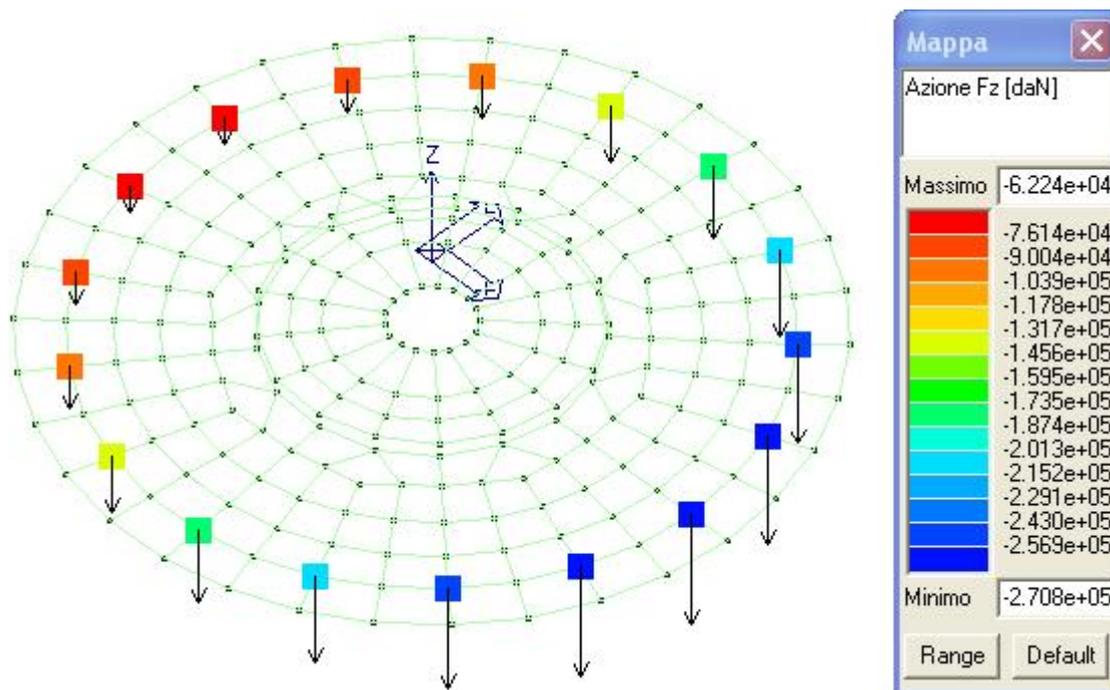
9.1. RISULTATI PALI

Per le verifiche geotecniche, a vantaggio di sicurezza si considera il solo apporto dei pali, trascurando completamente il contributo del plinto. I seguenti risultati relativi ai pali di fondazione, quindi, rinvengono dalla suddetta configurazione.

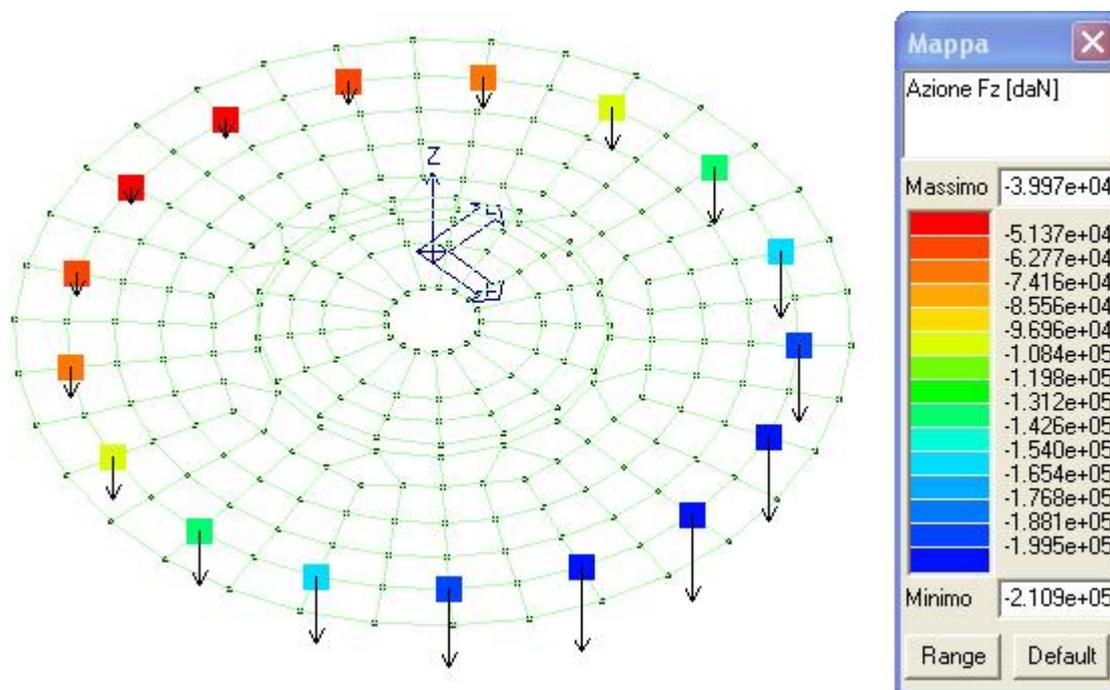
Il controllo dei risultati delle analisi condotte, per quanto concerne gli elementi pali di fondazione, è possibile in relazione alle sottoriportate mappe di colore rappresentative degli stati di sollecitazione.

Nelle immagini che seguono, ad ogni elemento palo corrisponde una rappresentazione cromatica a cui è associata una legenda che riporta i valori numerici delle azioni.

Di seguito si riportano alcune mappe di colore rappresentative delle massime azioni di sforzo normale che il plinto imprime sui pali nelle condizioni peggiorative agli SLU ed agli SLE.



Mappa cromatica delle massime azioni di sforzo normale sui pali – Combinazione 4) SLU (d)



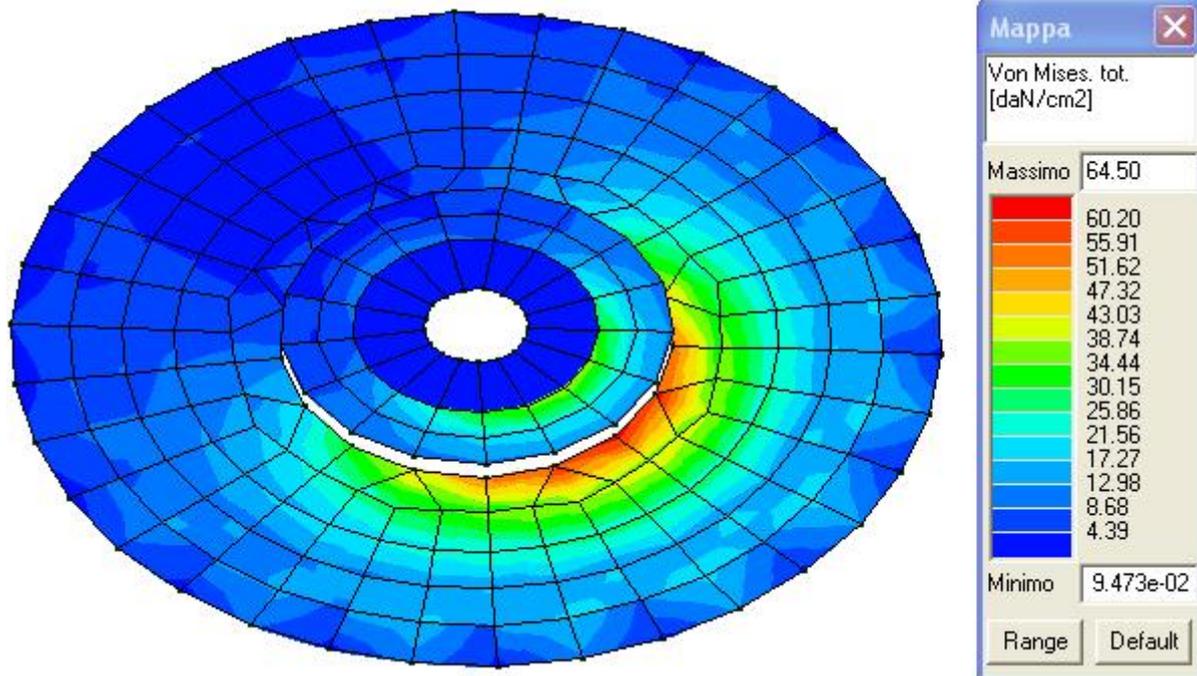
Mappa cromatica delle massime azioni di sforzo normale sui pali – Combinazione 7) SLE RA (c)

9.2. RISULTATI ELEMENTI TIPO SHELL - PLINTO

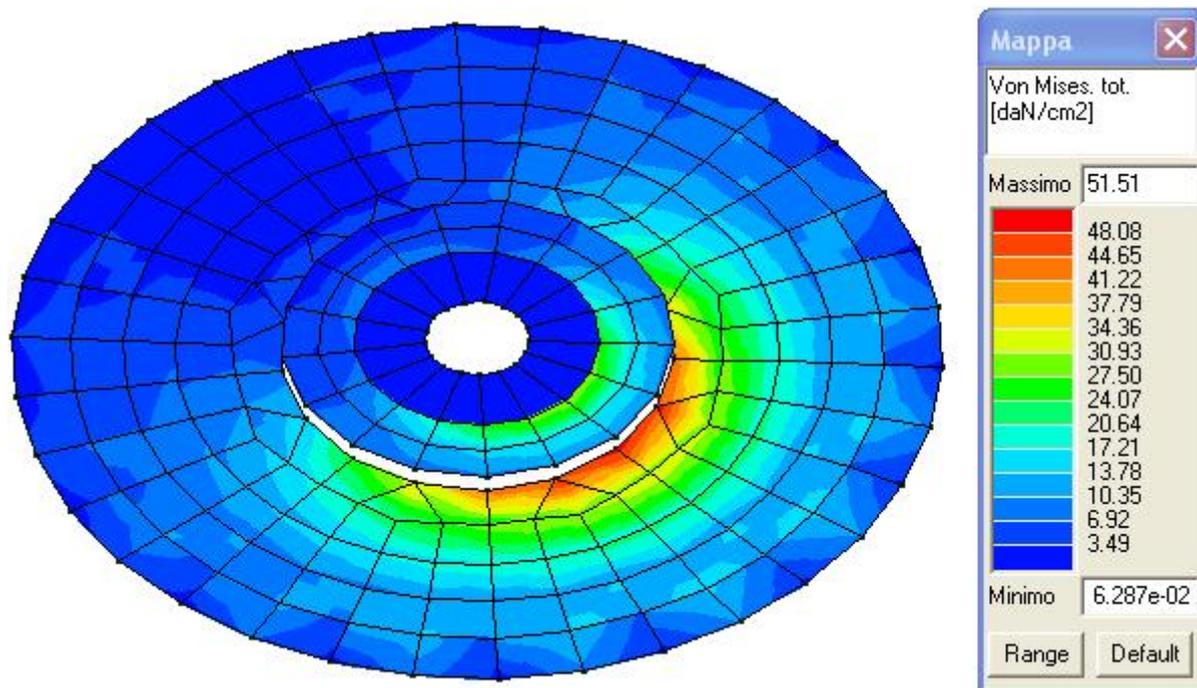
Il controllo dei risultati delle analisi condotte, per quanto concerne gli elementi tipo shell costituenti il plinto di fondazione, è possibile in relazione alle sottoriportate mappe di colore rappresentative degli stati tensionali.

Nelle immagini che seguono, ad ogni elemento corrisponde una rappresentazione cromatica a cui è associata una legenda che riporta i valori numerici delle tensioni.

Di seguito si riportano alcune mappe di colore rappresentative delle tensioni totali (membrana + flessione) ottenute mediante la formulazione di Von Mises per le combinazioni di carico SLU e SLE che massimizzano gli effetti delle azioni.



Mappe cromatiche delle tensioni totali (membrana + flessione) ottenute mediante la formulazione di Von Mises –
Combinazione 4) SLU (d)



Mappe cromatiche delle tensioni totali (membrana + flessione) ottenute mediante la formulazione di Von Mises –
Combinazione 7) SLE RA (c)

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

10. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE - AEROGENERATORI

10.1. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

Verifica di equilibrio del corpo rigido

Di seguito si riportano le risultanze della verifica di equilibrio del corpo rigido torre-fondazione ipotizzando, a vantaggio di sicurezza, la fondazione in assenza dei pali.

Dal riepilogo dei carichi trasmessi dalla torre alla fondazione si evince che la condizione di carico peggiorativa per il tipo di verifica in oggetto è la SLU 15 che riporta i seguenti valori di progetto dei carichi.

CDC	Fz [kN]	Fx [kN]	My [kN*m]
SLU 15	-4 401.9	831.9	72 466.0

I suddetti carichi sono applicati sulla superficie superiore del collo del plinto.

Il plinto ha un peso proprio pari a $P_{\text{pl.}} = V_{\text{pl.}} \cdot \gamma_{\text{c.a.}} = 600 \text{ m}^3 \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 15000 \text{ kN}$, dove $V_{\text{pl.}}$ è il volume del plinto pari a 600 m^3 e $\gamma_{\text{c.a.}}$ è il peso specifico del c.a. pari a 25 kN/m^3 .

A vantaggio di sicurezza, si trascura il contributo stabilizzante dato dal terreno di ricoprimento del plinto in quanto questo si caratterizza come carico permanente non strutturale. Nell'ottica di operare a vantaggio di sicurezza si trascura, inoltre, il contributo stabilizzante dato dalla sollecitazione Fz.

I carichi Fx e My riferiti alla sopra riportata condizione di carico SLU 15, a vantaggio di sicurezza sono stati ipotizzati non fattorizzati. Tali valori, quindi, considerati come valori caratteristici, assieme al peso proprio del plinto sono stati combinati con i fattori parziali di sicurezza di cui alla colonna EQU della Tabella 2.6.I delle NTC 2018.

$$F_x = 831.9 \text{ kN} \cdot 1.5 = 1247.9 \text{ kN}$$

$$M_y = 72466.0 \text{ kNm} \cdot 1.5 = 108699.0 \text{ kNm}$$

$$P_{\text{pl.}} = 15000.0 \text{ kN} \cdot 0.9 = 13500.0 \text{ kN}$$

Di seguito si riporta il valore dei bracci delle suddette forze rispetto al punto all'estremo laterale inferiore della sezione del plinto, rispetto al quale si conduce la verifica a ribaltamento.

$$B(F_x) = 2.80 \text{ m}$$

$$B(P_{\text{pl.}}) = 11.00 \text{ m}$$

Di seguito si riportano i valori dei momenti ribaltante M_{rib} e stabilizzante M_{stab} .

$$M_{\text{rib}} = F_x \cdot B(F_x) + M_y = 112193 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{stab}} = P_{\text{pl.}} \cdot B(P_{\text{pl.}}) = 148500 \text{ kNm}$$

La verifica risulta soddisfatta in quanto $M_{\text{stab}} > M_{\text{rib}}$. ($M_{\text{stab}} / M_{\text{rib}} = 1,32$).

Verifica della capacità portante

Per le verifiche geotecniche, a vantaggio di sicurezza si considera il solo apporto dei pali, trascurando completamente il contributo del plinto. I seguenti risultati, quindi, rinvengono dalla suddetta configurazione.

Le verifiche degli stati limite geotecnici sono state condotte con riferimento alle condizioni di carico ed ai parametri geotecnici sopra riportati.

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

Di seguito si riporta l'elenco dei parametri di calcolo adottati.

Modalità di calcolo della portanza verticale per fondazioni profonde:

- Per elementi con pali: Portanza di punta e laterale

Metodi di calcolo della portanza di punta per fondazioni profonde:

- Per terreni sciolti: Vesic
- Riduzione della tensione litostatica: No
- Per terreni lapidei: Terzaghi
- Riduzione di Kishida per pali battuti o trivellati: Si

Coefficienti parziali e totali di sicurezza per Tensioni Ammissibili e S.L.E. nel calcolo della portanza per fondazioni profonde:

- Coeff. di sicurezza alla punta: 2.50
- Coeff. di sicurezza lungo il fusto: 2.50
- Coeff. di sicurezza lungo il bulbo: 2.50
- Coeff. di sicurezza per palo in trazione: 2.50

Combinazioni di carico:

APPROCCIO PROGETTUALE TIPO 2 - Comb. (A1+M1+R3)

Coefficienti parziali e totali di sicurezza per S.L.U. nel calcolo della portanza per pali trivellati:

I coeff. A1 risultano combinati secondo lo schema presente nella relazione di calcolo della struttura.

- Coeff. M1 per Tan(fi) (statico): 1
- Coeff. M1 per c' (statico): 1
- Coeff. M1 per Cu (statico): 1
- Coeff. M1 per Tan(fi) (sismico): 1
- Coeff. M1 per c' (sismico): 1
- Coeff. M1 per Cu sismico): 1
- Coeff. R3 base: 1.35
- Coeff. R3 laterale in compressione: 1.15
- Coeff. R3 laterale in trazione: 1.25

Per la determinazione della portanza verticale di fondazioni profonde si fa riferimento a due contributi: la "portanza di punta" e la "portanza per attrito laterale". Queste due componenti, in genere, sono calcolate in maniera autonoma dato che risulta molto difficoltoso, tranne che in poche situazioni, stabilire quanta parte del carico è assorbita dall'attrito laterale e quanta dalla resistenza alla punta. Nel seguito, ai fini del calcolo della portanza verticale, si assumeranno le seguenti espressioni generali valide per il caso di palo soggetto a compressione e per il caso di palo soggetto a trazione:

$$Q_C = \frac{Q_P}{\eta_P} + \frac{Q_L}{\eta_L} - W_{ATT.NEG.} - W_P \quad (\text{caso di palo in compressione}) \quad Q_T = \frac{Q_L}{\eta_L} + W_P \quad (\text{caso di palo in trazione})$$

 SINERGIA Energy Green Power	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

dove i simboli su riportati hanno il seguente significato:

- Q_C valore di verifica a compressione del palo;
- Q_T valore di verifica a trazione del palo;
- Q_P valore del carico limite verticale alla punta del palo;
- Q_L valore del carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo;
- $W_{ATT.NEG.}$ valore dell'attrito negativo agente sul palo;
- W_P valore del peso totale del palo.
- η_P coefficiente di sicurezza per carico limite verticale alla punta del palo;
- η_L coefficiente di sicurezza per carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo.

I valori del carico limite verticale alla punta del palo "QP" e del carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo "QL" sono determinati con le note "formule statiche". Queste esprimono i valori di cui sopra in funzione della geometria del palo, delle caratteristiche geotecniche del terreno in cui è immerso, modalità esecutiva e dell'interfaccia palo-terreno.

Di seguito si riportano, per tutti i pali, le risultanze della verifica condotta in condizioni drenate.

Elemento: 8 - Palo singolo

Port. lat.= 560021.2 daN, Port. punta = 835780.6 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -609200.6 daN, trazione (+) = 304969.1 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-170500.0	0,280	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-170600.0	0,280	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-167600.0	0,275	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-175300.0	0,288	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 4

Elemento: 9 - Palo singolo

Port. lat.= 560021.2 daN, Port. punta = 835780.6 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -609200.6 daN, trazione (+) = 304969.1 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-132100.0	0,217	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-167200.0	0,274	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-155400.0	0,255	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-136900.0	0,225	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 2

Elemento: 14 - Palo singolo

Port. lat.= 560021.2 daN, Port. punta = 835780.6 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -609200.6 daN, trazione (+) = 304969.1 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-207600.0	0,341	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-173800.0	0,285	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-179400.0	0,294	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-212400.0	0,349	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 4

 SINERGIA Energy Green Power	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

Elemento: 19 - Palo singolo

Port. lat.= 560021.2 daN, Port. punta = 835780.6 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -609200.6 daN, trazione (+) = 304969.1 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-97610.0	0,160	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-164100.0	0,269	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-144400.0	0,237	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-102400.0	0,168	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 2

Elemento: 32 - Palo singolo

Port. lat.= 560021.2 daN, Port. punta = 835780.6 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -609200.6 daN, trazione (+) = 304969.1 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-238300.0	0,391	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-176500.0	0,290	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-189200.0	0,311	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-243200.0	0,399	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 4

Elemento: 47 - Palo singolo

Port. lat.= 560021.2 daN, Port. punta = 835780.6 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -609200.6 daN, trazione (+) = 304969.1 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-71620.0	0,118	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-161800.0	0,266	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-136100.0	0,223	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-76420.0	0,125	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 2

Elemento: 66 - Palo singolo

Port. lat.= 560021.2 daN, Port. punta = 835780.6 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -609200.6 daN, trazione (+) = 304969.1 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-258600.0	0,424	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-178300.0	0,293	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-195700.0	0,321	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-263400.0	0,432	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 4

Elemento: 79 - Palo singolo

Port. lat.= 560021.2 daN, Port. punta = 835780.6 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -609200.6 daN, trazione (+) = 304969.1 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-57670.0	0,095	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-160500.0	0,263	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-131600.0	0,216	----	Ok

 SINERGIA Energy Green Power	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

004 1 0.000 0.000 -62470.0 0,103 - - - - Ok
Situazione più gravosa in cmb n. 2

Elemento: 98 - Palo singolo

Port. lat.= 560021.2 daN, Port. punta = 835780.6 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -609200.6 daN, trazione (+) = 304969.1 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-265700.0	0,436	- - - -	Ok
002	1	0.000	0.000	-179000.0	0,294	- - - -	Ok
003	1	0.000	0.000	-197900.0	0,325	- - - -	Ok
004	1	0.000	0.000	-270500.0	0,444	- - - -	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 4

Elemento: 108 - Palo singolo

Port. lat.= 560021.2 daN, Port. punta = 835780.6 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -609200.6 daN, trazione (+) = 304969.1 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-57670.0	0,095	- - - -	Ok
002	1	0.000	0.000	-160500.0	0,263	- - - -	Ok
003	1	0.000	0.000	-131600.0	0,216	- - - -	Ok
004	1	0.000	0.000	-62470.0	0,103	- - - -	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 2

Elemento: 123 - Palo singolo

Port. lat.= 560021.2 daN, Port. punta = 835780.6 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -609200.6 daN, trazione (+) = 304969.1 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-258600.0	0,424	- - - -	Ok
002	1	0.000	0.000	-178300.0	0,293	- - - -	Ok
003	1	0.000	0.000	-195700.0	0,321	- - - -	Ok
004	1	0.000	0.000	-263400.0	0,432	- - - -	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 4

Elemento: 140 - Palo singolo

Port. lat.= 560021.2 daN, Port. punta = 835780.6 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -609200.6 daN, trazione (+) = 304969.1 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-71620.0	0,118	- - - -	Ok
002	1	0.000	0.000	-161800.0	0,266	- - - -	Ok
003	1	0.000	0.000	-136100.0	0,223	- - - -	Ok
004	1	0.000	0.000	-76420.0	0,125	- - - -	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 2

Elemento: 157 - Palo singolo

Port. lat.= 560021.2 daN, Port. punta = 835780.6 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -609200.6 daN, trazione (+) = 304969.1 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			

 SINERGIA Energy Green Power	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

001	1	0.000	0.000	-238300.0	0,391	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-176500.0	0,290	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-189200.0	0,311	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-243200.0	0,399	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 4

Elemento: 168 - Palo singolo

Port. lat.= 560021.2 daN, Port. punta = 835780.6 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -609200.6 daN, trazione (+) = 304969.1 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-97610.0	0,160	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-164100.0	0,269	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-144400.0	0,237	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-102400.0	0,168	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 2

Elemento: 175 - Palo singolo

Port. lat.= 560021.2 daN, Port. punta = 835780.6 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -609200.6 daN, trazione (+) = 304969.1 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-207600.0	0,341	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-173800.0	0,285	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-179400.0	0,294	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-212400.0	0,349	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 4

Elemento: 178 - Palo singolo

Port. lat.= 560021.2 daN, Port. punta = 835780.6 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -609200.6 daN, trazione (+) = 304969.1 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-132100.0	0,217	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-167200.0	0,274	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-155400.0	0,255	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-136900.0	0,225	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 2

Elemento: 181 - Palo singolo

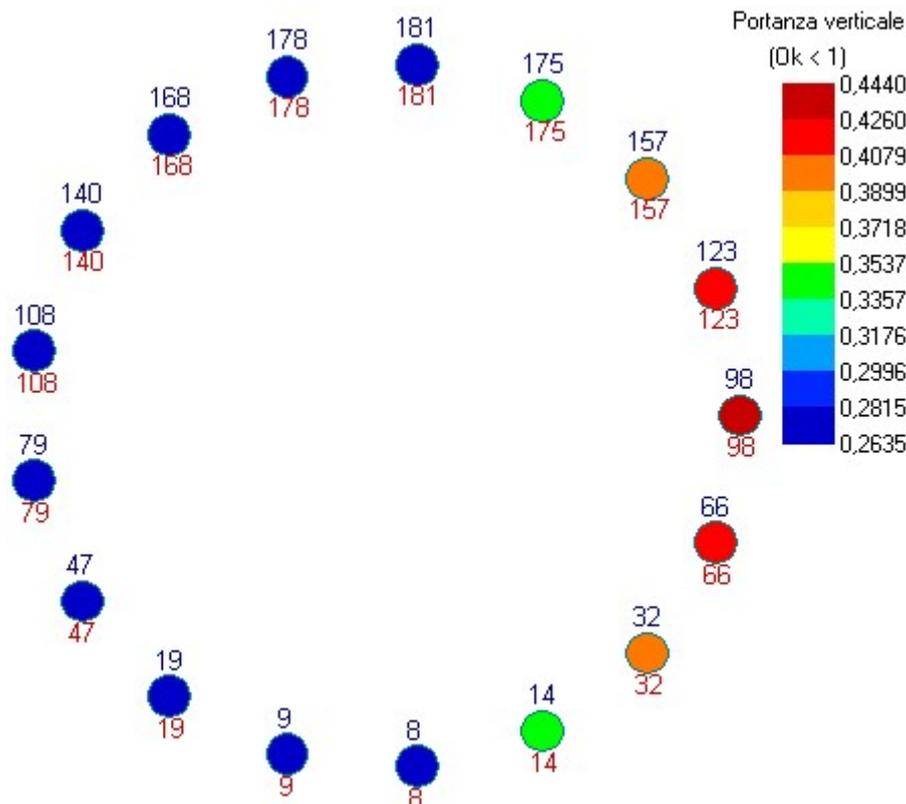
Port. lat.= 560021.2 daN, Port. punta = 835780.6 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -609200.6 daN, trazione (+) = 304969.1 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-170500.0	0,280	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-170600.0	0,280	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-167600.0	0,275	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-175300.0	0,288	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 4

L'immagine che segue riporta la schematizzazione grafica delle verifiche di capacità portante dei pali.



Di seguito si riportano, per tutti i pali, le risultanze della verifica condotta in condizioni non drenate.

Elemento: 8 - Palo singolo

Port. lat.= 451180.2 daN, Port. punta = 188025.1 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -271281.1 daN, trazione (+) = 253749.8 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-170500.0	0,628	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-170600.0	0,629	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-167600.0	0,618	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-175300.0	0,646	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 4

Elemento: 9 - Palo singolo

Port. lat.= 451180.2 daN, Port. punta = 188025.1 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -271281.1 daN, trazione (+) = 253749.8 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-132100.0	0,487	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-167200.0	0,616	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-155400.0	0,573	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-136900.0	0,505	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 2

Elemento: 14 - Palo singolo

Port. lat.= 451180.2 daN, Port. punta = 188025.1 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -271281.1 daN, trazione (+) = 253749.8 daN

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-207600.0	0,765	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-173800.0	0,641	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-179400.0	0,661	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-212400.0	0,783	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 4

Elemento: 19 - Palo singolo

Port. lat.= 451180.2 daN, Port. punta = 188025.1 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -271281.1 daN, trazione (+) = 253749.8 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-97610.0	0,360	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-164100.0	0,605	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-144400.0	0,532	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-102400.0	0,377	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 2

Elemento: 32 - Palo singolo

Port. lat.= 451180.2 daN, Port. punta = 188025.1 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -271281.1 daN, trazione (+) = 253749.8 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-238300.0	0,878	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-176500.0	0,651	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-189200.0	0,697	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-243200.0	0,896	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 4

Elemento: 47 - Palo singolo

Port. lat.= 451180.2 daN, Port. punta = 188025.1 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -271281.1 daN, trazione (+) = 253749.8 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-71620.0	0,264	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-161800.0	0,596	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-136100.0	0,502	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-76420.0	0,282	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 2

Elemento: 66 - Palo singolo

Port. lat.= 451180.2 daN, Port. punta = 188025.1 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -271281.1 daN, trazione (+) = 253749.8 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-258600.0	0,953	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-178300.0	0,657	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-195700.0	0,721	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-263400.0	0,971	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 4

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

Elemento: 79 - Palo singolo

Port. lat.= 451180.2 daN, Port. punta = 188025.1 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -271281.1 daN, trazione (+) = 253749.8 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-57670.0	0,213	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-160500.0	0,592	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-131600.0	0,485	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-62470.0	0,230	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 2

Elemento: 98 - Palo singolo

Port. lat.= 451180.2 daN, Port. punta = 188025.1 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -271281.1 daN, trazione (+) = 253749.8 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-265700.0	0,979	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-179000.0	0,660	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-197900.0	0,730	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-270500.0	0,997	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 4

Elemento: 108 - Palo singolo

Port. lat.= 451180.2 daN, Port. punta = 188025.1 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -271281.1 daN, trazione (+) = 253749.8 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-57670.0	0,213	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-160500.0	0,592	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-131600.0	0,485	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-62470.0	0,230	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 2

Elemento: 123 - Palo singolo

Port. lat.= 451180.2 daN, Port. punta = 188025.1 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -271281.1 daN, trazione (+) = 253749.8 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-258600.0	0,953	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-178300.0	0,657	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-195700.0	0,721	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-263400.0	0,971	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 4

Elemento: 140 - Palo singolo

Port. lat.= 451180.2 daN, Port. punta = 188025.1 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -271281.1 daN, trazione (+) = 253749.8 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-71620.0	0,264	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-161800.0	0,596	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-136100.0	0,502	----	Ok

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

004 1 0.000 0.000 -76420.0 0,282 ---- Ok
 Situazione più gravosa in cmb n. 2

Elemento: 157 - Palo singolo

Port. lat.= 451180.2 daN, Port. punta = 188025.1 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -271281.1 daN, trazione (+) = 253749.8 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-238300.0	0,878	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-176500.0	0,651	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-189200.0	0,697	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-243200.0	0,896	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 4

Elemento: 168 - Palo singolo

Port. lat.= 451180.2 daN, Port. punta = 188025.1 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -271281.1 daN, trazione (+) = 253749.8 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-97610.0	0,360	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-164100.0	0,605	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-144400.0	0,532	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-102400.0	0,377	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 2

Elemento: 175 - Palo singolo

Port. lat.= 451180.2 daN, Port. punta = 188025.1 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -271281.1 daN, trazione (+) = 253749.8 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-207600.0	0,765	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-173800.0	0,641	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-179400.0	0,661	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-212400.0	0,783	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 4

Elemento: 178 - Palo singolo

Port. lat.= 451180.2 daN, Port. punta = 188025.1 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -271281.1 daN, trazione (+) = 253749.8 daN

Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			
001	1	0.000	0.000	-132100.0	0,487	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-167200.0	0,616	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-155400.0	0,573	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-136900.0	0,505	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 2

Elemento: 181 - Palo singolo

Port. lat.= 451180.2 daN, Port. punta = 188025.1 daN, P.P.Palo = 41429.8 daN

N lim palo: compressione (-) = -271281.1 daN, trazione (+) = 253749.8 daN

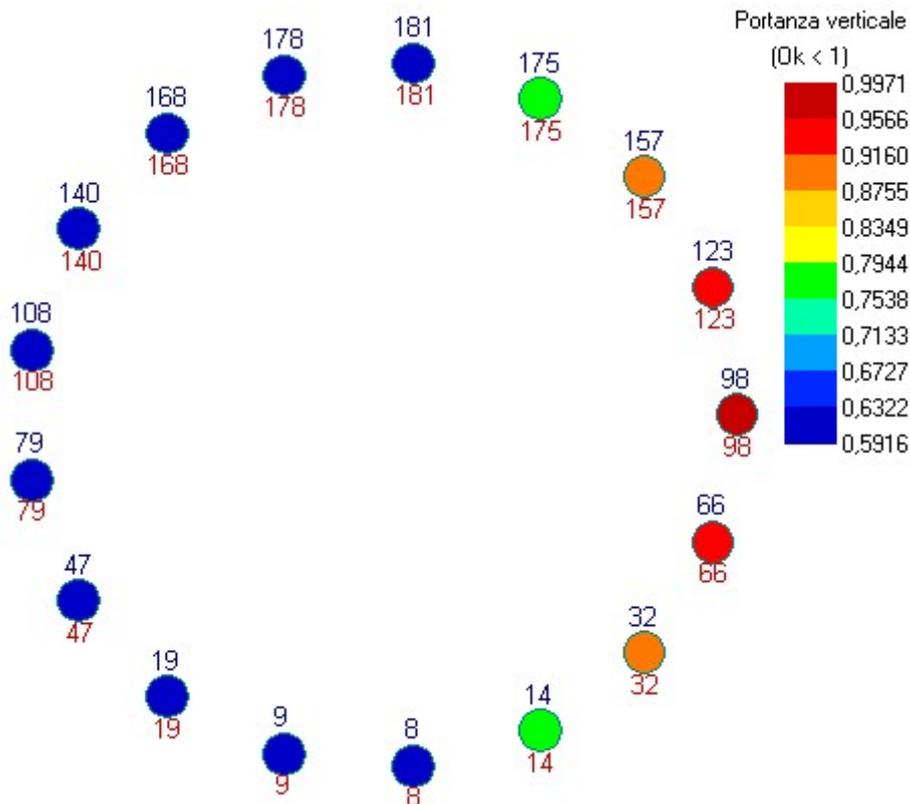
Cmb.	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ver.N-	Ver.N+	Stato
n.	n.	cm	cm	daN			

 SINERGIA Energy Green Power	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"					Febbraio 2021

001	1	0.000	0.000	-170500.0	0,628	----	Ok
002	1	0.000	0.000	-170600.0	0,629	----	Ok
003	1	0.000	0.000	-167600.0	0,618	----	Ok
004	1	0.000	0.000	-175300.0	0,646	----	Ok

Situazione più gravosa in cmb n. 4

L'immagine che segue riporta la schematizzazione grafica delle verifiche di capacità portante dei pali.



10.2. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

Calcolo dei cedimenti

Di seguito si riportano, in forma tabellare, i valori di calcolo dei cedimenti dei pali nelle condizioni agli SLE.

Elemento: 8 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	mm
005 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-128100.0	0.575
006 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-125500.0	0.563
007 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-132700.0	0.596
008 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-127400.0	0.572
009 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-124800.0	0.560
010 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-132000.0	0.593
011 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-127300.0	0.571
012 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-124700.0	0.560
013 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-131900.0	0.592

Elemento: 9 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	mm
005 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-121600.0	0.546



006 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-120800.0	0.542
007 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-101200.0	0.454
008 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-123700.0	0.555
009 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-122900.0	0.552
010 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-103300.0	0.464
011 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-124000.0	0.557
012 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-123100.0	0.553
013 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-103600.0	0.465

Elemento: 14 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	mm
005 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-134400.0	0.603
006 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-130100.0	0.584
007 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-163100.0	0.732
008 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-130900.0	0.588
009 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-126700.0	0.569
010 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-159700.0	0.717
011 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-130500.0	0.586
012 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-126300.0	0.567
013 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-159300.0	0.715

Elemento: 19 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	mm
005 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-115800.0	0.520
006 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-116500.0	0.523
007 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-72910.0	0.327
008 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-120400.0	0.541
009 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-121100.0	0.544
010 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-77510.0	0.348
011 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-121000.0	0.543
012 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-121700.0	0.546
013 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-78090.0	0.351

Elemento: 32 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	mm
005 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-139500.0	0.626
006 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-133900.0	0.601
007 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-188300.0	0.845
008 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-133900.0	0.601
009 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-128300.0	0.576
010 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-182700.0	0.820
011 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-133200.0	0.598
012 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-127600.0	0.573
013 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-182000.0	0.817

Elemento: 47 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	mm
005 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-111400.0	0.500
006 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-113300.0	0.509
007 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-51600.0	0.232
008 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-117900.0	0.529
009 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-119800.0	0.538
010 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-58090.0	0.261
011 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-118700.0	0.533
012 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-120600.0	0.541
013 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-58900.0	0.264

Elemento: 66 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
-------------	------	---------	---------	---	----------



n.	n.	cm	cm	daN	mm
005 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-143000.0	0.642
006 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-136400.0	0.612
007 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-205000.0	0.920
008 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-135900.0	0.610
009 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-129300.0	0.580
010 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-197800.0	0.888
011 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-135000.0	0.606
012 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-128400.0	0.576
013 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-196900.0	0.884

Elemento: 79 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	mm
005 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-109000.0	0.489
006 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-111500.0	0.501
007 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-40160.0	0.180
008 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-116500.0	0.523
009 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-119000.0	0.534
010 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-47660.0	0.214
011 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-117400.0	0.527
012 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-120000.0	0.539
013 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-48600.0	0.218

Elemento: 98 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	mm
005 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-144200.0	0.647
006 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-137300.0	0.616
007 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-210800.0	0.946
008 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-136500.0	0.613
009 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-129700.0	0.582
010 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-203100.0	0.912
011 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-135600.0	0.609
012 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-128700.0	0.578
013 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-202200.0	0.908

Elemento: 108 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	mm
005 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-109000.0	0.489
006 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-111500.0	0.501
007 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-40160.0	0.180
008 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-116500.0	0.523
009 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-119000.0	0.534
010 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-47660.0	0.214
011 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-117400.0	0.527
012 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-120000.0	0.539
013 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-48600.0	0.218

Elemento: 123 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	mm
005 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-143000.0	0.642
006 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-136400.0	0.612
007 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-204900.0	0.920
008 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-135900.0	0.610
009 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-129300.0	0.580
010 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-197800.0	0.888
011 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-135000.0	0.606
012 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-128400.0	0.576
013 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-196900.0	0.884



Elemento: 140 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	mm
005 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-111400.0	0.500
006 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-113300.0	0.509
007 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-51600.0	0.232
008 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-117900.0	0.529
009 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-119800.0	0.538
010 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-58080.0	0.261
011 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-118700.0	0.533
012 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-120600.0	0.541
013 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-58900.0	0.264

Elemento: 157 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	mm
005 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-139500.0	0.626
006 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-133900.0	0.601
007 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-188300.0	0.845
008 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-133900.0	0.601
009 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-128300.0	0.576
010 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-182700.0	0.820
011 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-133200.0	0.598
012 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-127600.0	0.573
013 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-182000.0	0.817

Elemento: 168 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	mm
005 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-115800.0	0.520
006 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-116500.0	0.523
007 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-72910.0	0.327
008 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-120400.0	0.541
009 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-121100.0	0.544
010 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-77510.0	0.348
011 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-120900.0	0.543
012 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-121700.0	0.546
013 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-78080.0	0.351

Elemento: 175 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	mm
005 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-134300.0	0.603
006 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-130100.0	0.584
007 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-163100.0	0.732
008 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-130900.0	0.588
009 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-126700.0	0.569
010 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-159700.0	0.717
011 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-130500.0	0.586
012 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-126300.0	0.567
013 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-159300.0	0.715

Elemento: 178 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	mm
005 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-121600.0	0.546
006 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-120800.0	0.542
007 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-101200.0	0.454
008 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-123700.0	0.555
009 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-122900.0	0.552
010 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-103300.0	0.464
011 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-124000.0	0.557
012 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-123100.0	0.553

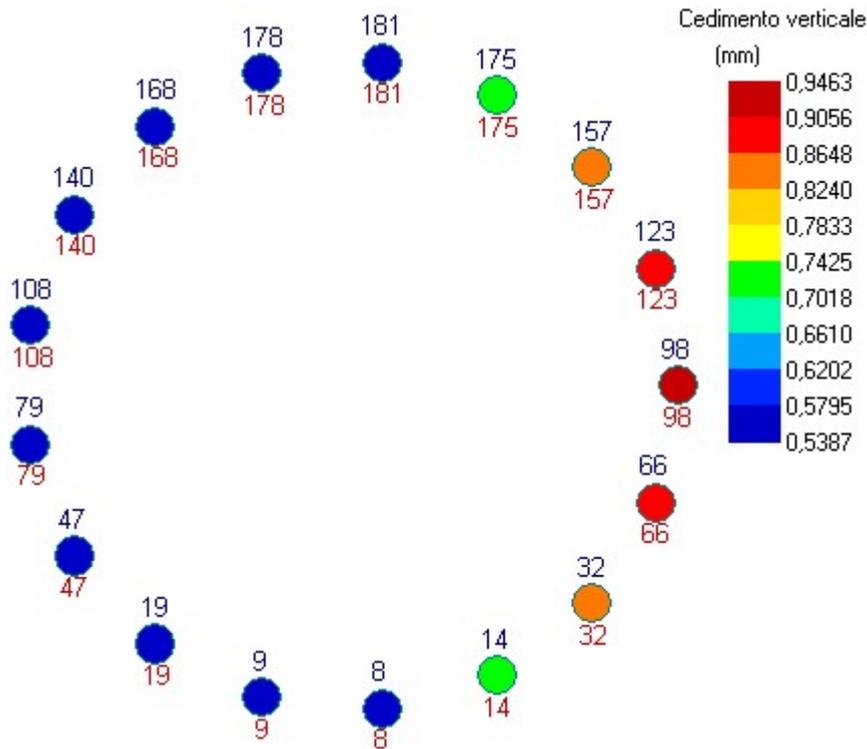


013 (SLE q.p.) 1 0.000 0.000 -103600.0 0.465

Elemento: 181 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	mm
005 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-128100.0	0.575
006 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-125500.0	0.563
007 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-132700.0	0.596
008 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-127400.0	0.572
009 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-124800.0	0.560
010 (SLE freq)	1	0.000	0.000	-132000.0	0.593
011 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-127300.0	0.571
012 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-124700.0	0.560
013 (SLE q.p.)	1	0.000	0.000	-131900.0	0.592

L'immagine seguente riepiloga in forma grafica i cedimenti massimi.



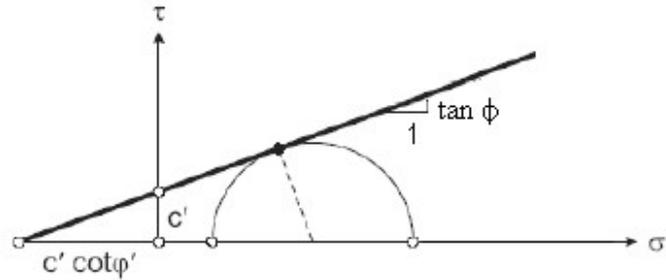
11. VERIFICHE GEOTECNICHE SISTEMA DI ACCUMULO

11.1. VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE

Per la modellazione agli elementi finiti, si è adottato per il terreno il modello alla Winkler.

Le verifiche di ciascuno stato limite ultimo (SLU) geotecnico consistono nel controllare che la sollecitazione di calcolo E_d sia inferiore alla sollecitazione resistente R_d in corrispondenza della quale si forma una superficie di rottura nei cui punti le tensioni tangenziali τ e perpendicolari efficaci σ' sono legate dalla relazione (Criterio di Mohr Coulomb):

$$\tau = c' + \sigma' \tan \phi$$



Criterio di rottura di Mohr-Coulomb

Per ogni tipo di SLU geotecnico, la teoria di calcolo adottata per determinare la sollecitazione resistente, fa un'ipotesi più o meno verosimile sulla forma della superficie di rottura in questione. Per il teorema cinematico dell'analisi limite, la differenza esistente tra la superficie di rottura ipotizzata e quella effettiva introduce un errore a vantaggio di sicurezza.

Inoltre, per ciascuno SLU geotecnico, la verifica deve essere eseguita in entrambe le condizioni:

- non drenate (a breve termine dall'applicazione del carico):

$$c = c_u \qquad \phi = 0 \qquad \gamma = \gamma$$

- drenate (a lungo termine dall'applicazione del carico):

$$c = c' \qquad \phi = \phi' \qquad \gamma = \gamma'$$

Per la stima dei cedimenti, occorre definire la profondità H dello strato deformabile al di sotto del quale si può considerare il terreno infinitamente rigido. Tale profondità è tale che al di sotto di essa si possano trascurare gli incrementi di tensione efficace $\Delta\sigma'$, perché inferiori ad una certa aliquota (ad esempio il 15%) della tensione geostatica $\sigma_0 = \gamma \cdot z$.

La verifica a carico limite verticale è soddisfatta se:

$$N_d \leq N_{lim} = \frac{1}{\gamma_R} BLq_{lim}$$

dove:

- q_{lim} carico limite unitario;
- B e L dimensioni della fondazione;
- γ_R coefficiente di sicurezza R2.

Il calcolo del carico limite avviene modellando il terreno come mezzo rigido perfettamente plastico. L'espressione del carico limite è la seguente:

$$q_{lim} = \gamma_1 DN_q s_q d_q i_q b_q g_q + cN_c s_c d_c i_c b_c g_c + \frac{1}{2} \gamma_2 BN_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma$$

dove:



- D profondità del piano di posa;
- γ_0 peso di volume del terreno a profondità $< D$;
- c coesione;
- γ peso di volume del terreno a profondità $> D$;
- N_q, N_c, N_γ fattori adimensionali di portanza funzione dell'angolo d'attrito interno φ del terreno;
- s_q, s_c, s_γ fattori di forma;
- d_q, d_c, d_γ fattori di approfondimento;
- i_q, i_c, i_γ fattori di inclinazione carico;
- b_q, b_c, b_γ fattori di inclinazione piano di posa;
- g_q, g_c, g_γ fattori di inclinazione piano campagna.

Nel caso di carico eccentrico, secondo il Meyerhof, si riducono le dimensioni della superficie di contatto tra fondazione e terreno (B, L) in tutte le formule del calcolo del carico limite. Tale riduzione è espressa dalle seguenti relazioni:

$$B_{rid} = B - 2 \cdot e_B \quad L_{rid} = L - 2 \cdot e_L \quad \text{dove } e_B, e_L \text{ sono le eccentricità relative alle dimensioni in esame.}$$

L'equazione trinomia del carico limite può essere risolta secondo varie formulazioni. Nel caso in esame si è adottata la formulazione di Vesic (1975) di seguito riportata:

$$N_q = \text{tg}^2\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot \text{tg}(\varphi)} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \text{tg}(\varphi) \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L} \quad s_c = 1 + \frac{N_q \cdot B}{N_c \cdot L}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \text{tg}(\varphi) \cdot (1 - \text{sen}(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \text{arctg}\left(\frac{D}{B}\right)$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \text{ctg}(\varphi)}\right]^m \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \text{ctg}(\varphi)}\right]^{m+1} \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$\text{dove: } m = m_B = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}} \quad m = m_L = \frac{2 + \frac{L}{B}}{1 + \frac{L}{B}}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 1 - \frac{m \cdot H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

nel caso in cui $\varphi = 0 \Rightarrow N_q = 1.0, N_\gamma = 1.0$ e $N_c = 2 + \pi$

nelle precedenti relazioni:

- V componente verticale del carico agente sulla fondazione;
- H componente orizzontale del carico agente sulla fondazione (sia lungo B che lungo L);
- c_a adesione fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% della coesione).

Se il carico applicato alla base della fondazione non è normale alla stessa, si effettua anche una verifica per rottura a scorrimento. Rispetto al collasso per scorrimento la resistenza offerta dal sistema fondale viene valutata come somma di due componenti, la prima derivante dall'attrito fondazione-terreno, la seconda derivante dall'adesione. In generale oltre alle due componenti ora citate può essere tenuto in conto anche l'effetto della spinta passiva del terreno di ricoprimento esercita sulla fondazione, questa però fino ad un massimo del 30%. In forma analitica il procedimento su esposto può essere formulato nel seguente modo:

$$T_{Sd} \leq T_{Rd} = N_{Sd} \cdot \text{tg}(\delta) + A_f \cdot c_a + S_p \cdot f_{Sp}$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- T_{Sd} componente orizzontale del carico agente sulla fondazione (sia lungo B che lungo L);
- N_{Sd} componente verticale del carico agente sulla fondazione;
- c_a adesione fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% della coesione);
- δ angolo d'attrito fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% della coesione);
- S_p spinta passiva del terreno di ricoprimento della fondazione;
- f_{Sp} percentuale di partecipazione della spinta passiva;
- A_f superficie di contatto del piano di posa della fondazione.

Va da se che tale tipo di verifica deve essere effettuata per entrambe le direzioni.

Di seguito si riportano le modalità di conduzione e le risultanze delle verifiche. Date le caratteristiche prevalentemente non coesive dei litotipi di fondazione, la verifica è condotta in condizioni drenate (lungo termine).

PARAMETRI DI CALCOLO

Metodi di calcolo della portanza per fondazioni superficiali:

- Per terreni sciolti: Vesic
- Per terreni lapidei: Terzaghi

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

Fattori utilizzati per il calcolo della portanza per fondazioni superficiali :

- Riduzione dimensioni per eccentricità: si
- Fattori di forma della fondazione: si
- Fattori di profondità del piano di posa: si
- Fattori di inclinazione del carico: si
- Fattori di punzonamento (Vesic): si
- Fattore riduzione effetto piastra (Bowles): si
- Fattore di riduzione dimensione Base equivalente platea: 20,0 %
- Fattore di riduzione dimensione Lunghezza equivalente platea: 20,0 %

Effetti inerziali (Paolucci-Pecker):

- Coeff. sismico orizzontale $K_h = 0,000$
- Angolo d'attrito alla quota di fond.= 20,0
- Fattore correttivo $Z_c = 1,000$
- Fattore correttivo $Z_q = 1,000$

Coefficienti parziali di sicurezza per Tensioni Ammissibili, SLE e SLD nel calcolo della portanza per fondazioni superficiali:

- Coeff. parziale di sicurezza F_c (statico): 2,50
- Coeff. parziale di sicurezza F_q (statico): 2,50
- Coeff. parziale di sicurezza F_g (statico): 2,50
- Coeff. parziale di sicurezza F_c (sismico): 3,00
- Coeff. parziale di sicurezza F_q (sismico): 3,00
- Coeff. parziale di sicurezza F_g (sismico): 3,00

Combinazioni di carico:

APPROCCIO PROGETTUALE TIPO 2 - Comb. (A1+M1+R3)

Coefficienti parziali di sicurezza per SLU nel calcolo della portanza per fondazioni superficiali :

I coeff. A1 risultano combinati secondo lo schema presente nella relazione di calcolo della struttura.

- Coeff. M1 per $Tan(\phi)$ (statico): 1
- Coeff. M1 per c' (statico): 1
- Coeff. M1 per C_u (statico): 1

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

- Coeff. M1 per Tan(fi) (sismico): 1
- Coeff. M1 per c' (sismico): 1
- Coeff. M1 per Cu sismico): 1

- Coeff. R3 capacità portante: 2,30
- Coeff. R3 scorrimento: 1,10

Parametri per la verifica a scorrimento delle fondazioni superficiali:

- Fattore per l'adesione ($6 < Ca < 10$): 8
- Fattore per attrito terreno-fondazione ($5 < Delta < 10$): 7
- Frazione di spinta passiva fSp: 30,00 %

ARCHIVIO STRATIGRAFIE

Indice / Descrizione: 001 / Nuova stratigrafia n. 1

Numero strati: 1

Strato n.	Quota di riferimento	Spessore	Indice / Descrizione terreno
1	da 0,0 a -2000,0 cm	2000,0 cm	001 / Conglomerati calcarenitici

ARCHIVIO TERRENI

Indice / Descrizione terreno: **001** / Conglomerati calcarenitici

Comportamento del terreno: condizione drenata

Peso Spec. Angolo Res. Coesione

kN/mc	Gradi°	kPa
18,14	18	4,9

I tabulati che seguono riportano, per le combinazioni di carico agli SLU, i valori di calcolo della portanza per fondazioni superficiali e la relativa verifica. La simbologia adoperata è la seguente:

- Qlim q: valore del termine relativo al sovraccarico nella formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile);
- Qlim g: valore del termine relativo alla larghezza della base di fondazione nella formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile);
- Qlim c: valore del termine relativo alla coesione nella formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile);

 SINERGIA Energy Green Power	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

- Qres T: valore della capacità portante relativo alla resistenza al punzonamento del terreno sovrastante lo strato di rottura. Tale valore risulta non nullo nel caso di terreni stratificati dove lo strato di rottura è diverso dal primo (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile);
- Qlim: valore della capacità portante totale quale somma di Qlim q, Qlim g, Qlim c e di Qres T;
- Qmax / Qlim: rapporto tra il massimo valore della distribuzione tensionale di contatto tra terreno ed elemento fondale e il valore della capacità portante (verifica positiva se il rapporto è < 1.0).
- Cmb: numero della combinazione di carico (nel caso che essa sia di S.L.U. è riportata la tipologia);
- TBlim: valore limite della resistenza a scorrimento nella direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento;
- T.B / TBlim: rapporto tra lo sforzo di taglio agente e il valore limite della resistenza a scorrimento nella direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento (verifica positiva se il rapporto è < 1.0);
- TLLim: valore limite della resistenza a scorrimento nella direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento;
- T.L / TLLim: rapporto tra lo sforzo di taglio agente e il valore limite della resistenza a scorrimento nella direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento (verifica positiva se il rapporto è < 1.0);

Elemento: Platea n. 1

Cmb.	Qmax	Qlim	Qmax/Qlim	TB	TBlim	TB/TBlim	TL	TLLim	TL/TLLim	Stato
n.	daN/cm ²	daN/cm ²		daN	daN		daN	daN		
1	1.0770	1.2898	0.835	0.0	19336.4	0.000	0.0	19362.3	0.000	Ok

Risultati più gravosi:

$$Sgm. Lt \text{ (tens. litostatica)} = -0.1203 \text{ daN/cm}^2$$

$$Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 0.6872 + 0.3845 + 0.2181 + 0.0000$$

$$Qmax / Qlim = 1.0770 / 1.2898 = 0,835 \text{ Ok (Cmb 01 SLU)}$$

$$TB / TBlim = 0.0 / 19362.3 = 0,000 \text{ Ok (Cmb 01 SLU)}$$

$$TL / TLLim = 0.0 / 19336.4 = 0,000 \text{ Ok (Cmb 01 SLU)}$$

La verifica di capacità portante risulta verificata.

11.2. ULTERIORI ASPETTI STRUTTURALI RELATIVI ALLE OPERE PREFABBRICATE

Con riferimento ai manufatti prefabbricati in c.a. o in carpenteria metallica costituenti i container di involucro delle apparecchiature elettrochimiche di accumulo, gli stessi saranno forniti da produttore che abbia depositato presso il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici la documentazione inerente il possesso dei requisiti richiesti dal p.to 11.8.4 delle Norme Tecniche di cui al D.M. 17/01/2018 in relazione al processo produttivo ed al controllo di produzione in stabilimento. I manufatti saranno accompagnati da attestato di qualificazione per la produzione di componenti prefabbricati in serie dichiarata.

Per tutto quanto suddetto, quindi, i calcoli strutturali saranno forniti dal produttore dei manufatti prefabbricati e saranno depositati, assieme alla progettazione strutturale esecutiva, presso la struttura tecnica competente per territorio (ex genio Civile) prima dell'inizio dei lavori.

 <p>SINERGIA Energy Green Power</p>	<p>Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"</p>	<p>Febbraio 2021</p>
--	--	----------------------

12. PIANO DI MANUTENZIONE DELLE STRUTTURE

Il piano di manutenzione prevede, pianifica e programma, tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi effettivamente realizzati, l'attività di manutenzione dell'intervento al fine di mantenere nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico.

Il piano di manutenzione è costituito dai seguenti documenti operativi:

- il manuale d'uso;
- il manuale di manutenzione comprensivo del programma di manutenzione.

12.1. MANUALE D'USO

Il manuale d'uso si riferisce all'uso delle parti più importanti dell'opera, con particolare riferimento alle parti che possono generare rischi per un uso scorretto. Il manuale d'uso contiene informazioni sulla collocazione delle parti interessate nell'intervento, la loro rappresentazione grafica, descrizione e modalità di uso corretto.

Descrizione: Fondazioni profonde. Plinto a pianta circolare di diametro pari a 22 m ed altezza variabile da un minimo di 125 cm, sulla circonferenza di bordo, ad un massimo di 280 cm in zona centrale.

N. 17 pali aventi diametro pari a 1 m, disposti in cerchio con asse a distanza di 120 cm dal bordo plinto. La lunghezza dei pali è pari a 22 metri.

Collocazione: Strutture di fondazione delle torri in acciaio a sostegno di aerogeneratori. Vedi tavole disegni esecutivi.

Rappresentazione grafica: Vedi tavole particolari costruttivi.

Modalità d'uso corretto: Trasferimento delle sollecitazioni statiche e sismiche della struttura al terreno, entro i limiti di pressioni e cedimenti imposti dal progetto. Le caratteristiche dei materiali non devono essere inferiori a quanto stabilito nel progetto strutturale.

12.2. MANUALE E PROGRAMMA DI MANUTENZIONE

Il manuale di manutenzione si riferisce alla manutenzione delle parti più importanti dell'intervento. Esso contiene il livello minimo accettabile delle prestazioni, le anomalie riscontrabili, le manutenzioni eseguibili direttamente dall'utente e quelle che non lo sono.

Il programma di manutenzione fissa delle manutenzioni e dei controlli da eseguire in seguito a scadenze preventivamente fissate.

Anomalie riscontrabili

- Anomalia riscontrabile: **Cedimenti**

Descrizione: Dissesti uniformi e/o differenziali con manifestazioni di abbassamento del piano di imposta della fondazione.

Cause: Mutamenti delle condizioni del terreno dovuti a cause quali: variazione della falda freatica, rottura di fognature o condutture idriche in prossimità della fondazione, ecc. Mutamenti delle condizioni di carico applicate.

Effetto: Riduzione della stabilità dell'elemento strutturale; riduzione della stabilità a livello globale della struttura; lesioni all'elemento strutturale e/o alla sovrastruttura.

 <p>SINERGIA Energy Green Power</p>	<p>Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"</p>	<p>Febbraio 2021</p>
--	--	----------------------

Valutazione: Grave

Risorse necessarie: Opere di consolidamento del terreno o della struttura, georesine, opere di sostegno, opere provvisionali.

Esecutore: Ditta specializzata

- Anomalia riscontrabile: **Corrosione**

Descrizione: Degradazione che implica l'evolversi di processi chimici che portano alla corrosione delle armature in acciaio per carbonatazione del ricoprimento di calcestruzzo o per cloruri, visibile con distacchi del copriferro, lesioni e striature di ruggine.

Cause: Fattori esterni ambientali o climatici; errata realizzazione dell'elemento strutturale e dei getti di calcestruzzo; manutenzione carente; cause accidentali.

Effetto: Riduzione della stabilità dell'elemento strutturale.

Valutazione: Grave

Risorse necessarie: Attrezzature manuali, resine, vernici, malte e trattamenti specifici, opere provvisionali.

Esecutore: Ditta specializzata

- Anomalia riscontrabile: **Fessurazioni**

Descrizione: Degrado superficiale che si manifesta con fessurazioni e crepe.

Cause: Ritiro; cedimenti strutturali e/o del terreno; mutamenti di carico e/o temperatura; eccessive deformazioni.

Effetto: Esposizione delle armature agli agenti corrosivi; ampliamento delle fessurazioni stesse con ramificazioni più o meno profonde.

Valutazione: Moderata

Risorse necessarie: Attrezzature manuali, georesine, malte, macchine di pompaggio a controllo, trattamenti specifici, opere provvisionali.

Esecutore: Ditta specializzata

- Anomalia riscontrabile: **Lesioni**

Descrizione: Rotture che si manifestano con l'interruzione del tessuto strutturale dell'elemento, le cui caratteristiche e andamento ne definiscono l'importanza e il tipo.

Cause: Le lesioni e le rotture si manifestano quando lo sforzo a cui è sottoposto l'elemento strutturale supera la resistenza corrispondente del materiale.

Effetto: Perdita della stabilità e della resistenza dell'elemento strutturale.

Valutazione: Grave.

Risorse necessarie: Attrezzature manuali, resine bicomponenti, malte, rinforzi, opere provvisionali, sottofondazioni locali.

Esecutore: Ditta specializzata

- Anomalia riscontrabile: **Non perpendicolarità della torre**

Descrizione: La struttura è sottoposta a spostamenti, rotazioni o alterazioni della propria posizione statica di normale funzionamento.

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

Cause: Cedimenti, rotture, eventi di natura diversa.

Effetto: Riduzione della stabilità dell'elemento strutturale e dell'edificio.

Valutazione: Grave.

Risorse necessarie: Opere di consolidamento del terreno o della struttura da decidersi dopo indagini specifiche, opere di sostegno, opere provvisori.

Esecutore: Ditta specializzata.

Controlli e manutenzioni da effettuare

- Controlli a cura dell'utente

Descrizione: Controllo dello stato di ricoprimento del plinto di fondazione. In caso di rimozione accidentale del materiale di ricoprimento della fondazione o suo degrado, si procede al suo ripristino secondo le indicazioni progettuali.

Modalità: Ispezione visiva.

Frequenza: Mensile.

Esecutore: Utente.

- Controllo a cura di personale specializzato

Descrizione: Controllo della consistenza dell'elemento strutturale e dell'eventuale presenza di lesioni o distaccamenti del copriferro. Verifica dell'integrità e perpendicolarità della struttura e delle zone di terreno direttamente interessate dalla stessa.

Modalità: A vista e/o con l'ausilio di strumentazione idonea.

Frequenza: Annuale.

Esecutore: Ditta specializzata.

- Consolidamento terreno

Descrizione: Opere e/o procedimenti specifici di consolidamento del terreno da scegliere dopo indagini specifiche e approfondite. Trattamenti di miglioramento della resistenza delle fondazioni anche tramite l'impiego di georesine.

Esecutore: Ditta specializzata

Frequenza: Quando necessario

- Intervento per anomalie di corrosione

Descrizione: Opere di rimozione delle parti ammalorate e della ruggine. Ripristino dell'armatura metallica corrosa con vernici anticorrosive, malte, trattamenti specifici o anche attraverso l'uso di idonei passivanti per la protezione delle armature. Opere di protezione e/o ricostruzione dei copriferri mancanti.

Esecutore: Ditta specializzata

Frequenza: Quando necessario

- Intervento per anomalie di fessurazione

Descrizione: Opere di ripristino delle fessure e consolidamento dell'integrità del materiale tramite l'utilizzo di resine, malte, cemento o vernici.

Esecutore: Ditta specializzata

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
--	---	---------------

Frequenza: Quando necessario

- Realizzazione sottofondazioni

Descrizione: Realizzazione di sottofondazioni locali o globali a sostegno del sistema di fondazione e della struttura.

Esecutore: Ditta specializzata

Frequenza: Quando necessario

- Rinforzo elemento

Descrizione: Realizzazione di interventi di rinforzo strutturale dell'elemento mediante la realizzazione di gabbie di armature integrative con getto di malte a ritiro controllato o attraverso l'applicazione di nuovi componenti di rinforzo che aumentino la sezione resistente dell'elemento strutturale.

Esecutore: Ditta specializzata

Frequenza: Quando necessario

- Riparazione e ripresa delle lesioni

Descrizione: Interventi di riparazione e di ripristino dell'integrità e della resistenza dell'elemento strutturale lesionato tramite l'utilizzo di resine, malte, cemento o altri prodotti specifici, indicati anche per la ricostruzione delle parti di calcestruzzo mancanti; tali trattamenti saranno eseguiti dopo una approfondita valutazione delle cause del difetto accertato e considerando che la lesione sia stabilizzata o meno.

Esecutore: Ditta specializzata