



Engineering & Construction



GRE CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.15438.00.141.00

PAGE

1 di/of 16

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

IMPIANTO EOLICO MONTEMILONE

PROGETTO DEFINITIVO

A.11.4

Calcolo pre-dimensionamento strutture e fondazioni dell'edificio di sottostazione



File: GRE.EEC.R.25.IT.W.15438.00.141.00 - A.11.4 Calcolo edificio sottostazione.docx

00	01/12/2021	First issue	F. Guiggiani studio TECHNE	M. Nardi studio TECHNE	M. Nardi studio TECHNE
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED

GRE VALIDATION

A. Provasi	O.Chinnici	E. Pansini
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT Wind farm Montemilone	GRE CODE																		
	GROUP	FUNCTION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT					SYSTEM	PROGRESSIVE			REVISION			
	GRE	EEC	R	2	5	I	T	W	1	5	4	3	8	0	0	1	4	1	0

CLASSIFICATION	UTILIZATION SCOPE
	Iter autorizzativo

This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power S.p.A.

INDEX

1. INTRODUZIONE	4
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3. MATERIALI	6
4. SOFTWARE UTILIZZATO.....	8
5. IMPOSTAZIONE DEL CALCOLO.....	9
5.1. Criteri di modellazione, analisi e verifica.....	9
5.2. Carichi sulla fondazione.....	11
5.3. Combinazioni di carico	11
6. VERIFICHE STRUTTURALI.....	12
6.1. Verifiche S.L.U.	12
6.1.1. Verifica a flessione.....	12
6.1.2. Verifica a taglio	15
6.2. Verifica dei minimi di armatura	16

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Rappresentazione grafica del modello FEM realizzato.....	9
Figura 2: Armature assegnate.....	10
Figura 3: Coefficienti di sfruttamento della verifica a flessione della platea in direzione X.....	13
Figura 4: Coefficienti di sfruttamento della verifica a flessione della platea in direzione Y.....	14

1. INTRODUZIONE

La presente relazione è volta ad illustrare i calcoli eseguiti per il predimensionamento strutturale dell'edificio di sottostazione da installarsi all'interno dell'impianto eolico "Montemilone" sito nel comune omonimo (PZ).

La struttura in elevazione sarà prefabbricata e calcolata dal fornitore, pertanto le verifiche strutturali su di essa non saranno trattate in questa fase. Sono state eseguite solamente le verifiche sulla platea di fondazione.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si elenca la normativa di riferimento:

- **D.M. Infrastrutture 17/01/18** - "Norme tecniche per le costruzioni".
- **Circolare del 21/01/2019, n° 7** - "Istruzione per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018".

3. MATERIALI

I materiali strutturali previsti per la fondazione sono i seguenti.

- **Calcestruzzo di classe C30/37:**

$$R_{ck} = 37 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$E = 32837 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\nu = 0,20$$

$$G = 13682 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\gamma = 25 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$$f_{ck} = 30 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$f_{ctk} = 2,03 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$f_{ctm} = 2,90 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$f_{cd} = 17,0 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$f_{ctd} = 1,35 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Normativa di riferimento	UNI EN 206-1
Classe di resistenza a compressione	C30/37
Classe di esposizione ambientale	XC3
Dimensione massima nominale dell'aggregato	30 mm
Classe di consistenza	S4
Classe di contenuto in cloruri	0,20
Rapporto A/C max	0,55
Copriferro	40 mm

- **Acciaio in barre ad aderenza migliorata per armature di classe B450C:**

$$E = 2e+005 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\nu = 0,30$$

$$G = 76923 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\gamma = 78,5 \text{ (KN/m}^3\text{)}$$

$$f_{yk} = 450 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$f_{tk} = 540 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$f_{yd} = 391 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

4. SOFTWARE UTILIZZATO

Il software di calcolo utilizzato per la modellazione e verifica strutturale agli elementi finiti è CMP fornito da Namirial S.p.A., versione 32.00, con solutore XFINEST 2021 della Ce.A.S. di Milano.

5. IMPOSTAZIONE DEL CALCOLO

5.1. Criteri di modellazione, analisi e verifica

Il modello agli elementi finiti della fondazione dell'edificio di sottostazione è stato realizzato mediante elementi di tipo *shell*.

Il terreno è stato schematizzato come un letto di molle alla Winkler. Il valore della costante di sottofondo alla Winkler è stato stimato pari a 5000 kN/m^3 .

Le azioni sismiche non sono state inserite nella modellazione poiché in questo caso sono risultate più gravose le azioni del vento.

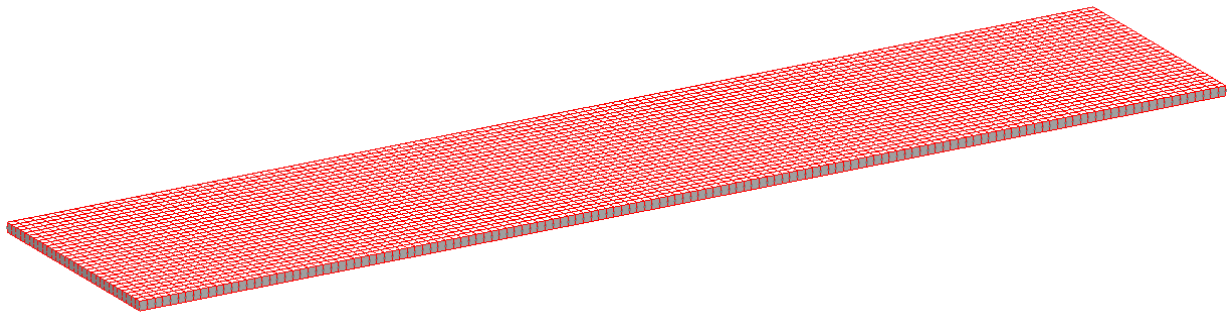



Figura 1: Rappresentazione grafica del modello FEM realizzato

Legenda armature
T1 Ø12/200" d'=60 mm 

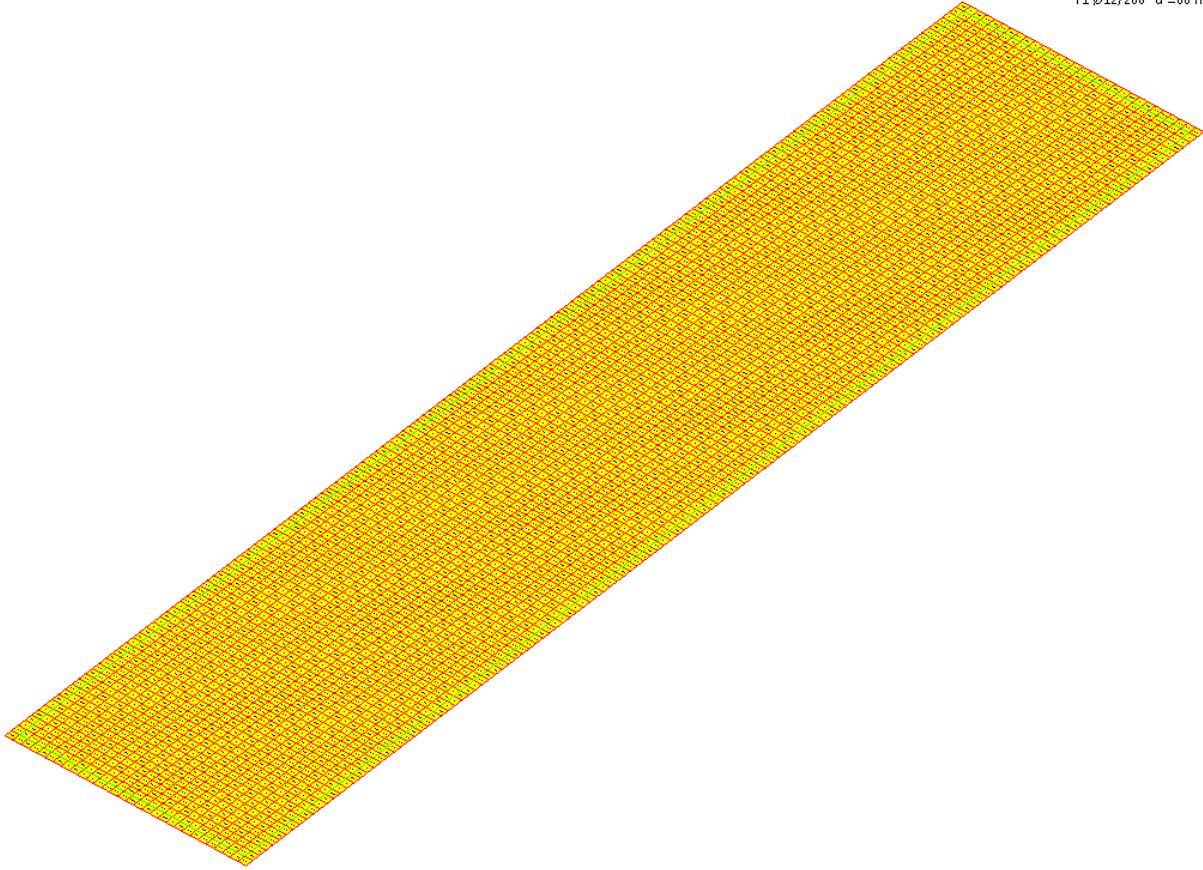


Figura 2: Armature assegnate

5.2. Carichi sulla fondazione

Sono state considerate le seguenti condizioni di carico elementari:

Nome	CdC	mltX	mltY	mltZ	Tipo	ψ_0	ψ_1	ψ_2
G1	1	0	0	-1	Permanente (St)	1	1	1
G2	2	0	0	0	Permanente non strutt (St)	1	1	1
Vento X	8	0	0	0	Vento (St)	0.6	0.2	0

Il carico G_1 è dato esclusivamente dal peso proprio della platea.

Il carico distribuito pari a 20 kN/m^2 stimato è stato considerato cautelativamente come carico G_2 , anche se è inclusivo dei carichi gravitazionali accidentali.

Come azione orizzontale, è stato considerato il vento in direzione trasversale. In questo caso si ritiene di poter trascurare l'azione sismica, dato che la maggior parte dei carichi agisce a livello della platea di fondazione.

L'azione orizzontale globale dovuta al vento è pari a 0.93 kN/m^2 .

5.3. Combinazioni di carico

Per le verifiche della struttura sono state considerate le combinazioni di carico agli stati limite ultimi e di esercizio, di seguito riportate (§2.5.3 NTC 2018):

- SLU statica $Y_{G1} G_1 + Y_{G2} G_2 + Y_Q Q_{k1} + Y_Q Q_{k2} + Y_Q Q_{k3} \dots$
- SLE statica (rara) $G_1 + G_2 + Q_{k1} + \psi_{02} Q_{k2} + \psi_{03} Q_{k3} \dots$
- SLE statica (frequente) $G_1 + G_2 + \psi_{11} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} \dots$
- SLE statica (q. perm.) $G_1 + G_2 + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} \dots$

Le verifiche strutturali sono eseguite dal software di calcolo utilizzando le combinazioni di carico create automaticamente secondo i coefficienti di normativa.

6. VERIFICHE STRUTTURALI

6.1. Verifiche S.L.U.

6.1.1. Verifica a flessione

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche (eseguite dal software), sotto forma di coefficienti di sfruttamento, intesi come rapporto tra azione sollecitante e azione resistente. La scala cromatica è tarata sulla base dei soli elementi visibili. Inoltre il valore massimo è indicato direttamente sullo shell interessato.

Come si può notare, tutte le verifiche risultano soddisfatte poiché i coefficienti di sfruttamento non sono maggiori di 1.

Verifica SLU

Coeff.Sfruttamento NM direzione 2

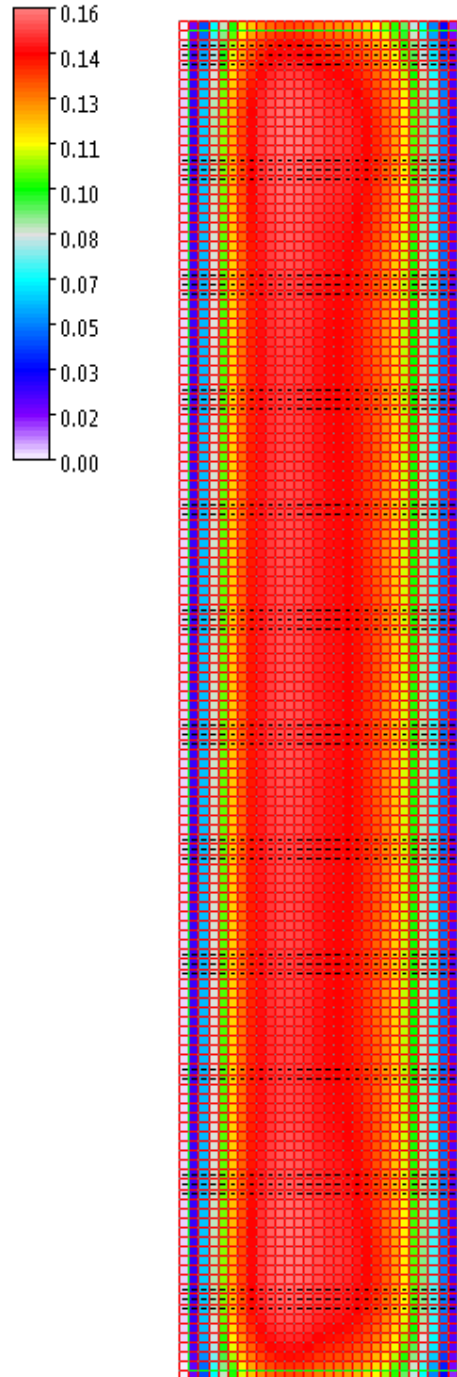


Figura 3: Coefficienti di sfruttamento della verifica a flessione della platea in direzione X

Verifica SLU

Coeff.Sfruttamento NM direzione 3

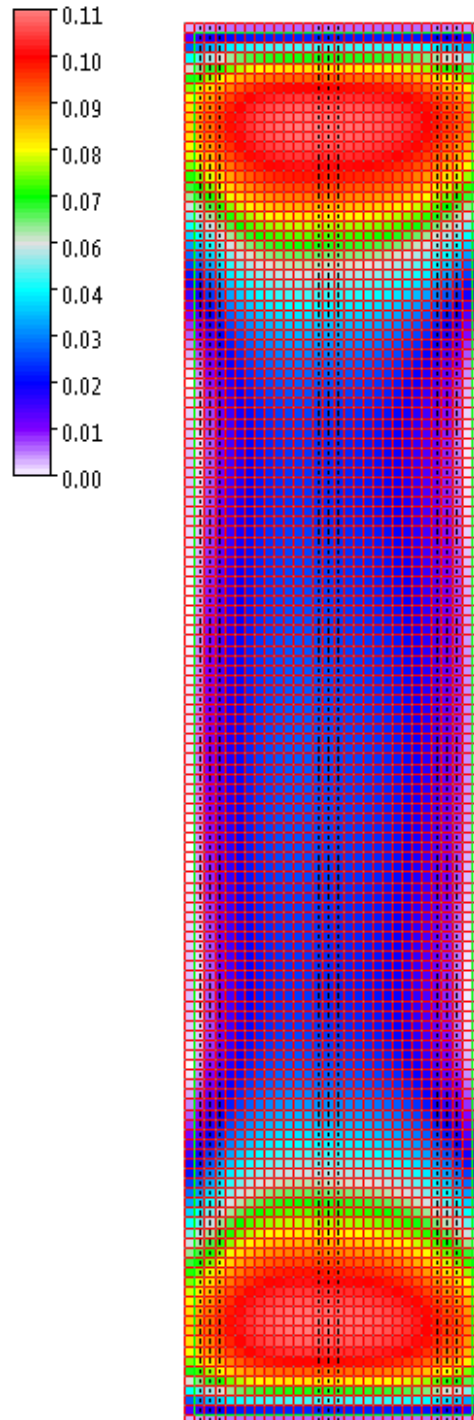


Figura 4: Coefficienti di sfruttamento della verifica a flessione della platea in direzione Y

6.1.2. Verifica a taglio

La verifica a taglio della platea è stata eseguita manualmente su foglio di calcolo, schematizzando la sezione di platea maggiormente sollecitata come una trave di larghezza pari a 1 metro:

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d \right\} \quad [4.1.23]$$

Verifica a taglio senza armature trasversali (§4.1.2.3.5.1 NTC18)			
Platea h=30cm:			
V_{Ed}	22.2 kN		
b	1 m		
	1000 mm		
h	0.30 m	spessore	
c	0.05 m	copriferro dall'asse	
d	0.25 m		
	250 mm		
k	1.89		
f_{ck}	30.0 MPa	C30/37	
v_{\min}	0.500 MPa		
ϕ	12 mm	armatura	
passo	0.20 m	base	
A_s	565 mm ²		
ρ_l	0.0023		
σ_{cp}	0		
$V_{Rd,1}$	108 kN =	$\left[0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d$	
$V_{Rd,2}$	125 kN =	$(v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d$	
V_{Rd}	125 kN		
V_{Ed}/V_{Rd}	0.18	OK	

6.2. Verifica dei minimi di armatura

La quantità di armatura minima necessaria deve rispettare le seguenti prescrizioni sui dettagli costruttivi secondo le NTC 2018:

- §7.2.5 per le **platee di fondazione** in zona sismica:

Le platee di fondazione in calcestruzzo armato devono avere armature longitudinali, secondo due direzioni ortogonali e per l'intera estensione, in percentuale non inferiore allo 0,1% dell'area della sezione trasversale della platea, sia inferiormente sia superiormente.

La platea progettata ha un'armatura $\emptyset 12/20$ per lembo e per ciascuna direzione, corrispondente allo **0,19%** dell'area della sezione trasversale ($H = 30$ cm).