

# PARCO EOLICO "MONTE ARGENTU"

COMUNE DI NURRI

PROVINCIA DEL SUD SARDEGNA (SU)



## STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

**Elaborato:**

PROGETTO DEFINITIVO OPERE CIVILI

**CALCOLI PRELIMINARI DIMENSIONAMENTO FONDAZIONI  
AEROGENERATORI**

Codice elaborato:  
**NU\_PC\_A009**

Data: Gennaio 2023

**Il committente:** Sardeolica s.r.l.

**Coordinamento:** FAD SYSTEM SRL - Società di ingegneria

Dott. Ing. Ivano Distinto

Dott. Ing. Carlo Foddis

**Elaborato a cura di:**

Fad System srl

Dott. Ing. Giovanni Giacomo Cau

rev.	data	descrizione revisione	rev.	data	descrizione revisione
00	18/10/2021	Emissione per consegna			
01	30/01/2023	Revisione con riduzione numero aerogeneratori			

# PARCO EOLICO NURRI

Realizzazione del Parco Eolico di "Monte Argentu" nel Comune di Nurri (SU)  
N° 6 WTG da 6,00 MW

CALCOLI PRELIMINARI  
DIMENSIONAMENTO FONDAZIONI AEROGENERATORI

## COLLABORAZIONI SPECIALISTICHE:

Verifiche strutturali    Ing. Giovanni Giacomo Cau

Aspetti geologici geotecnici    Dott.ssa Geol. Cosima Atzori

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DEL PARCO EOLICO  
"MONTE ARGENTU"  
OPERE CIVILI: CALCOLI PRELIMINARI DIMENSIONAMENTO FONDAZIONI AEROGENERATORE**

---

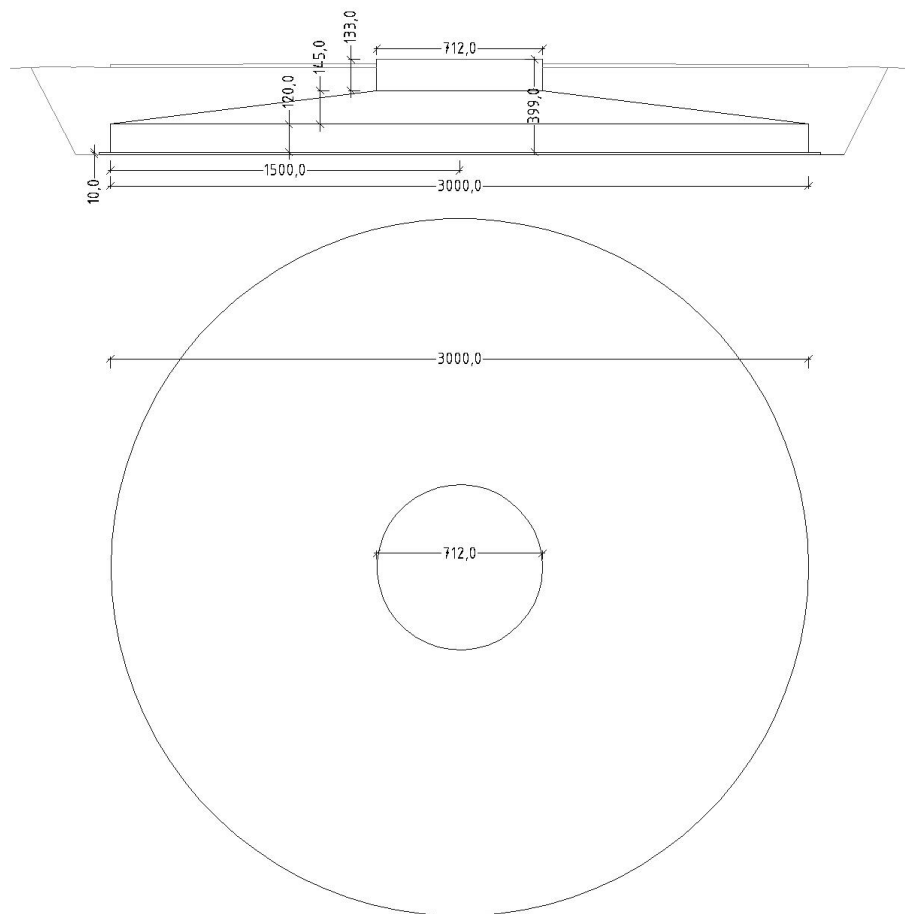
**INDICE**

1	PREMESSA.....	3
2	MATERIALI UTILIZZATI .....	5
3	NORMATIVA .....	5
4	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO .....	5
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	6
6	ANALISI DEI CARICHI .....	8
6.1	CARICHI PERMANENTI .....	9
7	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	10
7.1	VERIFICA A RIBALTAMENTO.....	10
7.2	VERIFICA A SCORRIMENTO .....	10
7.3	VERIFICA DELLA CAPACITA' PORTANTE DEL TERRENO E DEI CEDIMENTI.....	11

## 1 PREMESSA

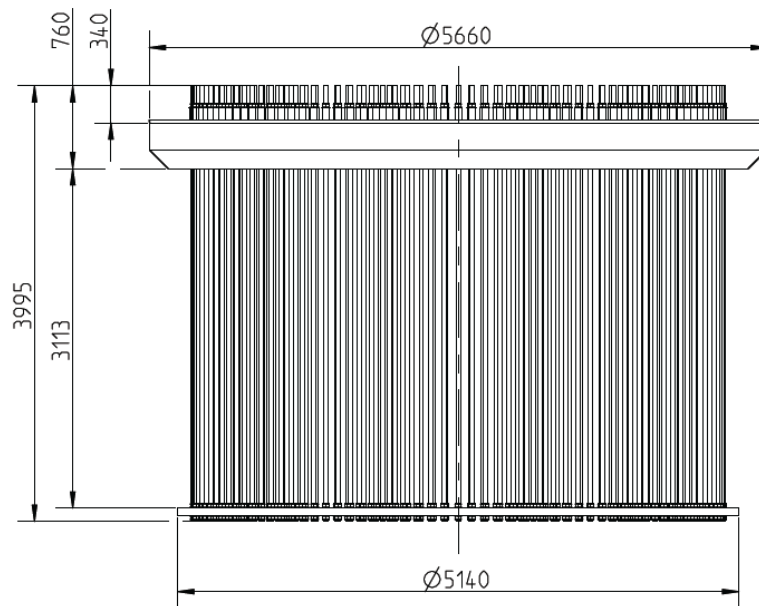
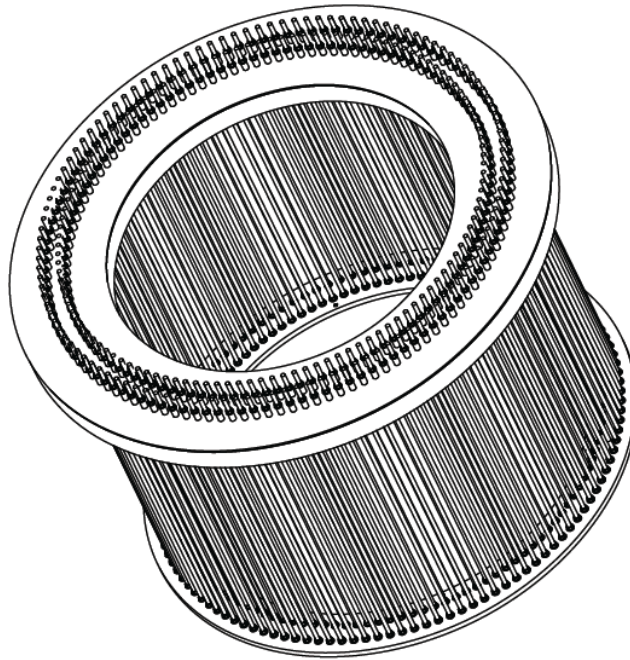
Nel territorio del comune di Nurri, nella provincia del Sud Sardegna, è prevista la realizzazione di un parco eolico composto da 6 aerogeneratori (tipo Vestas V162) aventi il sostegno di altezza massima 125 m ed il rotore del diametro di 162 m per una potenza nominale di 6,00 MW. La seguente relazione riguarda il predimensionamento e la verifica geotecnica preliminare del plinto di fondazione.

Il plinto di fondazione ha la pianta circolare con raggio di 15,00 m; è composto da una parte inferiore cilindrica ( $h = 1,20$  m), una intermedia troncoconica ( $h = 1,45$  m), ed una superiore cilindrica di altezza 1,33 m che sporge dal piano di campagna di circa 30 cm. La fondazione ha un'altezza complessiva di 3,98 m.



Il collegamento della torre alla fondazione è ottenuto attraverso un doppio anello di tirafondi (120+120) tipo M42 CL 10.9 ad alta resistenza collegati inferiormente con una flangia circolare in acciaio S355J2 annessa nel calcestruzzo della fondazione. I tirafondi nella parte superiore del plinto sono collegati alla flangia del primo concio della torre.

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DEL PARCO EOLICO  
"MONTE ARGENTU"  
OPERE CIVILI: CALCOLI PRELIMINARI DIMENSIONAMENTO FONDAZIONI AEROGENERATORE



## **2 MATERIALI UTILIZZATI**

calcestruzzo:

magrone C 16/20 N/mm<sup>2</sup>

getto di prima fase C 50/60 N/mm<sup>2</sup>

getto di seconda fase C 50/60 N/mm<sup>2</sup>

salvo differenze in fase di progettazione esecutiva.

acciaio :

acciaio in barre aderenza migliorata B 450C

## **3 NORMATIVA**

- Norme tecniche per le costruzioni (NTC 2018) D. Min. Infrastrutture e Trasporti del 17.01.2018

- Circ. Ministero Infrastrutture e Trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018

La relazione è stata inoltre redatta secondo le specifiche fornite dalla soc. VESTAS, in particolare:

- Doc. num. 0084 - 2363 VER00 "Preliminary Foundation Loads V162 - 5,60 MW Vidar, IEC, 125 m", che riporta i carichi in condizioni estreme alla base della torre.

- Doc. Num. 0096 - 8813 VER00 "Combine tower loads – TA27D00 EV150 - 5.6/6.0 MW & EV162 - 5.4/5.6/6.0 MW EnVentus, IECS, 125 m"

## **4 VITA NOMINALE E CLASSE D'USO**

Tipo di costruzione: 2 (Opere ordinarie)

Vita nominale:  $V_N \geq 50$  anni

Classe d'uso: III

Periodo di riferimento:  $V_R = 75$  anni

## 5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La Geologa Dott.ssa Cosima Atzori ha redatto la Relazione Geologica preliminare (NU\_SIA\_A015), sulla base dei dati acquisiti con l'esecuzione del Piano di Indagini Geognostiche del 29.03.2021. Per la definizione dei parametri geotecnici del substrato roccioso portante ha utilizzando il criterio di Hoek-Brown generalizzato (1995). Dall'elaborazione dei dati sono stati ricavati i valori di coesione e di angolo di attrito interno, che hanno portato all'individuazione dei seguenti modelli geologici:

- Formazione di Pala Manna (inalterata)
- Formazione di Pala Manna (alterata)
- Formazione degli Scisti a Graptoliti (inalterata)
- Formazione degli Scisti a Graptoliti (alterata)
- Formazione del Monte Santa Vittoria
- Formazione del Muschelkalk

Questi sono poi stati riassunti in n.03 modelli rappresentativi:

- MODELLO 01 utilizzabile per le WTG N02, N03, N04, N05, N06
  - 0.00m - 0.15m Suolo
  - 0.15m - 6.00m Metarenarie alterate
  - 6.00m - in poi Metapeliti

Nurri - MODELLO GEOLOGICO 01		(N02, N03, N04, N05, N06)		
Dati Parametri Resistenza				
Tipo di Terreno		S1-Suolo	S2 – Metarenarie alterate	S3 - Metapeliti
Descrizione				
Peso di volume	[kg/mc]	1800	1950	2050
Peso di volume saturo	[kg/mc]	2000	2000	2100
Angolo di attrito interno	[°]	25	23.34	33.13
Coesione	[Mpa]	0	0,120	0,281
Dati Parametri Deformabilità				
Modulo elastico	[Mpa]	1108	2108	6418
Coefficiente di Poisson	[]	0,33	0,33	0,33
Modulo di taglio (G)	[Mpa]	412	765	2407
Velocità onde di taglio Vs	[m/sec]	480	635	1025

- MODELLO 02 utilizzabile per le WTG N08, N09, N10
  - 0.00m - 5m Calcari fratturati
  - 5m - in poi Metapeliti

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DEL PARCO EOLICO  
"MONTE ARGENTU"  
OPERE CIVILI: CALCOLI PRELIMINARI DIMENSIONAMENTO FONDAZIONI AEROGENERATORE**

Nurri - MODELLO GEOLOGICO 02				( N08, N09, N10)
Dati Parametri Resistenza				
Tipo di Terreno		S1 – Calcari fratturati	S2 - Metapeliti	
Descrizione				
Peso di volume	1850	2050	1950	
Peso di volume saturo	1900	2100	2000	
Angolo di attrito interno	35.13	33.13	23.34	
Coesione	0,288	0,281	0,120	
Dati Parametri Deformabilità				
Modulo elastico	[Mpa]	1784,5	6418	
Coefficiente di Poisson	[]	0,33	0,33	
Modulo di taglio (G)	[Mpa]	671,5	2407	
Velocità onde di taglio Vs	[m/sec]	595	1025	

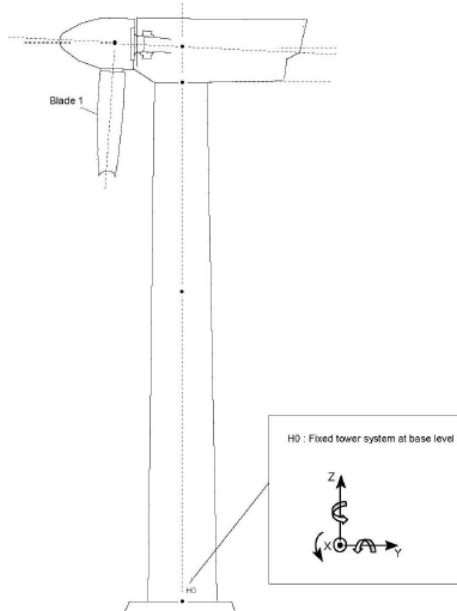
- MODELLO 03 utilizzabile per le WTG N01 e N07  
0.00m - 5m    Metapeliti alterate  
5m - in poi    Metapeliti inalterate

Nurri - MODELLO GEOLOGICO 03				(N01, N07)
Dati Parametri Resistenza				
Tipo di Terreno		S1 – Calcari fratturati	S2 - Metapeliti	
Descrizione				
Peso di volume	1850	2050	1950	
Peso di volume saturo	1900	2100	2000	
Angolo di attrito interno	35.13	33.13	23.34	
Coesione	0,288	0,281	0,120	
Dati Parametri Deformabilità				
Modulo elastico	[Mpa]	1784,5	6418	
Coefficiente di Poisson	[]	0,33	0,33	
Modulo di taglio (G)	[Mpa]	671,5	2407	
Velocità onde di taglio Vs	[m/sec]	595	1025	



## 6 ANALISI DEI CARICHI

I carichi agenti sulla sommità della fondazione sono stati ricavati dal documento "0084 - 2363 VER00" della Società Vestas Wind allegato in appendice. I carichi riportati nel documento sono considerati agenti 20 cm sopra la sommità della fondazione.



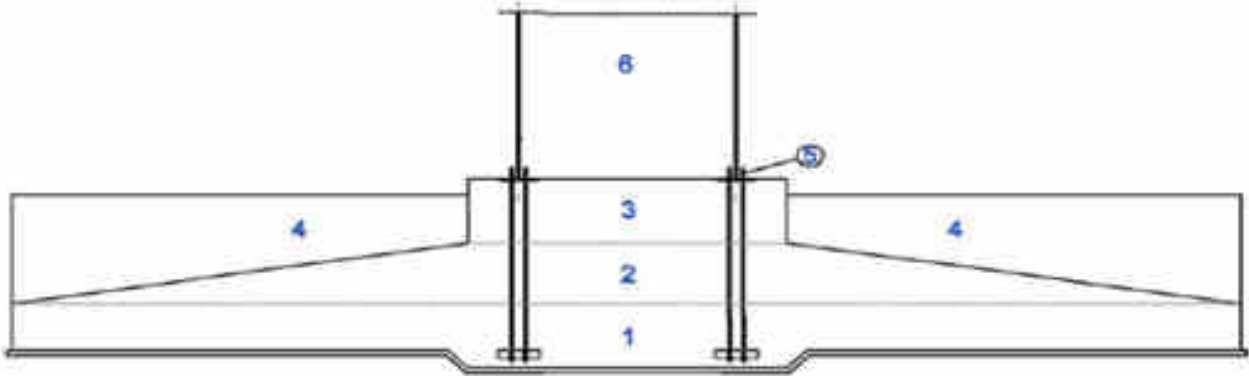
Characteristic Extreme							
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt1	Mzt1	FndFr	Fzt1
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
Mbt1	14EcdVrma00(fam43)	1.35	Abs	<b>164300</b>	1429	1292	-7447
Mzt1	23NTMHW0100(fam166)	1.49	Abs	29490	<b>-15630</b>	261.9	-7198
FndFr	23NTMVRp00(fam164)	1.49	Abs	135200	-841.6	<b>1308</b>	-7458
Fzt1	23NTMHW0100(fam166)	1.49	Abs	68500	-998.0	554.0	<b>-7557</b>

Table 2-1 Characteristic Extreme (excl. PLF). Load cases sorted with PLF.

## 6.1 CARICHI PERMANENTI

I carichi permanenti sono dati dal peso proprio del terreno di ricoprimento, della gabbia di tirafondi e del plinto di fondazione.

### Calcolo del peso della fondazione



			Diametro esterno	Diametro interno	Altezza	Volume	
Parte 01			6,40	0,00	0,36	11,50	m <sup>3</sup>
			30,00	0,00	1,20	848,23	m <sup>3</sup>
Parte 02			30,00	7,12	1,45	440,45	m <sup>3</sup>
Parte 03			7,12	0,00	1,33	52,95	m <sup>3</sup>
						<b>1.353,13</b>	<b>m3</b>

Considerando un peso specifico del calcestruzzo armato di 24.50 kN/m<sup>3</sup>

Otteniamo un peso di **33.152 kN**

### Calcolo del peso del terreno di rinterro

Volume lordo (parti 2,3,4)	30,00	0,00	2,45	1.731,80	m <sup>3</sup>
a dedurre (parte 2)				-440,45	m <sup>3</sup>
a dedurre (parte 3)				-52,95	m <sup>3</sup>
Volume del terreno di ricoprimento				<b>1.234,86</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

Considerando un peso specifico del terreno di ricoprimento 20 kN/m<sup>3</sup> otteniamo un peso di **24.697 kN**

## 7 VERIFICHE GEOTECNICHE

### 7.1 VERIFICA A RIBALTAMENTO

La verifica si effettua allo stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU).

I carichi alla sommità della fondazione sono i seguenti (dal doc vestas "0084 - 2363 VER00"):

$$M_{\text{torre\_s}} = 164.300 \text{ kNm}$$

$$T_{\text{torre\_s}} = 1.308 \text{ kN}$$

$$N_{\text{torre\_s}} = 7.557 \text{ kN}$$

I carichi alla base della fondazione sono i seguenti:

$$M_{\text{torre\_b}} = 169.560 \text{ kNm}$$

$$T_{\text{torre\_b}} = 1.308 \text{ kN}$$

$$M_{\text{Ttorre\_b}} = 5.232 \text{ kN}$$

$$N_{\text{torre\_b}} = 7.557 \text{ kN}$$

I coefficienti da utilizzare sono i seguenti:

$$Y_{G1} = 0.9$$

$$Y_{G2} = 0$$

$$Y_Q = 1.5$$

Carico verticale stabilizzante alla base della fondazione:

$$E_d = Y_{G1} \times N_{\text{tot}}$$

$$E_d = 0.9 \times (N_{\text{torre\_s}} + P_{\text{fond}} + P_{\text{rint}})$$

$$E_d = 0.9 \times (7.557 + 33.152 + 24.697)$$

$$E_d = 0.9 \times 65.046 = 58.865 \text{ kN}$$

Momento ribaltante alla base della fondazione (H fondazione 4,00 m)

$$M_r = Y_Q \times (M_{\text{torre\_b}} + M_{\text{Ttorre\_b}}) = 1.5 \times (169.560 + 5.232) = 262.188 \text{ kNm}$$

Momento stabilizzante:

$$M_s = E_d \times D/2 = 58.865 \times 15 = 882.981 \text{ kNm}$$

$$\eta = M_s / M_r > 1 \text{ verifica positiva}$$

### 7.2 VERIFICA A SCORRIMENTO

Azioni che attivano lo scorrimento:

$$E_d = Y_Q \times T_{\text{torre}} = 1.5 \times 1.308 = 1.962 \text{ kN} \quad (Y_Q = 1.5)$$

Azioni che si oppongono allo scorrimento:

Angolo di attrito terreno/fondazione:  $\phi = 23^\circ$

$$R_d = Y_{G1} \times N_{tot} \times (\operatorname{tg} \phi)' = 1 \times 65.406 \times (\operatorname{tg} 23^\circ) = 27.763 \text{ kN}$$

Deve risultare  $R_d / E_d \gg 1,1$  verifica soddisfatta

Si è completamente trascurato il fatto che la base delle fondazioni siano incassate di circa 3,50 m rispetto al piano di campagna.

### **7.3 VERIFICA DELLA CAPACITA' PORTANTE DEL TERRENO E DEI CEDIMENTI**

I calcoli sono stati eseguiti mediante l'utilizzo del software "Loadcap" della casa "GEOSTRU®" dalla geologa dott.ssa Cosima Atzori e riassunti nella relazione geotecnica All. NU\_PA\_A011.

I dati dei carichi utilizzati in input sono i seguenti:

Peso WTG	770 595	kg		7 557	kN
Peso Plinto	3 382 825	kg		33 151	kN
Peso terreno ricoprimento	2 519 118	kg		24 697	kN
Momento flettente	16 753 852	kgm		164 300	kNm
Taglio	133 378	kg		1 308	kN

I risultati delle elaborazioni sono visibili all'interno della relazione geotecnica nell'"Allegato 1", nei tre modelli di output del software, uno per ogni tipologia di stratigrafia ipotizzata:

NU\_PC\_A011 Allegato 1 – Relazione di calcolo