

EVO S.R.L.



CODICE

C23EOSW002G033R00

PAGE

1 di/of 7

**Regione Sardegna**

**Provincia di Sassari**

**Comune di Calangianus**

**“Impianto eolico di potenza nominale pari a 33 MW integrato con un sistema di accumulo di potenza nominale pari a 25 MW da realizzarsi nel Comune di Calangianus (SS)”**

**RELAZIONE GITTATA MASSIMA ELEMENTI ROTANTI**

Il tecnico

Ing. Leonardo Sblendido



File:C23EOSW002G033R00\_Relazione gittata massima elementi rotanti.docx

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	09/02/2024	Progetto definitivo	A. Leonetti	D. Morelli	L. Sblendido

## INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	DESCRIZIONE DEL PROGETTO .....	3
3	CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA DEGLI ELEMENTI ROTANTI DEGLI AEROGENERATORI .....	4
3.1	CALCOLO .....	5
4	CONCLUSIONI.....	7

## 1 PREMESSA

Il presente documento con riferimento al progetto dell'impianto eolico da 33 MW comprensivo delle opere di connessione, proposto da EVO S.R.L., sul territorio comunale di Calangianus in provincia di Sassari, ha come obiettivo quello di valutare, a seguito della rottura accidentale di una pala, la distanza massima raggiungibile dalla stessa.

Nel DM 10/09/2010, allegato 4, vengono riportate distanze da rispettare atte a, oltre il corretto inserimento nel paesaggio, aumentare il livello di sicurezza.

- Distanza minima da ciascun aerogeneratore da unità abitative, non inferiore ai 200 metri.
- Distanza minima da ciascun aerogeneratore dai centri abitati, non inferiore a 6 volte l'altezza massima dell'aerogeneratore.

Il parco eolico sarà costituito da N. 5 aerogeneratori, di potenza nominale singola pari a 6,6 MW, con un sistema di accumulo di 25 MW, per una potenza nominale complessiva di 58MW.

## 2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Ai fini dei calcoli è stato impiegato il modello di turbina eolica da 6,6 MW, costituito da una torre di sostegno tubolare metallica a tronco di cono ed in alcuni casi anche in cemento armato, sulla cui sommità è installata la navicella, il cui asse è a 112 m dal piano campagna (Hub height), con annesso il rotore di diametro pari a 175 m (Rotor diameter) (lunghezza pala 85,7), per un'altezza massima complessiva del sistema torre-pale, comprensiva del mozzo, pari a 199,5 m s.l.t..

Gli aerogeneratori in progetto hanno tutti le stesse caratteristiche tecniche, riassunte in seguito:

Potenza nominale	6,6 MW
Altezza della punta (Tip height)	199,5 m
Altezza del mozzo (Hub height)	112 m
Diametro del rotore (Rotor $\phi$ )	175 m
Lunghezza della pala	85,7 m
Velocità cut-in	3 m/s
Velocità nominale	12,5 m/s
Velocità cut-out	20 m/s
Velocità di rotazione n	9,025* giri/minuto

**Tabella 1- Dimensioni aerogeneratore tipo**

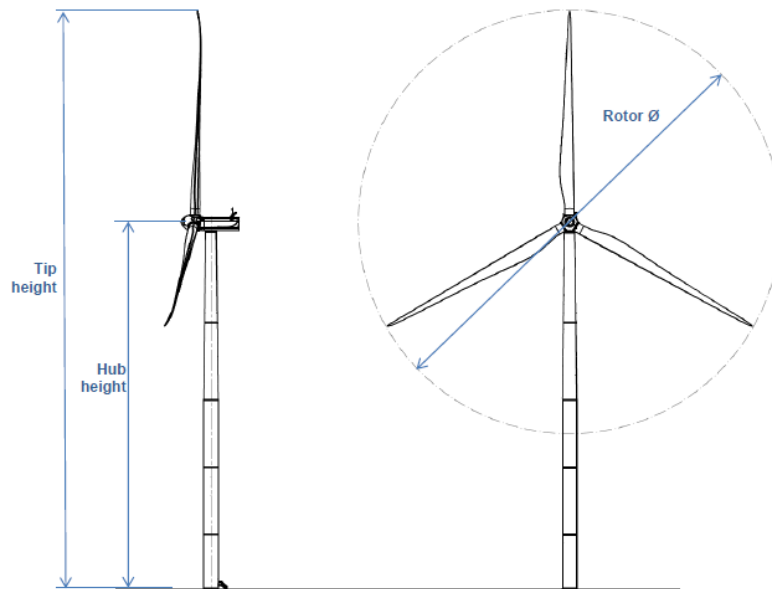


Figura 1 - Dimensioni aerogeneratore tipo

### 3 CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA DEGLI ELEMENTI ROTANTI DEGLI AEROGENERATORI

L'ipotesi di partenza è che una pala si distacchi accidentalmente mentre il rotore è in movimento. La figura seguente illustra schematicamente il fenomeno.

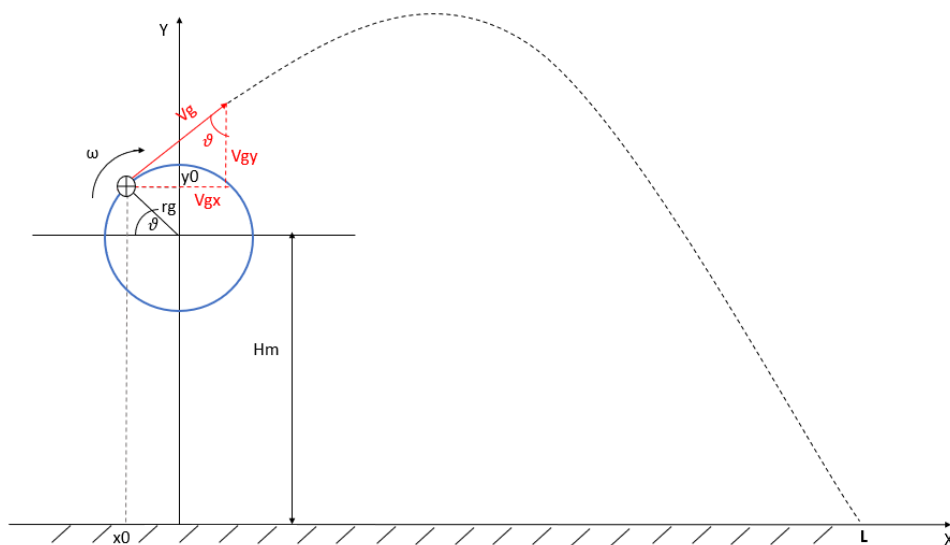


Figura 2 – Traiettoria del moto

Il moto risultante sarà quello di un corpo libero, soggetto solo all'accelerazione di gravità e alla

forza di attrito viscoso con l'aria. Si assume che la pala si muoverà con moto parabolico (o moto del proiettile) pertanto la gittata dell'elemento rotante sarà caratterizzata da un moto rettilineo uniforme lungo l'asse X e un moto uniformemente accelerato lungo l'asse Y.

Al fine del calcolo si assumerà, infatti, che il moto bidimensionale parabolico sia assimilato a quello di un corpo puntiforme. È inoltre assunto che l'oggetto trasli senza ruotare, disponendosi in una posizione tale da offrire il minor attrito possibile con l'aria rispetto alle componenti orizzontali della sua velocità e, al contrario, massimo attrito rispetto a quelle verticali (massima portanza).

Tutte queste assunzioni risultano conservative ai fini della gittata massima; in questo modo la gittata reale non sarà mai superiore a quella di seguito calcolata.

### 3.1 CALCOLO

Considerate le caratteristiche geometriche delle pale e considerata la distribuzione dei pesi lungo il profilo delle stesse, si può ritenere con buona approssimazione che il centro di massa sia posizionato ad 1/3 della lunghezza delle pale rispetto al punto di serraggio del mozzo, ossia:

$$r_g = \frac{1}{3} L_p \text{ (m)}$$

Dove:

**L<sub>p</sub>**: lunghezza dell'intera pala.

A tale dimensione, si aggiunge la distanza dal centro del rotore al punto di ancoraggio della pala.

$$r_g = \frac{1}{3} L_p + 2 \text{ m}$$

La velocità di distacco " $v_g$ " si calcola a partire dalla velocità angolare " $\omega$ " (e quindi dal numero di giri al minuto della turbina " $n$ ") e dal raggio baricentrico " $r_g$ " come di seguito:

$$V_g = \omega r_g = \frac{2\pi n}{60} r_g$$

Nell'ipotesi di distacco di una pala nel punto di serraggio del mozzo, punto di maggiore sollecitazione a causa del collegamento, vengono considerate le seguenti ipotesi:

- il moto del sistema è considerato di tipo rigido non vincolato;
- si ritengono trascurabili le forze di resistenza dell'aria;
- le componenti dell'accelerazione saranno  $a_x = 0$ ,  $a_y = -g$ .

- Le coordinate del punto di partenza del corpo, non saranno (0,0) coincidenti con l'origine degli assi ma  $(-r_g \cos(\theta), H_m + r_g \sin(\theta))$  ossia le coordinate del baricentro G di una pala.

L'equazione descrittiva del moto, nelle suddette condizioni, sarà quindi:

$$Gittata_{max} = -r_g \cos(\theta) + v_g \sin \theta \cdot \left( \frac{v_g \cos \vartheta + \sqrt{(v_g \cos \vartheta)^2 + 2g \cdot (H_m + r_g \sin \vartheta)}}{g} \right)$$

È evidente che  $v_{gy}$  ed  $Y_0$  dipendono dall'angolo  $\theta$ , a cui avviene il distacco della pala e pertanto tale valore sarà calcolato per valori di  $\theta$  che variano da  $0^\circ$  a  $180^\circ$ . Al valore della gittata calcolato con questa formula andrà sommata algebricamente la distanza  $x_0$  del baricentro della pala rispetto all'asse della torre al momento del distacco ( $x_0 = -r_g \cos(\theta)$ ) e la distanza del vertice della pala dal baricentro  $L_g = L_p / 2$ .

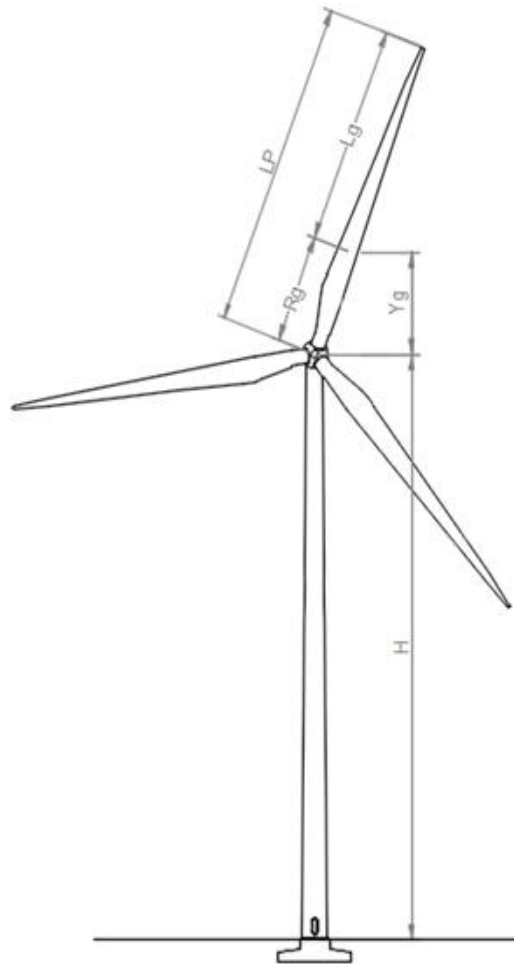


Figura 3 – Parametri turbina

#### 4 CONCLUSIONI

In conclusione scegliendo il valore che rappresenta la condizione più gravosa ossia quello con un angolo di lancio  $\theta = 71^\circ$ , e sommando algebricamente la sua distanza orizzontale dal baricentro all'asse della torre ( $x_0 = -r_g \cos(\theta)$ ) e la distanza del vertice della pala ( $L_g$ ), si ha che la distanza massima degli elementi rotanti in caso di rottura accidentale è di circa 233,13 m.

Si intende sottolineare che questo valore è teorico ed altamente conservativo, poiché non tiene conto delle forze di attrito viscoso e la complessità del moto rotazionale, ovvero la rotazione della pala durante il moto di caduta, condizioni reali che attenuano i valori della gittata massima.

Nel buffer di 233,13 m da ogni turbina non ricadono edifici esistenti, in particolare fabbricati con funzione abitativa.

Il tecnico

Ing. Leonardo Splendido



The image shows a handwritten signature in blue ink, which appears to be 'Leonardo Splendido', written over a circular professional stamp. The stamp contains the following text: 'INGEGNERE' at the top, 'LEONARDO SPLENDO' in the center, '1947' at the bottom, and 'Ingegnere' on the left side. The stamp also includes the words 'Ambiente' and 'Ingegneria' at the bottom.