

Alba Wind Srl

# **Parco Eolico Alba Wind sito nel Comune di Piana degli Albanesi (PA) e di Monreale (PA)**

**Relazione Gittata Massima**

Settembre 2022



Committente:

**Alba Wind Srl**

**Alba Wind Srl**

Via Sardegna, 40

00187 Roma

P.IVA/C.F. 16277231003

Titolo del Progetto:

**Parco Eolico Alba Wind sito nel Comune di Piana degli Albanesi (PA) e Monreale (PA)**

Documento:

**Relazione Gittata Massima**

N° Documento:

**IT-VesALB-BFP-GEN-TR-012**

Progettista:



Via Degli Arredatori, 8  
70026 Modugno (BA) - Italy  
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net  
tel. (+39) 0805046361

**Azienda con Sistema di Gestione Certificato**  
**UNI EN ISO 9001:2015**  
**UNI EN ISO 14001:2015**  
**UNI ISO 45001:2018**

**Tecnico**

ing. Danilo POMPONIO

**Collaborazioni**

ing. Milena MIGLIONICO  
ing. Giulia CARELLA  
ing. Tommaso MANCINI  
ing. Margherita DEBERNARDIS  
ing. Fabio MASTROSERIO  
ing. Martino LAPENNA  
ing. Nunzia ZECCHILLO  
ing. Miriam MATARRESE  
ing. Roberta ALBANESE  
ing. Mariano MARSEGLIA  
ing. Giuseppe Federico ZINGARELLI  
ing. Dionisio STAFFIERI

**Responsabile Commessa**

ing. Danilo POMPONIO

Rev	Data Revisione	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	30/09/2022	Emissione	Marseglia	Miglionico	Pomponio

## Sommario

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2. CENNI SUI PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO DI UN AEROGENERATORE .....</b>	<b>4</b>
<b>3. ROTTURA DELLA PALA .....</b>	<b>5</b>
3.1 Definizioni.....	6
3.2 Formule e Calcoli risultanti.....	6
<b>4. CONSIDERAZIONI FINALI .....</b>	<b>7</b>

## 1. PREMESSA

La presente relazione è relativa alla redazione del progetto per la realizzazione di un parco eolico proposto dalla società **Alba Wind S.r.l.**

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 8 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 7,2 MW per una potenza complessiva di 57,6 MW, da realizzarsi nella Provincia di Palermo, nei territori comunali di Piana degli Albanesi e Monreale, in cui insistono gli aerogeneratori e le relative opere di connessione alla RTN.

La relazione ha lo scopo di verificare e calcolare la gittata massima in caso di rottura della pala e/o di un frammento di pala di un aerogeneratore.

## 2. CENNI SUI PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO DI UN AEROGENERATORE

Nel dettaglio, le pale sono fissate su un mozzo, e nell'insieme costituiscono il rotore; il mozzo, a sua volta, è collegato ad un primo albero di trasmissione, detto albero lento, che ruota alla stessa velocità angolare del rotore.

L'albero lento è, nella maggior parte dei casi, collegato ad un moltiplicatore di giri, da cui si diparte un albero veloce, che ruota con velocità angolare data da quella dell'albero lento per il rapporto di trasmissione del rotismo installato. Tutti i componenti sopra menzionati, ad eccezione, del rotore e del mozzo, sono ubicati entro una cabina, detta navicella la quale, a sua volta, è sistemata su un supporto-cuscinetto, in maniera da essere facilmente orientata secondo la direzione del vento.

Oltre ai componenti su elencati, vi è un sistema di controllo che esegue, il controllo della potenza ruotando le pale intorno al loro asse principale, il controllo dell'orientamento della navicella, detto controllo dell'imbardata, che serve ad allineare la macchina rispetto alla direzione del vento. Si riporta di seguito una figura che evidenzia il verso di rotazione dell'aerogeneratore, in relazione alla direzione del vento che causa tale moto. La conformazione del profilo alare dell'aerogeneratore è fissa, mentre è mobile il rotore sul quale sono ancorate le pale. Questo garantisce il fatto che il rotore possa orientarsi rispetto al vento in modo tale da offrire allo stesso sempre il medesimo profilo alare garantendo indipendentemente dalla direzione del vento un verso orario di rotazione. Questa considerazione ci serve per fissare in ogni momento il verso della velocità tangenziale, responsabile della gittata nel piano, rispetto a quello della velocità del vento, ortogonale alla velocità tangenziale ed a sua volta responsabile della gittata fuori dal piano. Dalla composizione delle due traiettorie si ottiene la traiettoria

complessiva e quindi si capisce la direzione lungo la quale l'eventuale pala o parte di essa che si distacca percorre il suo moto. Mettendo in relazione la traiettoria del corpo che si distacca con la corografia del luogo si capisce se la pala nella percorrenza della sua traiettoria può essere o meno un elemento di pericolo per la strada e/o altro edificio interessato.



Figura 1: Relazione tra le direzioni del vento ed il verso di rotazione del rotore

### 3. ROTTURA DELLA PALA

Il calcolo della gittata massima in caso di rottura di una pala dell'Aerogeneratore segue il principio della balistica applicata ai moto dei proiettili. Si evidenzia che i calcoli sono fatti considerando nullo l'attrito con l'aria.

Nel caso in esame (tipologia EnVentus V162-7.2 MW) si suppone che l'eventuale rottura della pala avvenga alle peggiori condizioni possibili ovvero:

1. alla velocità massima del rotore, pari a circa 12,1 giri/minuto
2. nel punto di ascissa e ordinata in cui la gittata è massima, con angolo =  $-P/4$
3. con il centro di massa posizionato ad  $1/3$  della lunghezza della pala, in prossimità del mozzo.

L'aerogeneratore di tipo EnVentus V162-7.2 MW previsto ha altezza al mozzo uguale a 119 mt, le pale costituenti il rotore sono lunghe 81 mt.

### 3.1 Definizioni

$H_m$  = Altezza al mozzo dell'aerogeneratore = 119 mt

$L_p$  = Lunghezza della pala dell'aerogeneratore = 81 mt

$D_{cm}$  = Distanza dal mozzo del Centro di Massa della Pala =  $L_p / 3 = 27$  mt

$V_{ang}$  = Max Velocità Angolare Rotore = 12,1 Giri/Minuto =  $12.1 * 2\pi / 60 = 1.27$  Rad/sec

### 3.2 Formule e Calcoli risultanti

L'Ordinata di Massima Velocità  $O_{mv}$  al momento di rottura è data dalla somma dell'altezza del mozzo più la componente verticale del Centro di Massa:

- $O_{mv}$  = Ordinata di Massima Velocità =  $H_m + D_{cm} * \text{Radice}(2)/2 = \mathbf{138,09 m}$

Analogamente l'ascissa di Massima Velocità  $A_{mv}$  al momento di rottura:

- $A_{mv}$  = Ascissa di Massima Velocità =  $- D_{cm} * \text{Radice}(2)/2 = \mathbf{-19,09 m}$

La Velocità Lineare al Centro di Massa  $V_{max}$  è desunta dalla Velocità Angolare  $V_{ang}$

- $V_{max}$  = Velocità Lineare al Centro di Massa =  $V_{ang} * D_{cm} = \mathbf{34,21 m/sec}$

Le componenti Verticale  $V_y$  ed Orizzontale  $V_x$  di tale velocità Lineare al Centro di Massa si ottengono moltiplicando per il Seno ed il Coseno dell'angolo:

- $V_y$  = Componente Verticale Velocità =  $V_{max} * \text{Radice}(2)/2 = \mathbf{24,19 m/sec}$
- $V_x$  = Componente Orizzontale Velocità =  $V_{max} * \text{Radice}(2)/2 = \mathbf{24,19 m/sec}$

Il tempo necessario  $T_y$  perché la componente verticale della velocità sia nullo è dato dalla formula:

- $T_y$  = Tempo di decelerazione Verticale =  $V_y / 9.8 \text{ m/sec}^2 = \mathbf{2,47 sec}$

L'altezza Massima  $H_{max}$  si ottiene dalla formula:

- $H_{max}$  =  $O_{mv} + V_y * T_y - 1/2 * g * T_y^2 = \mathbf{167,92 m}$



Il tempo necessario  $T_{max}$  affinché l'elemento rotante precipiti a terra dalla sommità si ottiene dalla relazione:

$$1. \quad T_{max} = \text{tempo di caduta} = \text{Radice}(149,83/9.8\text{m/sec}^2) = 4.14 \text{ sec}$$

La distanza massima  $DL_{max}$  dalla base della torre percorsa dall'elemento rotante distaccatosi è quindi fornito dalla formula:

$$DL_{max} = V_x * (T_{max} + T_y) + A_{mv} + (L_p - D_{cm}) = 194.64 \text{ m}$$

#### 4. CONSIDERAZIONI FINALI

Ponendoci nella condizione peggiore che un frammento o l'intera pala si staccasse dal mozzo, si è dimostrato che l'impatto della stessa avviene a distanze molto contenute.

Infatti nel caso si staccasse l'intera pala il suo valore massimo di gittata è di **195** mt alla velocità massima di rotazione, nella direzione prevalente di vento e trascurando l'attrito dell'aria.

Tale valore risultante dai calcoli è perfettamente in linea con quanto dichiarato nel gennaio 2012 da degli esperti dei Dipartimenti di Protezione ambientale e Sanità Pubblica del Massachusetts che hanno affermato " nella maggior parte dei casi la gittata è limitata ad un raggio non superiore all'altezza della pala".

Si tenga presente che tale valore nella realtà risulta inferiore; difatti è giusto considerare agire simultaneamente le condizioni peggiori di velocità del vento, di angolo di lancio, velocità di rotazione, azione di portanza sul profilo alare dopo il distacco ma le cause che porterebbero ad un eventuale distacco della pala o parte di essa sono rappresentate da un colpo di fulmine o da un urto accidentale di notevole intensità agente alla base della torre.

L'accadimento di tali fenomeni ha un valore di rischio molto basso, resi ancora più bassi dal fattore di contemporaneità. Si tenga conto che tutte le turbine eoliche sono dotate di un complesso sistema parafulmine, e per quanto riguarda l'urto non è pensabile potersi tutelare da un incidente, quale un velivolo o altro, che impatta sul rotore di una turbina o alla base della torre.

Riportando quanto scritto dalla BP POWER nel "Blade throw calculation under normal operating" "esperienze basate su dati reali (su una casistica di 1578 casi) fino all'agosto del 2006 hanno dimostrato che nel caso di distacco della pala o parti di essa l'unico moto che si è registrato è stato un moto di completa rotazione e che le distanze percorse lungo il moto sono risultate sempre inferiori alle lunghezze riportate nella relazione. Il distacco delle parti, in genere piccole, dovuto a guasti causati da eventi eccezionali (quali la straordinaria energia prodotta da un

fulmine) ha portato nel peggiore dei casi, a ritrovare le parti stesse a distanze non superiori ai 40-50 metri dalla base della torre.”