

REGIONE BASILICATA
PROVINCIA DI POTENZA

Melfi (PZ)

LOCALITA' "S. ALESSANDRO - PIANA DEI GELSI - SERRA SCHIAVONE"

VARIANTE DEL PROGETTO EOLICO "MELFI - SANT'ALESSANDRO" 12 AEROGENERATORI

Progetto originario a 14 aerogeneratori autorizzato con decreto n.23AF.2016/D.00335
del 22/11/2016

Titolo elaborato:

ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI

N. Elaborato: **A.7**

Scala:

Proponente

Breva Wind Srl



Via Roberto Lepetit, 8/10 - 20124 Milano (MI)

Progettista



Sede legale e operativa

San Giorgio del Sannio (BN) via A. De Gasperi 61

Sede operativa

Lucera (FG) S.S. 17 loc. Vaccarella snc c/o Villaggio Don Bosco
P.IVA 01465940623

Azienda con sistema gestione qualità Certificato N. 50 100 11873



Consigliere delegato
Ing. Gianluca Veneroni

Dott. Ing Vittorio Iacono



Rev.	Data	Elaborazione	Approvazione	Emissione	DESCRIZIONE
00	APRILE 2018	AB sigla	NF sigla	VI sigla	RICHIESTA DI VARIANTE
Nome File sorgente		GE.MEL11.PDV.A.7.dwg	Nome file stampa	GE.MEL11.PDV.A.7.pdf	Formato di stampa A4

INDICE

1. INTRODUZIONE	2
2. IPOTESI	3
3. CALCOLO	4
3.1 Calcolo del baricentro	4
3.2 Calcolo della velocità periferica	4
3.3 Calcolo di hG	5
4. CALCOLO DELLA LEGGE DEL MOTO	6
5. CONCLUSIONI	8

1. INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione è la stima della gittata relativa alla variante non sostanziale del progetto d'impianto eolico previsto nel territorio del Comune di Melfi in località S. Alessandro, Piana dei Gelsi e Serra Schiavone originariamente autorizzato con autorizzato con Decreto Dirigenziale n. 601/2013 e successivamente con decreto n.23AF.2016/D.00335 del 22/11/2016.

Nella proposta di variante non sostanziale si prevede l'installazione dei seguenti 12 aerogeneratori di potenza installata complessiva è pari a 43.8 MW.

Proponente del progetto è la società Breva Wind srl.

Tabella 1 – Caratteristiche turbine Variante non sostanziale

WTG PROPOSTE IN VARIANTE NON SOSTANZIALE	Coordinate UTMwgs 84		TIPO TORRE	Raggio pala (m)	Altezza al mozzo (m)	Altezza complessiva (m)	Potenza (MW)
	x(east)	y north					
AG01	549273	4539483	VESTAS V136	68	82	150	3,45
AG07	550435	4542881	VESTAS V150	75	105	180	4,2
AG14	548916	4543362	VESTAS V150	75	124,6	199,6	4,2
AG15	548964	4539816	VESTAS V136	68	82	150	3,45
AG13	552334	4541149	VESTAS V136	68	82	150	3,6
AG20	551881	4541382	VESTAS V150	75	105	180	4,2
AG21	550015	4542259	VESTAS V150	75	124,6	199,6	4,2
AG22	549997	4542997	VESTAS V150	75	124,6	199,6	4,2
AG25	548705	4543800	VESTAS V150	75	105	180	4,2
AG27	551263	4542172	VESTAS V150	75	105	180	4,2
AG28	551229	4541533	VESTAS V150	75	105	180	4,2
AG29	547716	4543593	VESTAS V150	75	105	180	4,2
POTENZA COMPLESSIVA							48,3

Il presente studio, in particolare, in conformità a quanto richiesto dal PIEAR è stato redatto al fine di illustrare la procedura per il calcolo della gittata massima per i diversi tipi di aerogeneratore proposti nell'ipotesi di distacco della stessa nel punto di serraggio sul mozzo, punto di maggiore sollecitazione, per evidente effetto di intaglio, dovuto al collegamento.

Per le turbine le caratteristiche sono le seguenti :

Tabella 2 – Caratteristiche turbine Variante non sostanziale V136 h.mozzo 82m

3 Mechanical Design

3.1 Rotor

The wind turbine is equipped with a rotor consisting of three blades and a hub. The blades are controlled by the microprocessor pitch control system OptiTip®. Based on the prevailing wind conditions, the blades are continuously positioned to optimise the pitch angle.

Rotor	V105	V112	V117	V126	V136
Diameter	105 m	112 m	117 m	126 m	136 m
Swept Area	8659 m ²	9852 m ²	10751 m ²	12469 m ²	14527 m ²
Speed, Dynamic Operation Range	8.3-17.6	8.1-17.6	6.7-17.6	HTq: 5.9-16.0 LTq: 6.2-16.0	HH>82: 5.6-14.0 HH=82: 6.9-14.0

Tabella 3 – Caratteristiche turbine Variante non sostanziale V1150 h.mozzo 105-124.6m

Rotor	V117	V136	V150
Diameter	117 m	136 m	150 m
Swept Area	10751 m ²	14527 m ²	17671 m ²
Speed, Dynamic Operation Range	6.7-17.5	5.6-14.0	4.9-12.0

Le condizioni al contorno considerate per il calcolo in esame, sono le più gravose possibili, in modo da porsi nella situazione maggiormente cautelativa.

Il calcolo della gittata viene effettuato nelle condizioni più penalizzanti, ovvero:

- Alla velocità massima del rotore assunta a 14 giri/minuto per V136 e 12 giri/minuto per V150;
- Nel punto di ascissa e ordinata in cui la gittata è massima, con angolo $\alpha = \pi/4$;
- Con il centro di massa posizionato ad 1/3 della lunghezza della pala, in prossimità del mozzo;

2. IPOTESI

Per il calcolo della massima gittata si considerano le seguenti ipotesi:



- Il moto del sistema considerato è quello di un sistema rigido non vincolato (modello che approssima la pala nel momento del distacco).
- Si ritengono trascurabili le forze ed il momento di resistenza dovute al mezzo in cui si svolge il moto (aria).
- Si suppone che la pala si rompa nel punto di attacco al mozzo; nella posizione tale da avere una velocità periferica inclinata a 45° (posizione corrispondente alla massima gittata) rispetto ad un sistema di riferimento orizzontale passante per il baricentro e con asse verticale parallelo all'asse della torre, così come si evince dalla figura successiva.

Per l'aerogeneratore previsto nel progetto in esame è del tipo Vestas V136 (con altezza al mozzo H: 82 mt.), si considerano:

AEROGENERATORE V126
Altezza H = 82m
Diametro rotore D = 136 m
Giri _{max} al minuto 14 RPM

Per Vesta V150 si hanno 2 altezze differenti quindi:

AEROGENERATORE V150
Altezza H = 105-124.6m
Diametro rotore D = 150m
Giri _{max} al minuto 12 RPM

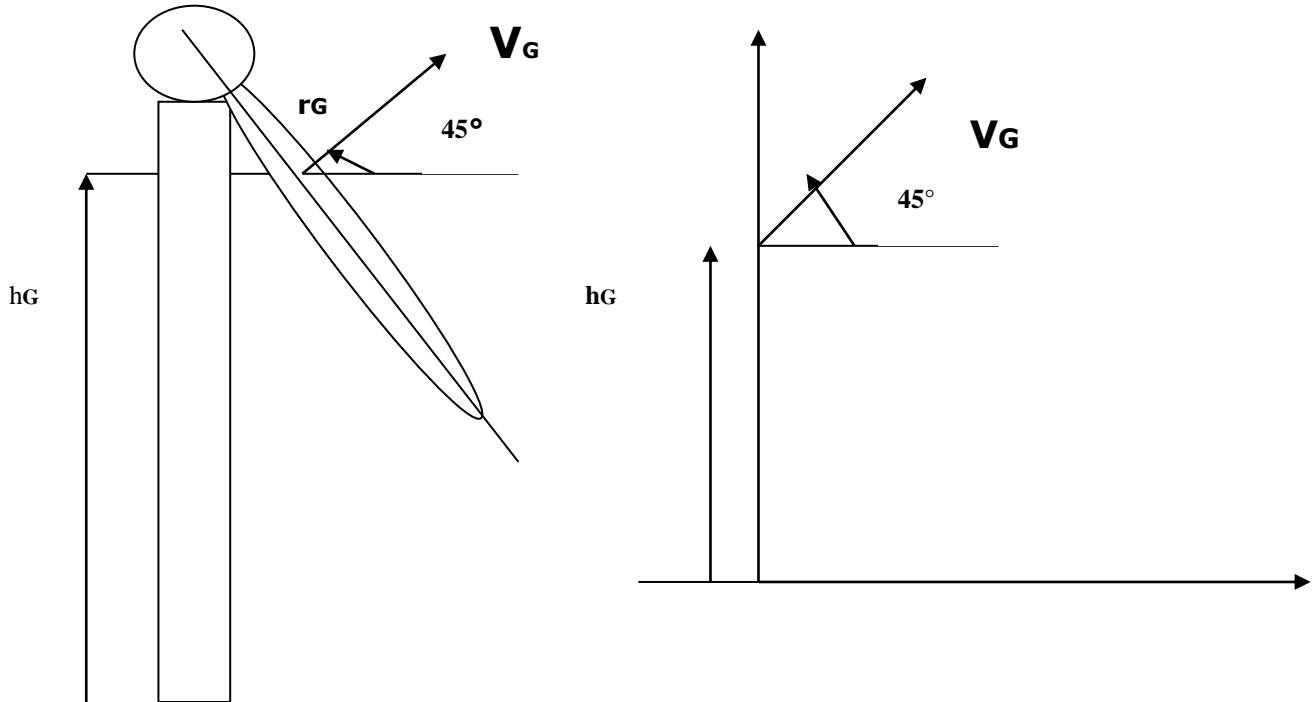
		ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	MEL11.PDV.A7 24/04/2018 02/05/2018 00 4 di 8
---	---	---	---	--

3. CALCOLO

Lo schema adottato per il calcolo è il seguente, avendo indicato con G il baricentro del sistema avremo:

r_G = raggio del baricentro

V_G = velocità periferica del baricentro



Prima di effettuare il calcolo della gittata, calcoliamo dei parametri che ci serviranno per il prosieguo dello stesso.

3.1 Calcolo del baricentro

Date le caratteristiche geometriche della pala, e considerata la distribuzione dei pesi lungo il profilo della stessa, possiamo ritenere con buona approssimazione che il baricentro sia posizionato ad un terzo rispetto alla lunghezza della pala, cioè ad $r_{G1} = 20.05 \text{ m}$ per un aerogeneratore del tipo di quello previsto in progetto.


3.2 Calcolo della velocità periferica

Per Vestas V126 il dato di partenza è $n = 14 \text{ giri/min}$ che corrisponde ad una velocità angolare

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = 1.47 \text{ rad/s}$$

Per Vestas V150 il dato di partenza è $n = 12 \text{ giri/min}$ che corrisponde ad una velocità angolare (indipendente dall'altezza al mozzo):

$$\omega_1 = \frac{2\pi n}{60} = 1.26 \text{ rad/s}$$

		ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	MEL11.PDV.A7 24/04/2018 02/05/2018 00 5 di 8
---	---	---	---	--

La legge con cui varia la velocità periferica, ossia il dato che utilizzeremo per il calcolo, ha un andamento che varia linearmente lungo il profilo della pala con il raggio.

Per cui la velocità del baricentro sarà pari per V126 **VG = 33.21 m/s** essendo VG pari a ωr_G , mentre per V150 (indipendente dall'altezza al mozzo) sarà pari a **VG1 = 31.40 m/s**

3.3 Calcolo di hG

Il calcolo della proiezione del baricentro sull'asse verticale, viene valutato nell'ipotesi in cui il distacco avvenga, come anzidetto nelle condizioni più gravose, cioè a 45° rispetto alla verticale.

Il valore di hG è pari all'altezza dell'intera torre meno il valore della proiezione di rG sulla verticale ossia:



$$h_g = H - (r_G * \cos 45^\circ)$$

da cui per Vestas V136 con 82 m al mozzo sarà pari a : **hg = 98.03m**

da cui per Vestas V150 con 105m al mozzo sarà pari a : **hg = 122.68 m**

da cui per Vestas V136 con 124.6 m al mozzo sarà pari a : **hg = 142.28 m**

Dove H è l'altezza della torre.

		ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	MEL11.PDV.A7 24/04/2018 02/05/2018 00 6 di 8
---	---	---	---	--

4. CALCOLO DELLA LEGGE DEL MOTO

Adesso siamo in grado di esprimere la legge del moto.

Supponiamo di trovarci nel caso notevole di un proiettile non puntiforme.

Le equazioni che governano il moto sono rispettivamente la prima e la seconda equazione della dinamica:

$$1) \quad Mg = Ma_G$$

$$2) \quad 0 = I \frac{d\omega}{dt}$$

Supponendo di concentrare tutto il peso nel centro di massa della pala, il momento della forza peso è nullo, avendo scelto G come polo per il calcolo dei momenti.

Pertanto la seconda equazione ci dice che il corpo durante la traiettoria che percorre, si mette a girare indisturbato intorno al suo asse principale di inerzia.

La soluzione al problema ci viene allora dalla risoluzione della prima equazione. Questa ci evidenzia che la pala si muoverà con il moto di un proiettile puntiforme, pertanto ne compirà il caratteristico moto parabolico.

Per calcolare l'equazione della traiettoria, bisogna proiettare le caratteristiche dinamiche sui tre assi, integrarle tenendo conto delle condizioni iniziali (velocità del baricentro al momento del distacco) e con facili calcoli giungere al valore della gittata espresso dalla seguente:

$$G \max = \frac{V_G^2}{g} \sin 45^\circ \cdot \cos 45^\circ \left(1 \pm \sqrt{1 + \frac{2gh_G}{V_G^2 \sin^2 45^\circ}} \right)$$

scegliendo ovviamente il risultato che ha senso fisicamente (il segno +) avremo un valore numerico :

- Per Vestas V136 con 82 m al mozzo si avrà un valore di circa **175.33m**.
- Per Vestas V150 con 105m di circa **172.13 m**.
- Per Vestas V150 con 124.6 m di circa **179.96 m**.

Questo rappresenta il valore della gittata nelle condizioni più gravose, ossia rappresenta la distanza alla quale cade il baricentro della pala, a partire dalla base della torre.

Nota la posizione di quest'ultimo, date le caratteristiche geometriche della pala precedentemente valutate, si può calcolare il punto in cui cade il vertice della pala stessa.

Le possibilità contemplate sono due.

Supponendo di prendere in considerazione sempre l'ipotesi più pericolosa, ossia quella in cui la pala cadendo si disponga con la parte più lontana dal baricentro (la punta) verso l'esterno, sommando a Gmax per ogni tipo di aerogeneratore rispettivamente i due 2/3 della pala, si ottengono:

- Gittata pala per vestas V136 con altezza al mozzo 82m = **221 m**
- Gittata pala per vestas V150 con altezza al mozzo 105m = **222 m**
- Gittata pala per vestas V150 con altezza al mozzo 124.6m = **230 m**

Tali valori rappresentano i punti più distanti di caduta delle diverse pale.

È comunque presumibile che il valore reale, ossia quello calcolato tenendo conto della resistenza dell'aria sia inferiore.

Tabella 4: Tabella di sintesi dei risultati V136 h mozzo 82m



	Tipo V126
H [m]	82
D [m]	136
Rg [m]	22.6
Omega [giri/min]	1.47
Vg [m/s]	33.21
Hg [m]	98.03
Gittata max baricentro [m]	175.33
Punto di caduta più distante [m]	221

Tabella 5: Tabella di sintesi dei risultati V150 h mozzo 105m

	Tipo V150
H [m]	105
D [m]	150
Rg [m]	25
Omega [giri/min]	1.26
Vg [m/s]	31.40
Hg [m]	122.68
Gittata max baricentro [m]	172.13
Punto di caduta più distante [m]	222

Tabella 6: Tabella di sintesi dei risultati V150 h mozzo 124.6m

	Tipo V150
H [m]	124.6
D [m]	150
Rg [m]	25
Omega [giri/min]	1.26
Vg [m/s]	31.40
Hg [m]	142.28
Gittata max baricentro [m]	179.97
Punto di caduta più distante [m]	230

		ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	MEL11.PDV.A7 24/04/2018 02/05/2018 00 8 di 8
---	---	---	---	--

5. CONCLUSIONI

Dai calcoli eseguiti si evince che nelle condizioni più gravose il vertice della pala del rotore può raggiungere una distanza tra **221 m e 230 m**. I valori sono da imputare essenzialmente alla bassa velocità angolare delle macchine previste in progetto, macchine di nuova generazione il che implica una velocità periferica di distacco molto bassa.

In un intorno di ampiezza pari a 230 m dalle pale di progetto V150 e di 221 da V136 non ricadono strade interessate da traffico intenso (SP e SS), edifici ed abitazioni ritenuti sensibili, come si evince dagli elaborati progettuali.

Pertanto, è da ritenere molto remota la possibilità di distacco e che quindi l'impianto proposto possa arrecare danni alla salute pubblica.