

REGIONE BASILICATA
PROVINCIA DI POTENZA

Comune:
Melfi

Località "Isca della Ricotta di Sopra - Torre della Cisterna "/ Monte Cervaro

VARIANTE DEL PROGETTO EOLICO - 10 AEROGENERATORI
PROGETTO ORIGINARIO A 12 AEROGENERATORI AUTORIZZATO CON DECRETO
N.23AF.2016/D.00220 DEL 27/10/2016

Titolo elaborato:

ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI

N. Elaborato: **A.7**

Scala: -

Committente

RINNOVABILI MELFI S.r.l

Piazza Manifattura , 1
38068 Rovereto (TN)

Legale rappresentante
Alessandra TOSCHI

Progettazione



sede legale e operativa

San Giorgio Del Sannio (BN) via 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



Progettista

Dott. Ing. Vittorio IACONO



Rev.	Data	Elaborazione	Approvazione	Emissione	DESCRIZIONE
00	GIUGNO 2018	AB sigla	AB sigla	VI sigla	RICHIESTA DI VARIANTE
Nome File sorgente	GE.MEL01.PDV.A.7.dwg	Nome file stampa	GE.MEL01.PDV.A.7.pdf	Formato di stampa	A4

INDICE

1. INTRODUZIONE	2
2. IPOTESI	2
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

	ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.MEL01.PDV.A.7 22/06/2018 29/06/2018 00 2 di 8
---	---	---	--

1. INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione è la stima della gittata relativa alla proposta di adeguamento progetto d'impianto eolico previsto nel territorio del Comune di Melfi in località Monte Cervaro autorizzato con Determinazione Dirigenziale n. 150C.2014/D.000585 del 20/06/2014 emanato dalla Regione Basilicata e successiva presa d'atto per variante non sostanziale con Determinazione Dirigenziale n. 23AF.2016/D.00220 del 27/10/2016.

Nella proposta di adeguamento si prevede l'installazione di 10 aerogeneratori di potenza installata complessiva è pari a 34 MW del tipo Servion S144 (diam.144m) con altezza la mozzo paria 108 m quindi per un'altezza pari a 180m complessiva di e del tipo Servion S122 (diam.122m) con altezza al mozzo pari a 114.5m per un'altezza pari a 175.5 m.

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 11.3 giri/minuto per S144;
- Alla velocità massima del rotore assunta a 9.9 giri/minuto per S122;
- Nel punto di ascissa e ordinata in cui la gittata è massima, con angolo $=-\pi/4$;
- Con il centro di massa posizionato ad 1/3 della lunghezza della pala, in prossimità del mozzo;

Le turbine autorizzate (con diam. da 117m a 136m) prevedevano un numero di giri al minuto da 15.3 e 17.5 giri al minuto .

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 gli aerogeneratori previsti nel progetto in esame, si considerano :

AEROGENERATORE diam.144
Altezza H = 108m
Diametro rotore D = 144 m
Giri _{max} al minuto 11.3 RPM

	ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.MEL01.PDV.A.7 22/06/2018 29/06/2018 00 3 di 8
---	---	---	--

AEROGENERATORE diam. 122
Altezza H = 114.5 m
Diametro rotore D = 122 m
Giri _{max} al minuto 9.9 RPM

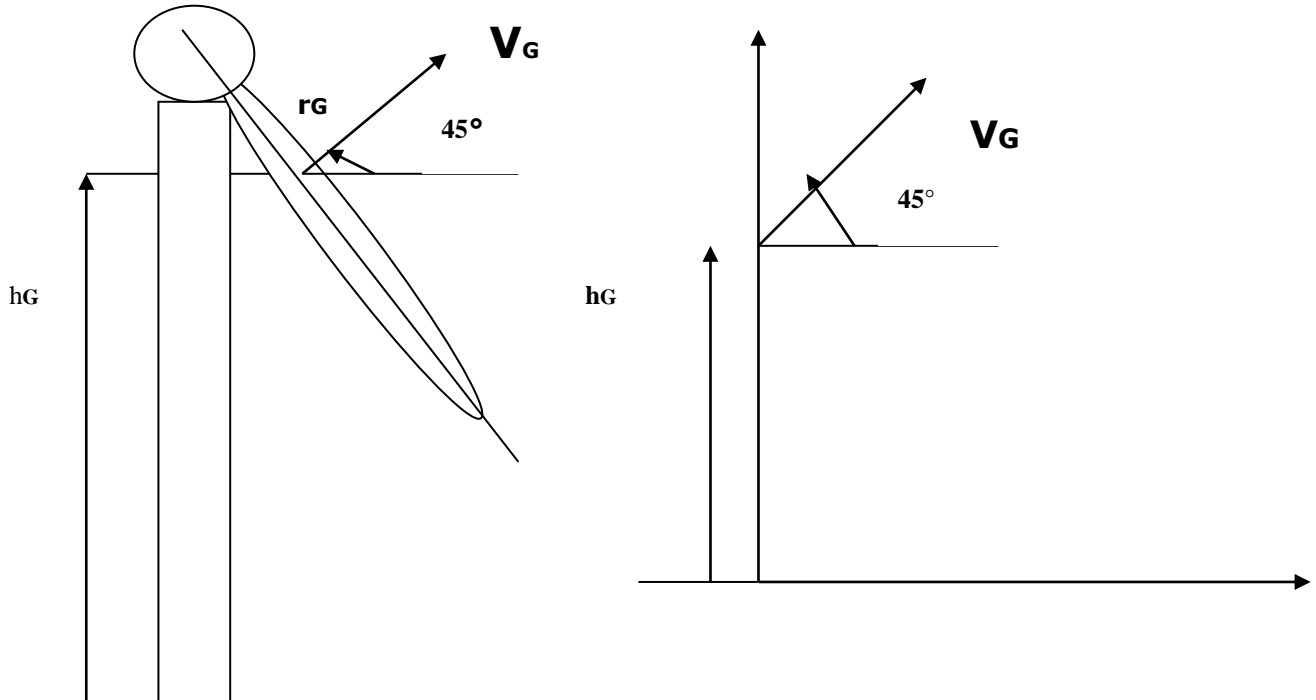
	ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.MEL01.PDV.A.7 22/06/2018 29/06/2018 00 4 di 8
---	---	---	--

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 $r_{G1}(S144) = 24.00 \text{ m}$ e $r_{G2}(S122) = 21.07 \text{ m}$ per gli aerogeneratori del tipo di quello previsti in progetto.

3.2 Calcolo della velocità periferica

Per il dato di partenza è $n = 11.3 \text{ giri/min}$ (S144) ed $n = 9.9 \text{ giri/min}$ (S122) che corrisponde ad una velocità angolare

Per S144:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = 1.18 \text{ rad/s}$$

Per S122:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = 1.04 \text{ rad/s}$$

	ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.MEL01.PDV.A.7 22/06/2018 29/06/2018 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 a **VG(diam.144m) =28.39 m/s e VG(diam.122m) =21.07 m/s** essendo VG pari a $w_x r_G$.

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 turbina con **diam.144 m** con 108 m al mozzo sarà pari a : **h_g = 124,98 m**

da cui per per turbina con **diam.122 m** con 114.5 m al mozzo sarà pari a : **h_g = 128,88 m**

Dove H è l'altezza della torre.

	ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.MEL01.PDV.A.7 22/06/2018 29/06/2018 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 V150 con 105 m al mozzo si avrà un valore di circa **172.1374m**.

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.

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 turbina diam.144m= **198 m**
- Gittata pala per turbina diam.144m= **143 m**
-

Tale valore rappresenta il punto più distanti di caduta della pala.

	ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.MEL01.PDV.A.7 22/06/2018 29/06/2018 00 7 di 8
---	---	---	--

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

Tabella 5: Tabella di sintesi dei risultati per torri proposte diam144 h mozzo 108m

	Tipo 144
H [m]	108
D [m]	180
Rg [m]	24.00
Omega [giri/min]	1.18
Vg [m/s]	28.39
Hg [m]	124.98
Gittata max baricentro [m]	150.39
Punto di caduta più distante [m]	198

Tabella 6: Tabella di sintesi dei risultati per torri proposte turbina diam.122m e h mozzo 114.5m

	Tipo 122
H [m]	114.5
D [m]	150
Rg [m]	20.33
Omega [giri/min]	1.04
Vg [m/s]	21.07
Hg [m]	128.98
Gittata max baricentro [m]	102.276
Punto di caduta più distante [m]	143

	ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.MEL01.PDV.A.7 22/06/2018 29/06/2018 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 di **198 m per turbina con diam.144m o 143m per turbina con diam.122m**, quindi non interessa recettori o strade principali.

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.

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