

19_18_EO_ENE_AU_RE_12_00	LUGLIO 2020	ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI	Ing. Fabio Borrello	Arch. Paola Pastore	Ing. Leonardo Filotico
N. ELABORATO	DATA EMISSIONE	DESCRIZIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO

**OGGETTO:**  
 Progetto dell'impianto eolico con storage denominato "Contrada Sparpagliata, Donne Masi e Tostini" della potenza complessiva di 154 MW da realizzare nei comuni di Erchie (BR), Torre Santa Susanna (BR), Manduria (TA) e Avetrana (TA)

**TITOLO:**  
**BCT90A2\_Documentazione Specialistica 18**

**COMMITTENTE:**  
**YELLOW ENERGY s.r.l.**  
**Z.I. Lotto n. 31**  
**74020 San Marzano di S.G (TA)**

**PROJETTO engineering s.r.l.**  
 società d'ingegneria  
 direttore tecnico  
**Ph.D. Ing. LEONARDO FILOTICO**

Sede Legale: Via dei Mille, 5 74024 Manduria  
 Sede Operativa: Z.I. Lotto 31 74020 San Marzano di S.G. (TA)  
 tel. 099 9574694 Fax 099 2222834 cell. 349.1735914  
 studio@projetto.eu  
 web site: www.projetto.eu

SR EN ISO 9001:2015 SR EN ISO 14001:2015 SR EN ISO 45001:2018  
 Certificate No. Q28 Certificate No. E81 Certificate No. T31

P.IVA: 02658050733

**ORDINE DEGLI INGEGNERI**  
 della Provincia di **TABARANTO**  
 Dott. Ing.  
**FILOTICO Leonardo**  
 N. 1812

**NOME**  
 19\_18\_ENE\_AU\_RE\_12\_00

SOSTITUISCE:  
 SOSTITUITO DA:  
 CARTA: A4

**SCALA:**  
 12

**ELAB.**  
 12

Progetto dell'impianto eolico con storage denominato "Contrada Sparpagliata, Donne Masi e Tostini" della potenza complessiva di 154 MW da realizzare nei Comuni di Erchie (BR), Torre Santa Susanna (BR), Manduria (TA) e Avetrana (TA)

---

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>2. DATI DI PROGETTO E SICUREZZA (R. R. 3/2008)</b> .....	<b>2</b>
2.1 Calcolo della gittata massima degli elementi rotanti in caso di rottura accidentale per l'aerogeneratore SIEMENS GAMESA "SG170 6.0MW @ 115m HH" .....	2
2.2 Studio del moto del proiettile mediante le equazioni della cinematica .....	4
<b>1.3 CALCOLO DELLA VELOCITÀ PERIFERICA</b> .....	<b>7</b>
<b>1.4 CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA</b> .....	<b>8</b>

### società d'ingegneria

Direttore Tecnico: ING. LEONARDO FILOTICO  
Cap. Soc. 119.000,00 € Codice Fiscale: 02658050733  
Partita Iva : 02658050733  
Sede Legale: Via dei Mille 5, 74024 Manduria - Taranto  
Sede Operativa: Z.I. Lotto 31, 74020 San Marzano di San Giuseppe - Taranto  
Tel099 9574694 fax 099 2222834 mob. 3491735914



## 1. PREMESSA

Nell'ambito della progettazione di un impianto di produzione energia da fonte eolica, uno dei molteplici aspetti che viene preso in considerazione è la valutazione degli effetti sull'ambiente circostante derivanti da un evento di rottura degli organi rotanti degli aerogeneratori.

Scopo del presente documento è la conduzione di un'indagine di massima della suddetta problematica, nello spirito di voler fornire gli elementi per una valutazione il più possibile completa in considerazione dell'estrema complessità e variabilità del fenomeno di rottura.

Partendo dalla definizione del fenomeno e individuandone i principali e più comuni fattori scatenanti, verrà successivamente illustrato quello che è attualmente considerato l'approccio simulativo canonico, con riferimento a un noto studio condotto per uno dei principali costruttori di aerogeneratori, e sarà valutato il realismo delle differenti ipotesi adottate nella modellazione matematica. Si procederà dunque all'effettuazione di un calcolo simulativo per uno scenario ipotetico di distacco nel caso specifico dell'aerogeneratore di progetto (SIEMENS GAMESA "SG170 6.0MW @ 115m HH").

## 2. DATI DI PROGETTO E SICUREZZA (R. R. 3/2008)

Nella presente relazione viene calcolata la gittata massima degli elementi rotanti, in caso di rottura accidentale le pale facenti parte l'impianto da 154 MW sito nel Comune di Erchie (BR), Torre Santa Susanna (BR) e Avetrana (TA).

### 2.1 Calcolo della gittata massima degli elementi rotanti in caso di rottura accidentale per l'aerogeneratore SIEMENS GAMESA "SG170 6.0MW @ 115m HH"

La procedura seguita per il calcolo della gittata massima, in caso di rottura accidentale di un elemento rotante di un aerogeneratore prende in considerazione le condizioni al contorno più gravose, in maniera tale da aumentare il grado di sicurezza massimo. Per tale regione si è considerato il caso di rottura per distacco di un aerogeneratore dalle seguenti caratteristiche:

Progetto dell'impianto eolico con storage denominato "Contrada Sparpagliata, Donne Masi e Tostini" della potenza complessiva di 154 MW da realizzare nei Comuni di Erchie (BR), Torre Santa Susanna (BR), Manduria (TA) e Avetrana (TA)

---

### Specifiche tecniche dell'aerogeneratore SG170 6.0 MW

Diametro Rotore [m]	170
Altezza del mozzo [m]	115
Potenza nominale [MW]	6
Velocità rotore [rpm]	4.86 – 10.60
Velocità nominale [m/s]	8.83

Con lo studio del moto di un proiettile si intende fornire un modello generale per studiare i fenomeni dei corpi che vengono lanciati (o urtano ad esempio) con un angolo di alzo obliquo, con una velocità costante e che compiono un moto parabolico. Chiaramente la resistenza dell'aria non è assolutamente trascurabile.

Infatti, più il corpo è grande, più la resistenza dell'aria (o di un altro fluido) influisce sulle variabili del moto (gittata, altezza massima, tempo di caduta). Una caratteristica importante della resistenza aerodinamica dei fluidi è che essa dipende dalla velocità: più veloci sono gli oggetti più grande è la resistenza dei fluidi nei quali si muovono: tale premessa è utile per ritenere trascurabili le forze ed il momento di resistenza dovute al mezzo in cui si svolge il moto (aria).

Nel caso notevole di un proiettile non puntiforme, le equazioni che governano il moto sono rispettivamente la prima e la seconda equazione della dinamica:

$$M \cdot g = Ma_G$$

$$I \frac{d\omega}{dt} = 0$$

Supponendo di concentrare tutto nel centro di massa, il momento della forza peso è nullo (avendo scelto G come polo dei momenti). Pertanto la seconda equazione ci dice che il corpo durante la traiettoria che percorre, gira indisturbato intorno al suo asse principale di inerzia. La soluzione del problema viene dalla risoluzione della prima equazione; ed evidenzia che la pala si muoverà con il moto di un proiettile puntiforme e, di conseguenza, ne compirà il caratteristico andamento parabolico.

Il moto di un proiettile si può pensare come la composizione di due moti: uno rettilineo uniforme

---

**PROJETTO engineering s.r.l.** ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI

#### società d'ingegneria

Direttore Tecnico: ING. LEONARDO FILOTICO  
Cap. Soc. 119.000,00 € Codice Fiscale: 02658050733  
Partita Iva : 02658050733  
Sede Legale: Via dei Mille 5, 74024 Manduria - Taranto  
Sede Operativa: Z.I. Lotto 31, 74020 San Marzano di San Giuseppe - Taranto  
Tel099 9574694 fax 099 2222834 mob. 3491735914



SR EN ISO 9001:2015 SR EN ISO 14001:2015 SR EN ISO /IEC 27001/2017  
Certificate No. Q204 Certificate No. E81 Certificate No. E01

Progetto dell'impianto eolico con storage denominato "Contrada Sparpagliata, Donne Masi e Tostini" della potenza complessiva di 154 MW da realizzare nei Comuni di Erchie (BR), Torre Santa Susanna (BR), Manduria (TA) e Avetrana (TA)

---

in direzione orizzontale, e uno uniformemente accelerato (con accelerazione modulo  $g$ ) in direzione verticale. Ne segue che la traiettoria seguita da un corpo, se è denso e poco esteso, o altrimenti dal suo centro di massa, ha un andamento parabolico. La gittata è la distanza tra il punto in cui viene lanciato un proiettile (con velocità iniziale inclinata verso l'alto rispetto all'orizzontale) e il punto in cui esso ritorna al suolo. È interessante osservare che all'aumentare dell'angolo  $\theta$  formato con il terreno, la gittata del proiettile aumenta, presentando valore massimo per un angolo  $\theta$  pari a  $\pi/4$ ; ad ulteriori incrementi dell'angolo  $\theta$  il valore della gittata torna a diminuire presentando un valore nullo allorché il proiettile è lanciato verso l'alto con angolo pari a  $\pi$ .

Per studiare la gittata di un proiettile che si muove con moto parabolico (cioè sotto l'azione della sola forza peso e trascurando l'attrito con l'aria) utilizzeremo un sistema di riferimento cartesiano  $XY$  in cui l'origine  $O$  degli assi del sistema, coincida con il punto da cui il proiettile è stato lanciato.

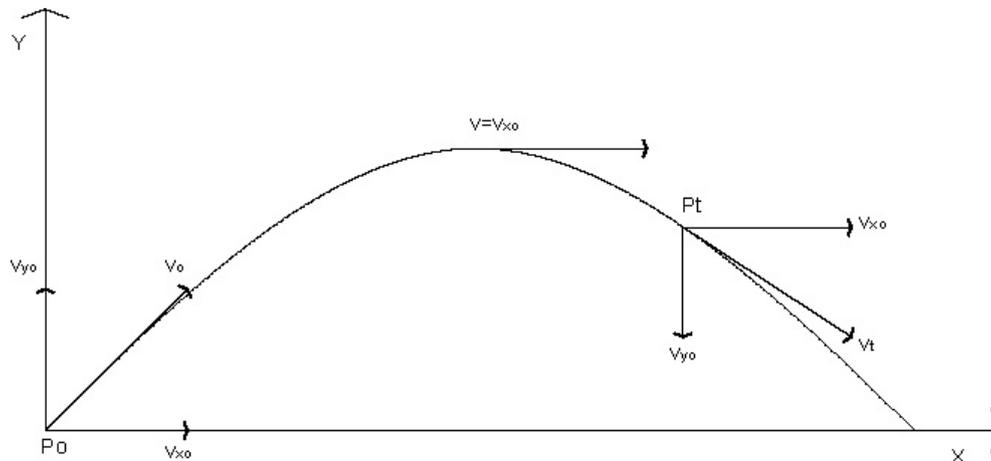
## 2.2 Studio del moto del proiettile mediante le equazioni della cinematica

Considereremo il moto bidimensionale di un proiettile, come il moto di un punto materiale, tenendo conto solo delle forze gravitazionali e supponendo trascurabile l'influenza dei vari agenti atmosferici, in particolare le forze di attrito dell'aria e quelle del vento.

Sceglieremo un sistema di riferimento con l'origine degli assi  $O$  centrata nel punto di partenza del corpo ( $x_0, y_0$ ), con l'asse delle  $Y$  positivo verso l'alto, e l'asse positivo delle  $X$  nello stesso verso del moto orizzontale del proiettile; le componenti dell'accelerazione saranno

$$a_x = 0 \quad a_y = -g$$

Rappresenteremo la legge di caduta di un grave, ovvero di un punto materiale, lanciato nello spazio con velocità iniziale  $v_0$  e con una inclinazione rispetto all'orizzontale di  $\theta$  come in figura:



Ricordando che:

$$a_x = 0 \quad a_y = g \quad (\text{dove } g = 9.81 \text{ m/sec}^2)$$

e considerando che:

Direzione x: il MOTO è RETTILINEO UNIFORME

Direzione y: il MOTO è UNIFORMEMENTE ACCELERATO

La velocità  $v_0$  ha componenti nelle due direzioni:

$$v_x = v_0 \cos \theta$$

$$v_y = v_0 \sin \theta$$

Da cui:

$$\begin{aligned} v_x &= v_{x0} & x &= x_0 + v_{x0}t \\ v_y &= gt + v_{y0} & y &= \frac{1}{2}gt^2 + v_{y0}t + y_0 \end{aligned} \quad e$$

### GITTATA MASSIMA

La gittata è la distanza percorsa dal proiettile in direzione x prima di toccare terra.

Questo valore si trova imponendo che nella equazione

$$y = \frac{1}{2}gt^2 + v_{y0}t + y_0$$

sia nullo y determinando così l'istante t in cui avviene il transito (e in questo caso l'impatto) alla quota  $y = 0$  sarà:

Progetto dell'impianto eolico con storage denominato "Contrada Sparpagliata, Donne Masi e Tostini" della potenza complessiva di 154 MW da realizzare nei Comuni di Erchie (BR), Torre Santa Susanna (BR), Manduria (TA) e Avetrana (TA)

---

$$\frac{1}{2}gt^2 + v_{y0}t + y_0 = 0$$

Nell'ipotesi semplificativa che  $y_0 = 0$  si ottiene:

$$\frac{1}{2}gt^2 + v_{y0}t = 0$$

da cui le due soluzioni:

$$t_0 = 0 \qquad t_1 = -\frac{2v_{y0}}{g} = -\frac{2v_0 \sin \theta}{g}$$

$t_0$  corrisponde all'istante di lancio del proiettile (abbiamo infatti ipotizzato per semplicità che  $y_0 = 0$ );  $t_1$  all'istante in cui il proiettile, avvenuto il lancio, tocca nuovamente terra. Sostituendo quest'ultimo valore nell'equazione  $x = x_0 + v_{x0}t$ , descrittiva del moto lungo  $x$ , si ricaverà il valore della gittata:

$$x = x_0 - 2\frac{v_0^2}{g}\sin \theta \cos \theta$$

Ipotizzando per semplicità che

$$x_0 = 0$$

ed essendo

$$2\sin\theta\cos\theta = \sin 2\theta$$

si può riscrivere la equazione per il calcolo della gittata come:

$$x = -\frac{v_0^2}{g}\sin 2\theta$$

La gittata massima è così funzione del modulo della velocità iniziale, della ascissa e della quota iniziale di lancio (che in questo caso semplificato sono state considerate nulle), e di  $\theta$  angolo di inclinazione della gittata: in particolare essa sarà massima quando  $\sin 2\theta = 1$  cioè  $2\theta = \pi/2$  ossia  $\theta = \pi/4$ .

Nel caso in questione  $y_0$  non sarà uguale a zero, ma corrispondente alla quota del baricentro G del sistema ipotizzato rispetto alla quota del piano di campagna.

Date le caratteristiche geometriche della pala, e considerata la distribuzione dei pesi lungo il profilo della stessa, si ritiene con buona approssimazione che il baricentro sia posizionato ad un

---

**PROJETTO engineering s.r.l.** ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI

**società d'ingegneria**

Direttore Tecnico: ING. LEONARDO FILOTICO  
Cap. Soc. 119.000,00 € Codice Fiscale: 02658050733  
Partita Iva : 02658050733  
Sede Legale: Via dei Mille 5, 74024 Manduria - Taranto  
Sede Operativa: Z.I. Lotto 31, 74020 San Marzano di San Giuseppe - Taranto  
Tel099 9574694 fax 099 2222834 mob. 3491735914



SR EN ISO 9001:2015 SR EN ISO 14001:2015 SR EN ISO/IEC 17001:2017  
Certificate No. Q204 Certificate No. E81 Certificate No. E01

Progetto dell'impianto eolico con storage denominato "Contrada Sparpagliata, Donne Masi e Tostini" della potenza complessiva di 154 MW da realizzare nei Comuni di Erchie (BR), Torre Santa Susanna (BR), Manduria (TA) e Avetrana (TA)

---

terzo rispetto alla lunghezza della pala, ossia  $r_g = 16$  m. essendo il raggio di ciascuna pala uguale a 48.5 m.

Di conseguenza l'altezza di lancio sarà uguale a:

$$y_0 = H_{\text{torre}} + Y_g$$

dove

$$Y_g = \frac{1}{3} r_g \cdot \sin \theta$$

Ciò implica che la soluzione di  $t$  sarà:

$$t = \frac{-v_{y0} \pm \sqrt{v_{y0}^2 - 4\left(\frac{1}{2} g y_0\right)}}{g}$$

tale valore andrà sostituito nell'equazione descrittiva del moto lungo x, per trovare la gittata massima.

### 1.3 Calcolo della velocità periferica

La velocità angolare media  $\omega$  è l'angolo descritto dal corpo in movimento nell'unità di tempo. Chiamiamo con  $n$  il numero di giri al minuto primo compiuti dal corpo in movimento circolare. Tenuto conto che ad ogni giro l'angolo descritto dal corpo in movimento è pari a  $2\pi$  radianti, per  $n$  giri avremo  $2\pi n$  radianti/minuto, che è appunto la velocità angolare  $\omega$  al minuto del corpo in movimento.

Volendo esprimere la velocità angolare in radianti al secondo avremo:

$$\omega = \frac{(2 \times \pi \times n)}{60} [\text{rad} / \text{sec}].$$

Nel moto circolare uniforme, la velocità periferica è direttamente proporzionale al raggio. Ad ogni giro il punto  $G$  di raggio  $r$  percorre la circonferenza  $2\pi r$ ; dopo  $n$  giri al minuto lo spazio percorso sarà  $2\pi r n$  metri/minuto. E questo sarà lo spazio percorso da tutti i punti situati sulla periferia del corpo in movimento circolare.

Dunque la velocità periferica in metri al secondo di un corpo rotante (considerando la velocità massima del rotore di 28.5 giri al minuto), corrisponde a:

---

**PROJETTO engineering s.r.l.** ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI

#### società d'ingegneria

Direttore Tecnico: ING. LEONARDO FILOTICO  
Cap. Soc. 119.000,00 € Codice Fiscale: 02658050733  
Partita Iva : 02658050733  
Sede Legale: Via dei Mille 5, 74024 Manduria - Taranto  
Sede Operativa: Z.I. Lotto 31, 74020 San Marzano di San Giuseppe - Taranto  
Tel099 9574694 fax 099 2222834 mob. 3491735914



SR EN ISO 9001:2015 SR EN ISO 14001:2015 SR EN ISO / IEC 27001/2017  
Certificate No. Q204 Certificate No. E81 Certificate No. E01

Progetto dell'impianto eolico con storage denominato "Contrada Sparpagliata, Donne Masi e Tostini" della potenza complessiva di 154 MW da realizzare nei Comuni di Erchie (BR), Torre Santa Susanna (BR), Manduria (TA) e Avetrana (TA)

$$V_g = \omega \times r_g = \left[ \frac{(2 \times \pi \times n)}{60} \times r_g \right]$$

$$V_g = 90.4 \text{ [m/s]}$$

## 1.4 Calcolo della gittata massima

Quindi, 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  $a_x = 0$ ,  $a_y = -g$ .
- la velocità periferica  $v_0$  è uguale a 90 m/sec.
- Le coordinate del punto di partenza del corpo, non saranno (0,0) coincidenti con l'origine degli assi ma (0,  $H_G = H_{\text{torre}} + Y_g$ ) ossia le coordinate del baricentro G di una pala.

La risoluzione dell'equazione descrittiva del moto, nelle suddette condizioni, sarà quindi:

$$Gittata_{\max} = v_{x0} \times \frac{-v_{y0} \pm \sqrt{(v_{y0})^2 - 4 \times \left(\frac{1}{2} g \times H_G\right)}}{g}$$

Al valore di gittata massima andrà aggiunta la distanza  $X_g$  del baricentro rispetto all'asse della torre ( $X_g = r_g \times \cos\theta$ ) e la distanza del vertice della pala considerato nelle condizioni più gravose, ovvero disposto nella parte più lontana dal baricentro, ossia a  $L_g = 48.5 \text{ m}$ .

Nella tabella che segue si sono indicati i valori più rappresentativi della gittata massima e della distanza totale dalla torre nel punto di caduta rispetto a valori di  $\theta$ .

$\theta$	$V_x$ (m/s)	$V_y$ (m/s)	$H_{G \text{ pala}}$	$X_G$	$L_G$	Gittata (m)	Distanza totale (m)
0	8,83	1,36	0,00	5,00	85,00	2,44	92,44
1	8,83	1,36	2,50	5,00	85,00	7,64	97,64
2	8,82	1,35	5,00	5,00	85,00	10,21	100,21
3	8,82	1,35	7,50	4,99	85,00	12,19	102,18
4	8,81	1,35	10,00	4,99	85,00	13,85	103,84
5	8,80	1,35	12,49	4,98	85,00	15,30	105,28
6	8,78	1,35	14,98	4,97	85,00	16,60	106,57
7	8,76	1,35	17,47	4,96	85,00	17,78	107,75
8	8,74	1,34	19,95	4,95	85,00	18,87	108,82
9	8,72	1,34	22,42	4,94	85,00	19,87	109,81
10	8,70	1,34	24,89	4,92	85,00	20,81	110,73
11	8,67	1,33	27,35	4,91	85,00	21,68	111,58
12	8,64	1,33	29,80	4,89	85,00	22,49	112,38
13	8,60	1,32	32,24	4,87	85,00	23,25	113,12
14	8,57	1,32	34,68	4,85	85,00	23,96	113,81

## PROJETTO engineering s.r.l. ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI

### società d'ingegneria

Direttore Tecnico: ING. LEONARDO FILOTICO  
 Cap. Soc. 119.000,00 € Codice Fiscale: 02658050733  
 Partita Iva : 02658050733  
 Sede Legale: Via dei Mille 5, 74024 Manduria - Taranto  
 Sede Operativa: Z.I. Lotto 31, 74020 San Marzano di San Giuseppe - Taranto  
 Tel099 9574694 fax 099 2222834 mob. 3491735914



SR EN ISO 9001:2015 SR EN ISO 14001:2015 SR EN ISO / IEC 27001/2017  
 Certificate No. Q204 Certificate No. E81 Certificate No. E01

Progetto dell'impianto eolico con storage denominato "Contrada Sparpagliata, Donne Masi e Tostini" della potenza complessiva di 154 MW da realizzare nei Comuni di Erchie (BR), Torre Santa Susanna (BR), Manduria (TA) e Avetrana (TA)

15	8,53	1,31	37,10	4,83	85,00	24,62	114,45
16	8,49	1,30	39,51	4,81	85,00	25,24	115,05
17	8,44	1,30	41,91	4,78	85,00	25,82	115,60
18	8,40	1,29	44,29	4,76	85,00	26,36	116,12
19	8,35	1,28	46,66	4,73	85,00	26,87	116,59
20	8,30	1,27	49,02	4,70	85,00	27,33	117,03
21	8,24	1,27	51,37	4,67	85,00	27,76	117,43
22	8,19	1,26	53,69	4,64	85,00	28,16	117,79
23	8,13	1,25	56,00	4,60	85,00	28,52	118,12
24	8,07	1,24	58,30	4,57	85,00	28,85	118,42
25	8,00	1,23	60,58	4,53	85,00	29,14	118,68
26	7,94	1,22	62,83	4,49	85,00	29,41	118,90
27	7,87	1,21	65,07	4,46	85,00	29,64	119,10
28	7,80	1,20	67,29	4,41	85,00	29,84	119,26
29	7,72	1,19	69,49	4,37	85,00	30,02	119,39
30	7,65	1,18	71,67	4,33	85,00	30,16	119,49
31	7,57	1,16	73,82	4,29	85,00	30,27	119,56
32	7,49	1,15	75,96	4,24	85,00	30,36	119,60
33	7,41	1,14	78,06	4,19	85,00	30,42	119,61
34	7,32	1,13	80,15	4,15	85,00	30,44	119,59
35	7,23	1,11	82,21	4,10	85,00	30,44	119,54
36	7,14	1,10	84,25	4,05	85,00	30,42	119,46
37	7,05	1,08	86,26	3,99	85,00	30,36	119,36
38	6,96	1,07	88,24	3,94	85,00	30,28	119,22
39	6,86	1,06	90,20	3,89	85,00	30,17	119,06
40	6,76	1,04	92,13	3,83	85,00	30,04	118,87
41	6,66	1,02	94,04	3,77	85,00	29,88	118,66
42	6,56	1,01	95,91	3,72	85,00	29,70	118,41
43	6,46	0,99	97,75	3,66	85,00	29,49	118,15
44	6,35	0,98	99,57	3,60	85,00	29,26	117,85
45	6,24	0,96	101,35	3,54	85,00	29,00	117,54
46	6,13	0,94	103,11	3,47	85,00	28,72	117,19
47	6,02	0,93	104,83	3,41	85,00	28,41	116,82
48	5,91	0,91	106,52	3,35	85,00	28,09	116,43
49	5,79	0,89	108,18	3,28	85,00	27,74	116,02
50	5,68	0,87	109,80	3,21	85,00	27,36	115,58
51	5,56	0,86	111,39	3,15	85,00	26,97	115,12
52	5,44	0,84	112,95	3,08	85,00	26,55	114,63
53	5,31	0,82	114,47	3,01	85,00	26,12	114,13
54	5,19	0,80	115,96	2,94	85,00	25,66	113,60
55	5,06	0,78	117,41	2,87	85,00	25,18	113,05
56	4,94	0,76	118,83	2,80	85,00	24,69	112,48
57	4,81	0,74	120,21	2,72	85,00	24,17	111,90
58	4,68	0,72	121,55	2,65	85,00	23,64	111,29
59	4,55	0,70	122,86	2,58	85,00	23,09	110,66
60	4,42	0,68	124,13	2,50	85,00	22,52	110,02
61	4,28	0,66	125,36	2,42	85,00	21,93	109,36
62	4,15	0,64	126,56	2,35	85,00	21,33	108,68
63	4,01	0,62	127,71	2,27	85,00	20,71	107,98
64	3,87	0,60	128,83	2,19	85,00	20,07	107,27
65	3,73	0,57	129,90	2,11	85,00	19,42	106,54

**PROJETTO engineering s.r.l.** ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI

**società d'ingegneria**

Direttore Tecnico: ING. LEONARDO FILOTICO  
 Cap. Soc. 119.000,00 € Codice Fiscale: 02658050733  
 Partita Iva : 02658050733  
 Sede Legale: Via dei Mille 5, 74024 Manduria - Taranto  
 Sede Operativa: Z.I. Lotto 31, 74020 San Marzano di San Giuseppe - Taranto  
 Tel099 9574694 fax 099 2222834 mob. 3491735914



SR EN ISO 9001:2015 SR EN ISO 14001:2015 SR EN ISO/IEC 27001:2017  
 Certificate No. Q204 Certificate No. E81 Certificate No. E01

Progetto dell'impianto eolico con storage denominato "Contrada Sparpagliata, Donne Masi e Tostini" della potenza complessiva di 154 MW da realizzare nei Comuni di Erchie (BR), Torre Santa Susanna (BR), Manduria (TA) e Avetrana (TA)

66	3,59	0,55	130,94	2,03	85,00	18,76	105,79
67	3,45	0,53	131,94	1,95	85,00	18,08	105,04
68	3,31	0,51	132,90	1,87	85,00	17,39	104,26
69	3,16	0,49	133,81	1,79	85,00	16,69	103,48
70	3,02	0,47	134,69	1,71	85,00	15,97	102,68
71	2,87	0,44	135,52	1,63	85,00	15,24	101,87
72	2,73	0,42	136,32	1,55	85,00	14,50	101,05
73	2,58	0,40	137,07	1,46	85,00	13,75	100,21
74	2,43	0,37	137,78	1,38	85,00	12,99	99,37
75	2,29	0,35	138,45	1,29	85,00	12,22	98,52
76	2,14	0,33	139,08	1,21	85,00	11,45	97,66
77	1,99	0,31	139,66	1,12	85,00	10,66	96,79
78	1,84	0,28	140,20	1,04	85,00	9,87	95,91
79	1,68	0,26	140,70	0,95	85,00	9,07	95,02
80	1,53	0,24	141,16	0,87	85,00	8,26	94,13
81	1,38	0,21	141,57	0,78	85,00	7,45	93,23
82	1,23	0,19	141,94	0,70	85,00	6,63	92,33
83	1,08	0,17	142,26	0,61	85,00	5,81	91,42
84	0,92	0,14	142,55	0,52	85,00	4,99	90,51
85	0,77	0,12	142,79	0,44	85,00	4,16	89,60
86	0,62	0,09	142,98	0,35	85,00	3,33	88,68
87	0,46	0,07	143,14	0,26	85,00	2,50	87,76
88	0,31	0,05	143,25	0,17	85,00	1,67	86,84
89	0,15	0,02	143,31	0,09	85,00	0,83	85,92

In conclusione scegliendo il valore che rappresenta le condizioni più gravose ossia quello con un angolo di lancio  $\theta = 34^\circ$  e sommando la sua distanza orizzontale dal baricentro (4.15 m) e la distanza del vertice della pala (85 m) si ha **la distanza massima degli elementi rotanti in caso di rottura accidentale pari all'incirca circa a 119.59 m.**

**PROJETTO engineering s.r.l. ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI**

**società d'ingegneria**

Direttore Tecnico: ING. LEONARDO FILOTICO  
 Cap. Soc. 119.000,00 € Codice Fiscale: 02658050733  
 Partita Iva : 02658050733  
 Sede Legale: Via dei Mille 5, 74024 Manduria - Taranto  
 Sede Operativa: Z.I. Lotto 31, 74020 San Marzano di San Giuseppe - Taranto  
 Tel099 9574694 fax 099 2222834 mob. 3491735914



SR EN ISO 9001:2015 SR EN ISO 14001:2015 SR EN ISO /IEC 27001/2017  
 Certificate No. Q204 Certificate No. E81 Certificate No. E01