

PROPONENTE: **AME ENERGY S.r.l.**

Via Pietro Cossa, 5 20122 Milano (MI) - [ameenergysrl@legalmail.it](mailto:ameenergysrl@legalmail.it) - PIVA 12779110969

**REGIONE CAMPANIA**  
**PROVINCIA DI SALERNO**  
**COMUNE DI CAGGIANO**

*Titolo del Progetto:*

**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO UBICATO NEL COMUNE DI CAGGIANO (SA) IN LOCALITA' "TEMPA DEL VENTO", CON POTENZA NOMINALE PARI A 46.2 MW**

*Documento:*

**PROGETTO DEFINITIVO**

N° Documento:

**CAGEO-T009**

ID PROGETTO:	<b>105</b>	DISCIPLINA:	<b>PD</b>	TIPOLOGIA:	<b>R</b>	FORMATO:	<b>A4</b>
--------------	------------	-------------	-----------	------------	----------	----------	-----------

*Elaborato:*

**ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ELEMENTI ROTANTI**

FOGLIO:	<b>17</b>	SCALA:	<b>-</b>	Nome file:	<b>CAGEO-T009.docx</b>
---------	-----------	--------	----------	------------	------------------------

**Progettazione:**

**IPROJECT S.R.L.**



**Consulenza, Progettazione e Sviluppo Impianti  
ad Energia Rinnovabile**

Sede Legale: Via Del Vecchio Politecnico, 9 - 20121 Milano (MI)

P.IVA 11092870960-PEC: [i-project@legalmail.it](mailto:i-project@legalmail.it)

Sede Operativa: Via Bisceglie n° 17 - 84044 Albanella (SA)

-mail: [a.manco@iprojectsrl.com](mailto:a.manco@iprojectsrl.com)

Cell: 3384117245

**Progettista:** Arch. Antonio Manco



Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
0	15/07/2023	Prima emissione	Ing. Vincenzo Oliveto	Ing. Vincenzo Oliveto	Arch. Antonio Manco

---

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>EQUAZIONI CINEMATICHE – MODELLO FISICO.....</b>	<b>4</b>
3.1	Calcolo della gittata dell'intera pala.....	4
3.1.1	Moto di una pala.....	7
3.2	Risultati.....	9
3.3	calcolo della gittata di un frammento della pala.....	13
3.4	calcolo della gittata di un frammento di ghiaccio .....	14
3.5	Ribaltamento dell'aerogeneratore.....	15
<b>4</b>	<b>INDIVIDUAZIONE ZONE A RISCHIO .....</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>17</b>

---

## 1 PREMESSA

Lo scopo della presente relazione è di analizzare la sicurezza e la salute pubblica derivante da incidenti inerenti alla rotazione delle pale e l'eventuale collasso strutturale delle pale in particolare e dell'aerogeneratore nel suo complesso. Gli incidenti per la rotazione delle pale e di conseguenza i dati reperibili in letteratura sono ricondotti sostanzialmente a:

- rottura della pala al mozzo e quindi, in caso di rotore in movimento si ha il lancio dell'intera pala dalla navicella;
- rottura parziale della pala, in genere il distacco di un elemento terminale con conseguente lancio;
- collasso strutturale dell'aerogeneratore con conseguente caduta a terra della macchina.

È da evidenziare, inoltre, che in particolari condizioni climatiche sulle pale degli aerogeneratori è possibile la formazione di ghiaccio. I suoi frammenti possono essere lanciati dalle pale in movimento o staccarsi e cadere a terra. Tutto ciò rappresenta un rischio potenzialmente grave per la pubblica incolumità, poiché i frammenti di ghiaccio possono essere lanciati dalle pale lontano dalla posizione fissa dell'aerogeneratore.

Sulle pale degli aerogeneratori possono formarsi due tipi di ghiaccio:

- **"glaze ice"**, di tipo trasparente e altamente adesivo, si forma quando c'è umidità in prossimità di superfici fredde ( $<0^{\circ}$  C) e normalmente cade verso il basso subito dopo la formazione;
- **"rime ice"**, di tipo granulare, si forma a temperature più fredde ed è meno adesivo e si rompe in piccoli pezzi.

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito individuato per la realizzazione dell'impianto eolico è ubicato in Campania nel Comune di Caggiano (SA).

La localizzazione e la strutturazione dell'impianto eolico è stata individuata attraverso un'analisi condotta sulla bontà del livello di ventosità e sulle caratteristiche antropiche e ambientali del territorio di Caggiano. Prioritario, già in fase di studio, è stato l'impegno per la massima attenzione al rispetto dei criteri di inserimento dell'impianto nel contesto paesaggistico, armonizzando l'installazione con la valorizzazione ambientale e sociale del territorio che lo ospiterà.

La zona del parco è caratterizzata da morfologie montane e pedemontane. In particolare il parco sarà collocato sui crinali e su morfologie a bassa pendenza e stabili con altimetria media di circa 1100 m s.l.m.

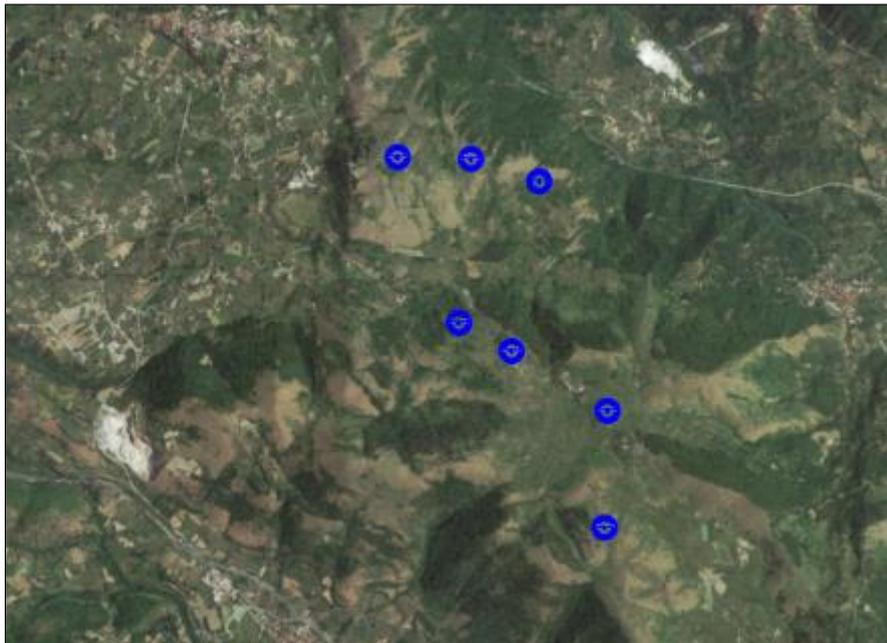


Figura 1: Ortofoto dell'impianto di progetto

La posizione delle torri del parco eolico che sarà realizzato è di seguito individuata:

ID TORRE	COMUNE	RIFERIMENTI CATASTALI		COORDINATE GEOGRAFICHE (GAUSS-BOAGA)		ALTEZZA al mozzo [m]	TIPO
		FOGLIO	PARTICELLA	EST	NORD		
1	CAGGIANO	23	54	2563477	4489746	120	SG 6.6 Siemens Gamesa
2	CAGGIANO	24	148-147	2564114	4489730	120	SG 6.6 Siemens Gamesa
3	CAGGIANO	25	53	2564708	4489534	120	SG 6.6 Siemens Gamesa
4	CAGGIANO	27	89	2564012	4488293	120	SG 6.6 Siemens Gamesa
5	CAGGIANO	26	136	2564405	4487890	120	SG 6.6 Siemens Gamesa
6	CAGGIANO	32	10	2565238	4487719	120	SG 6.6 Siemens Gamesa
7	CAGGIANO	33	143	2565307	4486580	120	SG 6.6 Siemens Gamesa

---

### 3 EQUAZIONI CINEMATICHE – MODELLO FISICO

L'analisi del moto di un oggetto rilasciato dal rotore (sia esso la pala o una sua parte oppure un frammento di ghiaccio) e quindi la stima del punto di caduta a terra può essere condotta attraverso i classici metodi della cinematica.

Per la specificità del parco eolico in progetto, i rischi connessi ed analizzati sono i seguenti:

- lancio dell'intera pala del rotore in movimento;
- lancio di un frammento terminale della pala dal rotore in movimento;
- lancio di ghiaccio staccatosi dalle pale del rotore;
- ribaltamento dell'aerogeneratore.

Poiché tali rischi sono direttamente associabili alla distanza in cui l'evento può causare danni, le aree a rischio, quindi, sono quelle intorno alle torri. Per la conformazione del parco, tale condizione è associabile sostanzialmente alle strade in prossimità degli aerogeneratori e comunque ad una distanza inferiore a tali condizioni. In seguito saranno riportati i risultati delle simulazioni effettuate per individuare le gittate massime per ciascuno degli eventi visti che generano rischi.

#### 3.1 CALCOLO DELLA GITTATA DELL'INTERA PALA

Il presente paragrafo tratta della stima della gittata di una pala eolica nel caso di rottura della stessa. Tale situazione, seppur improbabile, è stata analizzata considerando ipotesi cautelative al fine di ottenere risultati conservativi, cioè i più pericolosi.

Nel dettaglio, la pala analizzata appartiene all'aerogeneratore prodotto dalla SIEMENS (modello GAMESA SG 6.6-170), con un'altezza da terra del mozzo pari a 115 m e potenza eguale a 6.6 MW. Il punto di rottura è stato posto in prossimità dell'incastro delle pale con il rotore, che coincide con il punto di maggiore sollecitazione meccanica dovuta, perlopiù, al momento flettente generato dalle forze aerodinamiche delle pale stesse.

Lo studio è stato condotto ipotizzando un angolo "di lancio" variabile, cioè considerando tutti gli angoli possibili di rottura della pala.

Gli aerogeneratori del campo eolico del progetto in esame, presentano i seguenti dati geometrici:

Diametro del rotore: 170 m

---

Diametro dell'HUB:	3 m
Lunghezza della pala:	83.5 m
Altezza da terra del rotore:	115 m
RPM minima del rotore:	4.86
RPM nominale del rotore:	8.83
RPM massima del rotore	10.60

Le ipotesi che verranno eseguite di seguito saranno cautelative; tale scelta condurrà a dei risultati conservativi rispetto al caso reale.

La prima ipotesi che viene effettuata è quella di distacco netto e istantaneo nel punto di incastro della pala all'HUB. Tale ipotesi risulta essere particolarmente conservativa in quanto il distacco di un'ala, come di ogni altro elemento meccanico, non avviene mai in maniera netta, bensì si ha una rottura che parte da un lembo (ad esempio bordo d'uscita del profilo alare) e si protrae lungo la sezione fino al lembo opposto (ad esempio bordo d'attacco del profilo alare) in un intervallo di tempo  $\Delta t$  diverso da 0. Al fine di considerare la resistenza che il materiale delle pale esplica durante la rottura (maggiore rispetto al carico critico) e la resistenza aerodinamica della pala durante il suo moto in aria (proporzionale al quadrato della velocità stessa), è possibile ipotizzare una riduzione della velocità tangenziale della pala pari al 30% nel momento della rottura. Inoltre, trascurando la resistenza aerodinamica della pala durante il moto, è possibile approssimare la pala ad un punto posizionato nel baricentro della pala stessa; con buona approssimazione, è possibile considerare la posizione del baricentro della pala posto a circa  $1/3$  della stessa, dunque a una distanza  $R$  dal centro di rotazione:

$$R = d/2 + l/3 = 29.3 \text{ m}$$

Infine, la velocità di rotazione del rotore considerata sarà quella massima riportata dal costruttore.

Ricapitolando, le ipotesi effettuate sono le seguenti:

- distacco netto e istantaneo della pala nel punto di incastro;
- riduzione della velocità tangenziale della pala del 30%;
- sistema puntiforme con 3 gradi di libertà;
- concentrazione della massa della pala nel suo baricentro, posto a distanza  $R$  dal centro di rotazione;

- 
- velocità di rotazione del rotore massima.

Generalizzando per un attimo il problema, dunque considerando la pala non come un sistema puntiforme, le equazioni del moto che ne determinano la relativa legge sono le seguenti:

$$M \cdot a = F$$
$$I = \frac{d\omega}{dt} = 0$$

dove:

$M$  è la massa;

$a$  è l'accelerazione;

$I$  è il momento d'inerzia;

$\omega$  è la velocità angolare.

Le equazioni riportate che risultano essere rispettivamente la prima e la seconda legge della dinamica, ci permettono di affermare che:

- il corpo segue una traiettoria determinata dalla posizione del baricentro e dalle forze agenti sul corpo;
- il corpo, durante la traiettoria precedentemente determinata, gira indisturbato intorno al suo asse principale d'inerzia con una velocità angolare pari a quella iniziale, non influenzando sulla traiettoria che esso compie.

Tali considerazioni sono state effettuate al fine di garantire la validità dell'approssimazione di sistema puntiforme a 3 gradi di libertà precedentemente effettuata per il calcolo della gittata.

Grazie alle ipotesi effettuate è possibile associare al problema in questione il modello generale per studiare i fenomeni dei corpi che vengono lanciati con un angolo di alzo obliquo, con una velocità costante (a causa della mancanza della resistenza aerodinamica) e che compiono un moto noto con il termine: ***moto di un proiettile***.

Il moto di un proiettile è dato dalla somma vettoriale di due differenti moti:

- un moto longitudinale, lungo l'asse  $x$ , a velocità costante;
- un moto trasversale, lungo l'asse  $z$ , uniformemente accelerato.

La combinazione di questi due moti fornisce un moto che nel piano X-Z presenta la caratteristica traiettoria parabolica. La gittata è definita come la distanza che separa il punto di lancio del corpo

---

(o proiettile, qualsivoglia) e il punto in cui esso tocca terra.

Considerando dunque un piano cartesiano X-Z ed origine O, è possibile scrivere le seguenti equazioni, che rappresentano le componenti delle accelerazioni lungo gli assi X e Z:

$$\ddot{x} = 0$$

$$\ddot{z} = -g$$

dove:

$g$  è l'accelerazione di gravità, pari a circa  $9.81 \text{ m/s}^2$ .

Per quanto concerne le condizioni al contorno, il corpo è lanciato dall'origine degli assi con una velocità iniziale  $v_0$ , inclinata rispetto all'asse X di un angolo  $\theta$ , dunque con una componente lungo X e lungo Z pari rispettivamente a:

$$v_{0x} = v_0 \cos\theta$$

$$v_{0z} = v_0 \sin\theta$$

A questo punto, integrando le equazioni sopra scritte ed applicando le condizioni al contorno, è possibile ottenere la legge del moto:

$$x(t) = x_0 + v_{0x}t$$

$$z(t) = z_0 + v_{0z}t - \frac{1}{2}gt^2$$

Ponendo  $z=0$  e scartando la soluzione negativa, è possibile ricavare il tempo al quale il corpo tocca terra. Sostituendo il tempo così ottenuto nella prima equazione è infine possibile calcolare la gittata.

Nel dettaglio

$$t_{z=0} = \frac{v_{0z}}{g} + \frac{\sqrt{v_{0z}^2 + 2gz_0}}{g}$$

$$G = x_0 + v_{0x}t_{z=0}$$

### 3.1.1 Moto di una pala

Note le equazioni del moto di un proiettile, è possibile specificare il problema per il caso in esame.

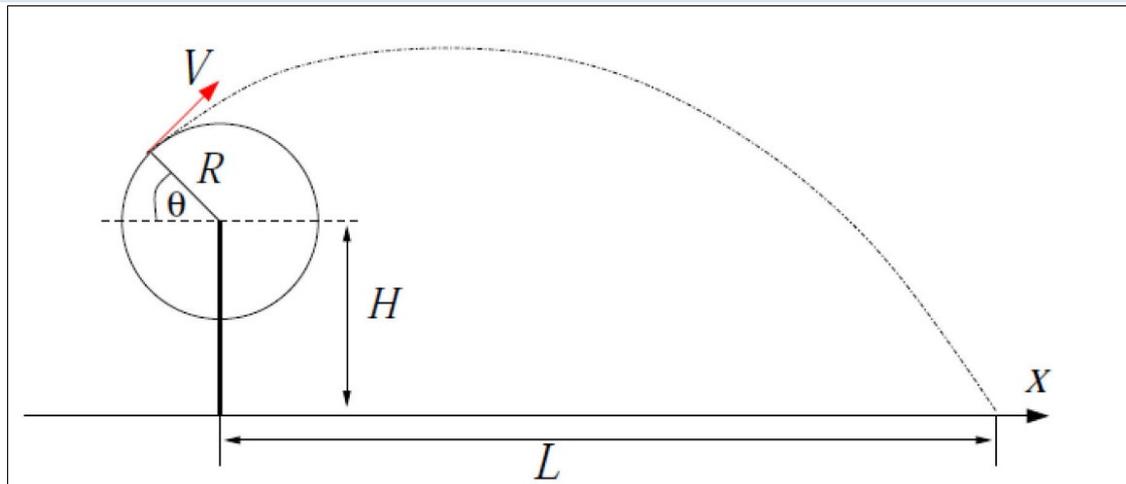


Figura 2: Moto di una pala

Facendo riferimento allo schema dell'aerogeneratore di fig. 2 e ponendo l'origine degli assi alla base dell'aerogeneratore, si ottengono le seguenti relazioni cinematiche del baricentro della pala prima della rottura della stessa:

$$x = -R \cos(\omega t)$$

$$z = H + R \sin(\omega t)$$

dove:

$R = d\sqrt{2 + \sqrt{3}}$  è la distanza del baricentro della pala dal centro di rotazione;

$H$  è l'altezza dell'HUB;

$\omega$  è la velocità di rotazione.

Al fine di calcolare la velocità del baricentro della pala prima della rottura, è necessario derivare nel tempo, ottenendo:

$$v_x = \frac{d(x)}{dt} = R\omega \sin(\omega t)$$

$$v_z = \frac{d(z)}{dt} = R\omega \cos(\omega t)$$

Imponendo il tempo di rottura  $t=T$ , dunque  $\omega t = \omega T = \theta$ , è possibile calcolare le condizioni iniziali, posizione e velocità, del moto della pala. Nel dettaglio, esse risultano essere eguali a:

$$x_0 = -R \cos \theta$$

$$z_0 = H + R \sin \theta$$

$$v_{x0} = \frac{d(x)}{dt} = R\omega \sin \theta$$

$$v_{z0} = \frac{d(z)}{dt} = R\omega \cos \theta$$

Sostituendo le condizioni iniziali ottenute nelle equazioni del tempo di caduta e della gittata, è possibile calcolare il tempo di volo della pala, cioè il tempo che intercorre tra il momento della rottura e il momento in cui tocca terra. Nel dettaglio, risulta essere pari a:

$$t_{z=0} = \frac{R\omega\cos\theta}{g} + \frac{\sqrt{R^2\omega^2\cos^2\theta + 2g(H + R\sin\theta)}}{g}$$

Infine, sostituendo  $t_{z=0}$  ricavato dall'equazione sopra, all'interno dell'equazione della gittata, si ricava:

$$G = -R\cos\theta + R\omega\sin\theta \frac{1}{g} [R\omega\cos\theta + \sqrt{R^2\omega^2\cos^2\theta + 2g(H + R\sin\theta)}]$$

L'equazione sopradetta ci permette, note le caratteristiche geometriche e cinematiche dell'aerogeneratore di calcolare la gittata della pala. È importante notare che la gittata G è funzione dell'angolo  $\theta$  che la pala presenta nel momento della rottura. Al fine di determinare quale sia l'angolo  $\theta$  per il quale la gitta G è massima, si procede con il calcolo dei massimi e dei minimi ponendo uguale a 0 la derivata della gittata rispetto all'angolo  $\theta$ ; cioè:

$$\frac{dG}{d\theta} = 0$$

che porta al seguente risultato:

$$\frac{WR\cos\theta(2gH + 3gR\sin\theta - R^2\omega^2\sin^2\theta + R^2\omega^2\cos^2\theta)}{2\sqrt{R^2\omega^2\cos^2\theta + 2g(H + R\sin\theta)}} + \sin\theta \left( R - \frac{R^2\omega^2\sin\theta}{g} \right) + \frac{R^2\omega^2\cos^2\theta}{g} = 0$$

Ricavando  $\theta$  dall'equazione sopra, è possibile ottenere gli angoli di rottura della pala, per i quali si ottiene la gittata G massima.

### 3.2 RISULTATI

Sostituendo i dati a nostra disposizione nell'ultima equazione del paragrafo precedente è possibile ottenere i seguenti risultati:

$$\theta_{G_{\max}} = 68^\circ \quad \text{per valori di } x \text{ positivi}$$

$$\theta_{G_{\max}} = 307^\circ \quad \text{per valori di } x \text{ negativi}$$

Sostituendo gli angoli  $\theta$  così ottenuti nelle equazioni del paragrafo precedente, si ottengono le gittate massime sia per le x positive che negative:

$$G_{\max}(\theta_{\max}(68^\circ)) = 249.05 \text{ m}$$

$$G_{\max}(\theta_{\max}(307^\circ)) = -249.05 \text{ m}$$

Per completezza, nella tabella seguente, si riportano i valori della gittata considerando diversi valori dell'angolo  $\theta$ . Si evidenziano due colonne che riportano i valori della gittata; nella prima il valore della gittata teorica; nella seconda al valore prima menzionato va sommato la lunghezza dei 2/3 della pala ( $L_g$ ).

Angolo $\theta$	RPM	L	H	$v_0$	$v_{x0}$	$v_{y0}$	D	R	g	Gittata teorica	$L_g$	Gittata Effettiva
0	10,60	83,50	115,00	32,56	0,00	32,56	170	29,33	9,81	-29,33	55,67	26,33
1	10,60	83,50	115,00	32,56	0,57	32,56	170	29,33	9,81	-24,10	55,67	31,56
2	10,60	83,50	115,00	32,56	1,14	32,54	170	29,33	9,81	-18,86	55,67	36,81
3	10,60	83,50	115,00	32,56	1,70	32,52	170	29,33	9,81	-13,60	55,67	42,07
4	10,60	83,50	115,00	32,56	2,27	32,48	170	29,33	9,81	-8,34	55,67	47,33
5	10,60	83,50	115,00	32,56	2,84	32,44	170	29,33	9,81	-3,07	55,67	52,59
6	10,60	83,50	115,00	32,56	3,40	32,38	170	29,33	9,81	2,19	55,67	57,86
7	10,60	83,50	115,00	32,56	3,97	32,32	170	29,33	9,81	7,44	55,67	63,11
8	10,60	83,50	115,00	32,56	4,53	32,24	170	29,33	9,81	12,69	55,67	68,35
9	10,60	83,50	115,00	32,56	5,09	32,16	170	29,33	9,81	17,92	55,67	73,58
10	10,60	83,50	115,00	32,56	5,65	32,07	170	29,33	9,81	23,12	55,67	78,79
11	10,60	83,50	115,00	32,56	6,21	31,96	170	29,33	9,81	28,31	55,67	83,98
12	10,60	83,50	115,00	32,56	6,77	31,85	170	29,33	9,81	33,47	55,67	89,13
13	10,60	83,50	115,00	32,56	7,32	31,73	170	29,33	9,81	38,59	55,67	94,26
14	10,60	83,50	115,00	32,56	7,88	31,59	170	29,33	9,81	43,68	55,67	99,35
15	10,60	83,50	115,00	32,56	8,43	31,45	170	29,33	9,81	48,74	55,67	104,40
16	10,60	83,50	115,00	32,56	8,97	31,30	170	29,33	9,81	53,74	55,67	109,41
17	10,60	83,50	115,00	32,56	9,52	31,14	170	29,33	9,81	58,70	55,67	114,37
18	10,60	83,50	115,00	32,56	10,06	30,97	170	29,33	9,81	63,61	55,67	119,28
19	10,60	83,50	115,00	32,56	10,60	30,79	170	29,33	9,81	68,46	55,67	124,13
20	10,60	83,50	115,00	32,56	11,14	30,60	170	29,33	9,81	73,26	55,67	128,93
21	10,60	83,50	115,00	32,56	11,67	30,40	170	29,33	9,81	77,99	55,67	133,66
22	10,60	83,50	115,00	32,56	12,20	30,19	170	29,33	9,81	82,66	55,67	138,33
23	10,60	83,50	115,00	32,56	12,72	29,97	170	29,33	9,81	87,26	55,67	142,93
24	10,60	83,50	115,00	32,56	13,24	29,75	170	29,33	9,81	91,79	55,67	147,46
25	10,60	83,50	115,00	32,56	13,76	29,51	170	29,33	9,81	96,25	55,67	151,91
26	10,60	83,50	115,00	32,56	14,27	29,27	170	29,33	9,81	100,62	55,67	156,29
27	10,60	83,50	115,00	32,56	14,78	29,01	170	29,33	9,81	104,92	55,67	160,58
28	10,60	83,50	115,00	32,56	15,29	28,75	170	29,33	9,81	109,13	55,67	164,80
29	10,60	83,50	115,00	32,56	15,79	28,48	170	29,33	9,81	113,26	55,67	168,92
30	10,60	83,50	115,00	32,56	16,28	28,20	170	29,33	9,81	117,29	55,67	172,96
31	10,60	83,50	115,00	32,56	16,77	27,91	170	29,33	9,81	121,24	55,67	176,91
32	10,60	83,50	115,00	32,56	17,25	27,61	170	29,33	9,81	125,10	55,67	180,76
33	10,60	83,50	115,00	32,56	17,73	27,31	170	29,33	9,81	128,85	55,67	184,52
34	10,60	83,50	115,00	32,56	18,21	26,99	170	29,33	9,81	132,52	55,67	188,18
35	10,60	83,50	115,00	32,56	18,68	26,67	170	29,33	9,81	136,08	55,67	191,74
36	10,60	83,50	115,00	32,56	19,14	26,34	170	29,33	9,81	139,54	55,67	195,21
37	10,60	83,50	115,00	32,56	19,60	26,00	170	29,33	9,81	142,90	55,67	198,56
38	10,60	83,50	115,00	32,56	20,05	25,66	170	29,33	9,81	146,15	55,67	201,82
39	10,60	83,50	115,00	32,56	20,49	25,30	170	29,33	9,81	149,30	55,67	204,97
40	10,60	83,50	115,00	32,56	20,93	24,94	170	29,33	9,81	152,34	55,67	208,01
41	10,60	83,50	115,00	32,56	21,36	24,57	170	29,33	9,81	155,28	55,67	210,95
42	10,60	83,50	115,00	32,56	21,79	24,20	170	29,33	9,81	158,11	55,67	213,77
43	10,60	83,50	115,00	32,56	22,21	23,81	170	29,33	9,81	160,82	55,67	216,49
44	10,60	83,50	115,00	32,56	22,62	23,42	170	29,33	9,81	163,43	55,67	219,09
45	10,60	83,50	115,00	32,56	23,02	23,02	170	29,33	9,81	165,92	55,67	221,59
46	10,60	83,50	115,00	32,56	23,42	22,62	170	29,33	9,81	168,31	55,67	223,97
47	10,60	83,50	115,00	32,56	23,81	22,21	170	29,33	9,81	170,58	55,67	226,25
48	10,60	83,50	115,00	32,56	24,20	21,79	170	29,33	9,81	172,74	55,67	228,41
49	10,60	83,50	115,00	32,56	24,57	21,36	170	29,33	9,81	174,79	55,67	230,46
50	10,60	83,50	115,00	32,56	24,94	20,93	170	29,33	9,81	176,73	55,67	232,40
51	10,60	83,50	115,00	32,56	25,30	20,49	170	29,33	9,81	178,56	55,67	234,22

52	10,60	83,50	115,00	32,56	25,66	20,05	170	29,33	9,81	180,27	55,67	235,94
53	10,60	83,50	115,00	32,56	26,00	19,60	170	29,33	9,81	181,88	55,67	237,55
54	10,60	83,50	115,00	32,56	26,34	19,14	170	29,33	9,81	183,37	55,67	239,04
55	10,60	83,50	115,00	32,56	26,67	18,68	170	29,33	9,81	184,76	55,67	240,43
56	10,60	83,50	115,00	32,56	26,99	18,21	170	29,33	9,81	186,04	55,67	241,71
57	10,60	83,50	115,00	32,56	27,31	17,73	170	29,33	9,81	187,21	55,67	242,88
58	10,60	83,50	115,00	32,56	27,61	17,25	170	29,33	9,81	188,27	55,67	243,94
59	10,60	83,50	115,00	32,56	27,91	16,77	170	29,33	9,81	189,23	55,67	244,90
60	10,60	83,50	115,00	32,56	28,20	16,28	170	29,33	9,81	190,09	55,67	245,76
61	10,60	83,50	115,00	32,56	28,48	15,79	170	29,33	9,81	190,84	55,67	246,51
62	10,60	83,50	115,00	32,56	28,75	15,29	170	29,33	9,81	191,50	55,67	247,16
63	10,60	83,50	115,00	32,56	29,01	14,78	170	29,33	9,81	192,05	55,67	247,71
64	10,60	83,50	115,00	32,56	29,27	14,27	170	29,33	9,81	192,50	55,67	248,17
65	10,60	83,50	115,00	32,56	29,51	13,76	170	29,33	9,81	192,86	55,67	248,53
66	10,60	83,50	115,00	32,56	29,75	13,24	170	29,33	9,81	193,12	55,67	248,79
67	10,60	83,50	115,00	32,56	29,97	12,72	170	29,33	9,81	193,30	55,67	248,96
68	10,60	83,50	115,00	32,56	30,19	12,20	170	29,33	9,81	193,38	55,67	249,04
69	10,60	83,50	115,00	32,56	30,40	11,67	170	29,33	9,81	193,37	55,67	249,04
70	10,60	83,50	115,00	32,56	30,60	11,14	170	29,33	9,81	193,27	55,67	248,94
71	10,60	83,50	115,00	32,56	30,79	10,60	170	29,33	9,81	193,10	55,67	248,76
72	10,60	83,50	115,00	32,56	30,97	10,06	170	29,33	9,81	192,83	55,67	248,50
73	10,60	83,50	115,00	32,56	31,14	9,52	170	29,33	9,81	192,49	55,67	248,16
74	10,60	83,50	115,00	32,56	31,30	8,97	170	29,33	9,81	192,07	55,67	247,74
75	10,60	83,50	115,00	32,56	31,45	8,43	170	29,33	9,81	191,58	55,67	247,24
76	10,60	83,50	115,00	32,56	31,59	7,88	170	29,33	9,81	191,01	55,67	246,68
77	10,60	83,50	115,00	32,56	31,73	7,32	170	29,33	9,81	190,37	55,67	246,04
78	10,60	83,50	115,00	32,56	31,85	6,77	170	29,33	9,81	189,66	55,67	245,33
79	10,60	83,50	115,00	32,56	31,96	6,21	170	29,33	9,81	188,88	55,67	244,55
80	10,60	83,50	115,00	32,56	32,07	5,65	170	29,33	9,81	188,04	55,67	243,71
81	10,60	83,50	115,00	32,56	32,16	5,09	170	29,33	9,81	187,14	55,67	242,81
82	10,60	83,50	115,00	32,56	32,24	4,53	170	29,33	9,81	186,18	55,67	241,85
83	10,60	83,50	115,00	32,56	32,32	3,97	170	29,33	9,81	185,16	55,67	240,83
84	10,60	83,50	115,00	32,56	32,38	3,40	170	29,33	9,81	184,09	55,67	239,76
85	10,60	83,50	115,00	32,56	32,44	2,84	170	29,33	9,81	182,96	55,67	238,63
86	10,60	83,50	115,00	32,56	32,48	2,27	170	29,33	9,81	181,79	55,67	237,46
87	10,60	83,50	115,00	32,56	32,52	1,70	170	29,33	9,81	180,57	55,67	236,23
88	10,60	83,50	115,00	32,56	32,54	1,14	170	29,33	9,81	179,30	55,67	234,96
89	10,60	83,50	115,00	32,56	32,56	0,57	170	29,33	9,81	177,98	55,67	233,65
90	10,60	83,50	115,00	32,56	32,56	0,00	170	29,33	9,81	176,63	55,67	232,29
270	10,60	83,50	115,00	32,56	-32,56	0,00	170	29,33	9,81	-136,08	55,67	-191,74
271	10,60	83,50	115,00	32,56	-32,56	0,57	170	29,33	9,81	-138,47	55,67	-194,14
272	10,60	83,50	115,00	32,56	-32,54	1,14	170	29,33	9,81	-140,85	55,67	-196,52
273	10,60	83,50	115,00	32,56	-32,52	1,70	170	29,33	9,81	-143,22	55,67	-198,89
274	10,60	83,50	115,00	32,56	-32,48	2,27	170	29,33	9,81	-145,58	55,67	-201,24
275	10,60	83,50	115,00	32,56	-32,44	2,84	170	29,33	9,81	-147,91	55,67	-203,58
276	10,60	83,50	115,00	32,56	-32,38	3,40	170	29,33	9,81	-150,22	55,67	-205,89
277	10,60	83,50	115,00	32,56	-32,32	3,97	170	29,33	9,81	-152,51	55,67	-208,18
278	10,60	83,50	115,00	32,56	-32,24	4,53	170	29,33	9,81	-154,77	55,67	-210,44
279	10,60	83,50	115,00	32,56	-32,16	5,09	170	29,33	9,81	-157,00	55,67	-212,67
280	10,60	83,50	115,00	32,56	-32,07	5,65	170	29,33	9,81	-159,20	55,67	-214,86
281	10,60	83,50	115,00	32,56	-31,96	6,21	170	29,33	9,81	-161,36	55,67	-217,02
282	10,60	83,50	115,00	32,56	-31,85	6,77	170	29,33	9,81	-163,47	55,67	-219,14
283	10,60	83,50	115,00	32,56	-31,73	7,32	170	29,33	9,81	-165,55	55,67	-221,21
284	10,60	83,50	115,00	32,56	-31,59	7,88	170	29,33	9,81	-167,57	55,67	-223,24
285	10,60	83,50	115,00	32,56	-31,45	8,43	170	29,33	9,81	-169,55	55,67	-225,21
286	10,60	83,50	115,00	32,56	-31,30	8,97	170	29,33	9,81	-171,47	55,67	-227,13
287	10,60	83,50	115,00	32,56	-31,14	9,52	170	29,33	9,81	-173,33	55,67	-229,00
288	10,60	83,50	115,00	32,56	-30,97	10,06	170	29,33	9,81	-175,13	55,67	-230,80
289	10,60	83,50	115,00	32,56	-30,79	10,60	170	29,33	9,81	-176,87	55,67	-232,54
290	10,60	83,50	115,00	32,56	-30,60	11,14	170	29,33	9,81	-178,54	55,67	-234,21
291	10,60	83,50	115,00	32,56	-30,40	11,67	170	29,33	9,81	-180,14	55,67	-235,80
292	10,60	83,50	115,00	32,56	-30,19	12,20	170	29,33	9,81	-181,66	55,67	-237,32
293	10,60	83,50	115,00	32,56	-29,97	12,72	170	29,33	9,81	-183,10	55,67	-238,77
294	10,60	83,50	115,00	32,56	-29,75	13,24	170	29,33	9,81	-184,46	55,67	-240,13
295	10,60	83,50	115,00	32,56	-29,51	13,76	170	29,33	9,81	-185,74	55,67	-241,41

296	10,60	83,50	115,00	32,56	-29,27	14,27	170	29,33	9,81	-186,93	55,67	-242,60
297	10,60	83,50	115,00	32,56	-29,01	14,78	170	29,33	9,81	-188,03	55,67	-243,70
298	10,60	83,50	115,00	32,56	-28,75	15,29	170	29,33	9,81	-189,04	55,67	-244,70
299	10,60	83,50	115,00	32,56	-28,48	15,79	170	29,33	9,81	-189,94	55,67	-245,61
300	10,60	83,50	115,00	32,56	-28,20	16,28	170	29,33	9,81	-190,75	55,67	-246,42
301	10,60	83,50	115,00	32,56	-27,91	16,77	170	29,33	9,81	-191,45	55,67	-247,12
302	10,60	83,50	115,00	32,56	-27,61	17,25	170	29,33	9,81	-192,05	55,67	-247,72
303	10,60	83,50	115,00	32,56	-27,31	17,73	170	29,33	9,81	-192,54	55,67	-248,21
304	10,60	83,50	115,00	32,56	-26,99	18,21	170	29,33	9,81	-192,92	55,67	-248,59
305	10,60	83,50	115,00	32,56	-26,67	18,68	170	29,33	9,81	-193,19	55,67	-248,86
306	10,60	83,50	115,00	32,56	-26,34	19,14	170	29,33	9,81	-193,35	55,67	-249,01
307	10,60	83,50	115,00	32,56	-26,00	19,60	170	29,33	9,81	-193,38	55,67	-249,05
308	10,60	83,50	115,00	32,56	-25,66	20,05	170	29,33	9,81	-193,30	55,67	-248,97
309	10,60	83,50	115,00	32,56	-25,30	20,49	170	29,33	9,81	-193,10	55,67	-248,76
310	10,60	83,50	115,00	32,56	-24,94	20,93	170	29,33	9,81	-192,77	55,67	-248,44
311	10,60	83,50	115,00	32,56	-24,57	21,36	170	29,33	9,81	-192,32	55,67	-247,99
312	10,60	83,50	115,00	32,56	-24,20	21,79	170	29,33	9,81	-191,75	55,67	-247,41
313	10,60	83,50	115,00	32,56	-23,81	22,21	170	29,33	9,81	-191,05	55,67	-246,71
314	10,60	83,50	115,00	32,56	-23,42	22,62	170	29,33	9,81	-190,22	55,67	-245,89
315	10,60	83,50	115,00	32,56	-23,02	23,02	170	29,33	9,81	-189,26	55,67	-244,93
316	10,60	83,50	115,00	32,56	-22,62	23,42	170	29,33	9,81	-188,18	55,67	-243,85
317	10,60	83,50	115,00	32,56	-22,21	23,81	170	29,33	9,81	-186,97	55,67	-242,63
318	10,60	83,50	115,00	32,56	-21,79	24,20	170	29,33	9,81	-185,62	55,67	-241,29
319	10,60	83,50	115,00	32,56	-21,36	24,57	170	29,33	9,81	-184,15	55,67	-239,81
320	10,60	83,50	115,00	32,56	-20,93	24,94	170	29,33	9,81	-182,54	55,67	-238,21
321	10,60	83,50	115,00	32,56	-20,49	25,30	170	29,33	9,81	-180,81	55,67	-236,48
322	10,60	83,50	115,00	32,56	-20,05	25,66	170	29,33	9,81	-178,95	55,67	-234,61
323	10,60	83,50	115,00	32,56	-19,60	26,00	170	29,33	9,81	-176,95	55,67	-232,62
324	10,60	83,50	115,00	32,56	-19,14	26,34	170	29,33	9,81	-174,83	55,67	-230,50
325	10,60	83,50	115,00	32,56	-18,68	26,67	170	29,33	9,81	-172,58	55,67	-228,25
326	10,60	83,50	115,00	32,56	-18,21	26,99	170	29,33	9,81	-170,20	55,67	-225,87
327	10,60	83,50	115,00	32,56	-17,73	27,31	170	29,33	9,81	-167,70	55,67	-223,37
328	10,60	83,50	115,00	32,56	-17,25	27,61	170	29,33	9,81	-165,07	55,67	-220,74
329	10,60	83,50	115,00	32,56	-16,77	27,91	170	29,33	9,81	-162,32	55,67	-217,99
330	10,60	83,50	115,00	32,56	-16,28	28,20	170	29,33	9,81	-159,45	55,67	-215,11
331	10,60	83,50	115,00	32,56	-15,79	28,48	170	29,33	9,81	-156,45	55,67	-212,12
332	10,60	83,50	115,00	32,56	-15,29	28,75	170	29,33	9,81	-153,34	55,67	-209,01
333	10,60	83,50	115,00	32,56	-14,78	29,01	170	29,33	9,81	-150,11	55,67	-205,78
334	10,60	83,50	115,00	32,56	-14,27	29,27	170	29,33	9,81	-146,77	55,67	-202,43
335	10,60	83,50	115,00	32,56	-13,76	29,51	170	29,33	9,81	-143,31	55,67	-198,98
336	10,60	83,50	115,00	32,56	-13,24	29,75	170	29,33	9,81	-139,74	55,67	-195,41
337	10,60	83,50	115,00	32,56	-12,72	29,97	170	29,33	9,81	-136,07	55,67	-191,74
338	10,60	83,50	115,00	32,56	-12,20	30,19	170	29,33	9,81	-132,29	55,67	-187,96
339	10,60	83,50	115,00	32,56	-11,67	30,40	170	29,33	9,81	-128,41	55,67	-184,08
340	10,60	83,50	115,00	32,56	-11,14	30,60	170	29,33	9,81	-124,43	55,67	-180,10
341	10,60	83,50	115,00	32,56	-10,60	30,79	170	29,33	9,81	-120,36	55,67	-176,02
342	10,60	83,50	115,00	32,56	-10,06	30,97	170	29,33	9,81	-116,19	55,67	-171,85
343	10,60	83,50	115,00	32,56	-9,52	31,14	170	29,33	9,81	-111,93	55,67	-167,60
344	10,60	83,50	115,00	32,56	-8,97	31,30	170	29,33	9,81	-107,58	55,67	-163,25
345	10,60	83,50	115,00	32,56	-8,43	31,45	170	29,33	9,81	-103,16	55,67	-158,82
346	10,60	83,50	115,00	32,56	-7,88	31,59	170	29,33	9,81	-98,65	55,67	-154,32
347	10,60	83,50	115,00	32,56	-7,32	31,73	170	29,33	9,81	-94,06	55,67	-149,73
348	10,60	83,50	115,00	32,56	-6,77	31,85	170	29,33	9,81	-89,41	55,67	-145,08
349	10,60	83,50	115,00	32,56	-6,21	31,96	170	29,33	9,81	-84,68	55,67	-140,35
350	10,60	83,50	115,00	32,56	-5,65	32,07	170	29,33	9,81	-79,90	55,67	-135,56
351	10,60	83,50	115,00	32,56	-5,09	32,16	170	29,33	9,81	-75,05	55,67	-130,71
352	10,60	83,50	115,00	32,56	-4,53	32,24	170	29,33	9,81	-70,14	55,67	-125,81
353	10,60	83,50	115,00	32,56	-3,97	32,32	170	29,33	9,81	-65,18	55,67	-120,85
354	10,60	83,50	115,00	32,56	-3,40	32,38	170	29,33	9,81	-60,17	55,67	-115,84
355	10,60	83,50	115,00	32,56	-2,84	32,44	170	29,33	9,81	-55,12	55,67	-110,78
356	10,60	83,50	115,00	32,56	-2,27	32,48	170	29,33	9,81	-50,02	55,67	-105,69
357	10,60	83,50	115,00	32,56	-1,70	32,52	170	29,33	9,81	-44,90	55,67	-100,56
358	10,60	83,50	115,00	32,56	-1,14	32,54	170	29,33	9,81	-39,73	55,67	-95,40
359	10,60	83,50	115,00	32,56	-0,57	32,56	170	29,33	9,81	-34,55	55,67	-90,21
360	10,60	83,50	115,00	32,56	0,00	32,56	170	29,33	9,81	-29,33	55,67	-85,00

### 3.3 CALCOLO DELLA GITTATA DI UN FRAMMENTO DELLA PALA

La seguente analisi prende a riferimento lo studio pubblicato da BP Power, ente scientifico di ricerca certificato, su richiesta di Vestas Wind Systems. Lo studio ha lo scopo di stimare le conseguenze della perdita di parte della pala, ovvero di definire la gittata del materiale in caso di rottura, nell'ipotesi di condizioni nominali di funzionamento. I frammenti presi in considerazione hanno dimensione di 5 m e 10 m. Il calcolo effettuato da BP Power è relativo alla turbina Vestas V80 Vestas V80 con le seguenti caratteristiche geometriche e cinematiche:

Diametro	m 80
Area Spazzata	m <sup>2</sup> 5.027
Velocità di rotazione	rpm 19
Intervallo operativo	rpm 16,7 – 19
Numero pale	3

Le ipotesi del modello sono state definite sulla base del caso peggiore, ovvero della maggiore distanza raggiunta dal distacco del corpo.

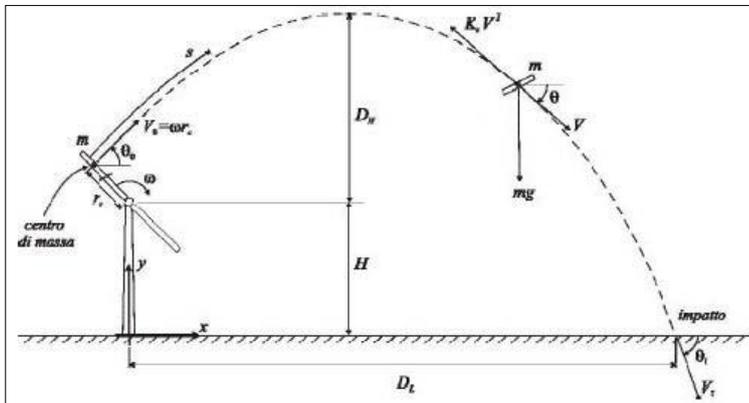


Figura 3: Schematizzazione della traiettoria

I risultati presentati nel documento<sup>1</sup> mostrano gittate (per pala intera o frammento) che vanno oltre i 500 m. È da ritenersi però che tali risultati siano derivanti dal tipo di approccio teorico al problema. Gli eventi reali sono sempre molto più complessi rispetto al modello teorico utilizzato poiché dipendono

dalle caratteristiche del frammento (massa, forma, aerodinamicità, ecc...), dal meccanismo di rottura (urto, tipo di rottura, angolo di distacco, ecc...) e dalle condizioni del momento (vento, turbolenza, velocità di rotazione, ecc...). Come descritto nel documento di riferimento (di cui si riporta uno stralcio in italiano) *“l’esperienza pratica su una casistica di 1578 dati (fino all’agosto del 2006) ha dimostrato che nel caso di distacco della pala, o parti di essa, l’unico moto che si è registrato*

<sup>1</sup> Blade throw calculation under normal operating conditions V80 - 2MW

è stato un moto di complex rotational e che le distanze percorse lungo il moto sono risultate sempre ben al di sotto delle lunghezze riportate nel calcolo. Le parti staccatesi, in genere piccole, a causa di guasti causati da eventi eccezionali (quali la straordinaria energia prodotta da un fulmine), sono state trovate a distanze non superiori ai 40-50 metri dalla base della torre." Risulta quindi improponibile, per il numero di variabili associate, un calcolo deterministico della gittata di un ipotetico frammento. Come indicato dallo studio di riferimento, è corretto riferirsi al calcolo teorico utilizzandolo quale valore di riferimento per avere un limite di sicurezza. In questa ottica si indica il valore definito nel paragrafo precedente.

### 3.4 CALCOLO DELLA GITTATA DI UN FRAMMENTO DI GHIACCIO

In merito al calcolo della gittata di un pezzo di ghiaccio dalle pale di una turbina eolica, si può fare riferimento agli studi effettuati da Henry Seifert e pubblicati in un documento dal titolo "Risk analysis of ice throw from wind turbines". In tale documento si fa riferimento per il calcolo della distanza massima a cui può essere lanciato un pezzo di ghiaccio alla seguente formula empirica:

$$d = v \frac{D/2 + H}{15}$$

dove

d = distanza max di caduta pezzo di ghiaccio;

D = diametro rotore in m;

H = altezza al mozzo dell'aerogeneratore in m;

v = velocità del vento ad altezza mozzo in m/s

I parametri utilizzati per il calcolo della gittata di pezzi di ghiaccio sono di seguito riportati:

D = 170 m    diametro del rotore  
H = 115 m    altezza al mozzo  
v = 20 m/s    velocità operativa max del vento ad altezza mozzo

Applicando la formula sopra detta abbiamo:

$$d = v \frac{D/2 + H}{15} = 20 \frac{170/2 + 115}{15} = 266.7 \text{ m}$$

---

### 3.5 RIBALTAMENTO DELL'AEROGENERATORE

Nel caso di ribaltamento dell'aerogeneratore supponiamo che l'area di possibile caduta sia pari all'altezza della torre più la lunghezza della pala; se l'area a rischio è interna all'area complessiva di possibile caduta si ipotizza che la pala possa cadere interamente nell'area a rischio; questa condizione per quanto non realistica costituisce la condizione peggiore in termini di sicurezza. In base al ragionamento su esposto e per l'aerogeneratore in progetto si può calcolare un'area a rischio avente un diametro massimo pari a

$$d_{max} = H + L_p = 115 + 83,5 = 198,5 \text{ m}$$

dove

H = altezza al mozzo dell'aerogeneratore in m;

L<sub>p</sub> = lunghezza della pala in m.

## 4 INDIVIDUAZIONE ZONE A RISCHIO

Per l'individuazione delle zone a rischio sono state analizzate le condizioni di contesto antropico dell'area parco tenendo conto delle gittate massime valutate nei capitoli precedenti; tali distanze sono riportate nella tabella che segue:

WTG	Gittata massima pezzi di ghiaccio [m]	Gittata massima pala intera [m]	Distanza di sicurezza al ribaltamento [m]
SG 6.6	266,7	249,05	198,5

A favore della sicurezza si considerano i seguenti buffer:

WTG	Gittata massima pezzi di ghiaccio [m]	Gittata massima pala intera [m]	Distanza di sicurezza al ribaltamento [m]
SG 6.6	270	250	200

Le zone a rischio sono quelle associate ad aree di transito pubblico (strade) e quelle riconducibili ad aree destinate a residenze (fabbricati).

Di seguito si riporta le situazioni di interferenza rilevate per il progetto in esame.

### Fabbricati

WTG	Interferenza	Fascia rispetto pala	Fascia rispetto ghiaccio	Fascia rispetto ribaltamento	Distanza dalla torre
1	NESSUNA	R=250 m	R=270 m	R=200 m	-
2	NESSUNA	R=250 m	R=270 m	R=200 m	-
3	NESSUNA	R=250 m	R=270 m	R=200 m	-
4	NESSUNA	R=250 m	R=270 m	R=200 m	-
5	NESSUNA	R=250 m	R=270 m	R=200 m	-
6	NESSUNA	R=250 m	R=270 m	R=200 m	-
7	NESSUNA	R=250 m	R=270 m	R=200 m	-

### Strade

WTG	Interferenza	Fascia rispetto pala	Fascia rispetto ghiaccio	Fascia rispetto ribaltamento	Distanza dalla torre
1	NESSUNA	R=250 m	R=270 m	R=200 m	/
2	NESSUNA	R=250 m	R=270 m	R=200 m	/
3	NESSUNA	R=250 m	R=270 m	R=200 m	/
4	<b>Strada comunale</b>	<b>R=250 m</b>	<b>R=270 m</b>	<b>R=200 m</b>	<b>163</b>
5	<b>Strada comunale</b>	<b>R=250 m</b>	<b>R=270 m</b>	<b>R=200 m</b>	<b>74</b>
6	<b>Strada comunale</b>	<b>R=250 m</b>	<b>R=270 m</b>	<b>R=200 m</b>	<b>247</b>
7	NESSUNA	R=250 m	R=270 m	R=200 m	/

---

## 5 CONCLUSIONI

Dai risultati riportati nella seguente relazione è possibile dedurre che la progettazione dell'impianto eolico ha tenuto in debita considerazione i rischi derivanti dall'eventualità, seppure remota, della rottura di una pala e del suo eventuale ribaltamento.

La distanza minima degli aerogeneratori del progetto da eventuali ricettori sensibili, quali abitazioni, risulta essere in ogni caso maggiore rispetto ai valori della gittata. È dunque possibile concludere che nell'ipotesi di rottura di una pala di un aerogeneratore o di ribaltamento si è in completa sicurezza.

Si tende a sottolineare, come già ribadito nei paragrafi precedenti, come il calcolo di gittata di frammenti o porzioni di guscio della pala, risulta essere privo di basi computazionali, in quanto la determinazione delle dimensioni del reale pezzo di ala che si possa distaccare è del tutto aleatorio e non dipende da una causa specifica riconducibile ad una discontinuità, un difetto di progettazione o di realizzazione della pala. Al fine di oltrepassare questo problema si potrebbe condurre un'analisi del rischio che è un indice funzione della probabilità di occorrenza di una specifica rottura e la gravità delle sue conseguenze. L'attuazione di questa analisi sarebbe possibile soltanto se tutte le informazioni riguardanti questo tipo di eventi fossero disponibili e se la popolazione statistica, cioè il numero di eventi di cui si hanno questo tipo di informazioni, sia notevolmente ampia, cosa che non è verificata nella realtà.

Per quanto riguarda invece l'interferenza con le strade possiamo comunque ragionevolmente affermare che anche in questo caso la sicurezza è garantita. Infatti le strade interferenti con il parco e ricadenti nei buffer di sicurezza delle torri risultano essere interessate da un traffico veicolare ridotto ai soli proprietari dei terreni e quindi molto limitato. Inoltre il rischio che un ricettore si trovi all'interno del buffer risulta molto basso sia per il fatto che negli ultimi decenni, i metodi di progettazione e costruzioni, nonché la qualità dei materiali, sono notevolmente migliorati e rispondono a riconosciuti standard internazionali, pertanto, la possibilità di rottura delle pale e/o di parte di essa è altamente improbabile, sia per il fatto che la parte di buffer è molto ridotta rispetto alla potenziale area di caduta della pala o di suoi frammenti o di ribaltamento della torre.

### **Allegati:**

ALL. A: *"Distanze di rispetto per effetto della rottura degli elementi rotanti"*



F1 - Deposito

**Legenda**

**Opere di progetto**

- Aerogeneratore di progetto
- Viabilità di esercizio con piazzole di servizio di nuova realizzazione
- Buffer ribaltamento aerogeneratore (R= 200 m)
- Buffer caduta intera pala aerogeneratore (R= 250 m)
- Buffer eventuale caduta pezzi di ghiaccio (R= 270 m)
- Strutture (F1)  
(La struttura individuata è catastalmente identificata al F23, p. fa 353 cat. C2. Pertanto essendo un deposito non può essere considerato un ricettore sensibile)

**Opere esistenti**

- Strada comunale/vicinale

**PROPRONTE AME ENERGY S.r.l.**  
Via Pietro Cossa, 5 20122 Milano (MI) - [ameenergyrl@egaimail.it](mailto:ameenergyrl@egaimail.it) - P.IVA 12779110969

**REGIONE CAMPANIA**  
**PROVINCIA DI SALERNO**  
**COMUNE DI CAGGIANO**

**Titolo del Progetto:**  
REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO UBICATO NEL COMUNE DI CAGGIANO (SA) IN LOCALITA' "TEMPA DEL VENTO", CON POTENZA NOMINALE PARI A 46.2 MW

Documento: <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		N° Documento: <b>ALL_A</b>	
ID PROGETTO: <b>105</b>	DISCIPLINA: <b>PD</b>	TIPOLOGIA: <b>D</b>	FORMATO: <b>A0</b>

**Elaborato:** ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ELEMENTI ROTANTI  
DISTANZE DI RISPETTO PER EFFETTO DELLA ROTTURA DEGLI ELEMENTI ROTANTI

FOGLIO: <b>1</b>	SCALA: <b>1:5000</b>	Nome file: <b>ALL_A.dwg</b>
------------------	----------------------	-----------------------------

<p><b>Progettazione:</b></p> <p><b>IPROJECT S.R.L.</b> </p> <p>Consulenza, Progettazione e Sviluppo Impianti ad Energia Rinnovabile Sede Legale: Via Del Vecchio Palermino, 9 - 20121 Milano (MI) P.IVA 1105310960 PEC: <a href="mailto:iprosrl@egaimail.it">iprosrl@egaimail.it</a> Sede Operativa: Via Scogliere n° 17 - 84044 Marone (SA) -mail: <a href="mailto:a.manco@iproject.com">a.manco@iproject.com</a> Cod. 3384117465</p>	<p><b>Progettista:</b> Arch. Antonio Manco</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------

Rev.	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
0	15/07/2023	Prima emissione	Ing. Vincenzo Oliveto	Arch. Antonio Manco	Arch. Antonio Manco