



PROCEDURA DI VALUTAZIONE IMPATTO AMBIENTALE

STUDIO IMPATTO AMBIENTALE

IMPIANTO EOLICO "SAMBUCELLO" DI POTENZA 50 MW DA REALIZZARE NEL TERRITORIO DEI COMUNI DI MARCELLINARA, MAIDA E CARAFFA DI CATANZARO IN PROVNCIA DI CATANZARO



Titolo Elaborato:		RELAZIONE CALCOLO GITTATA IN CASO DI ROTTURA ORGANI ROTANTI AEROGENERATORE							
Formato	Scala								
A4	-								
Codice Elaborato:		Identificativo	Provincia	Nazione	Procedura	Settore	Tipo Elaborato	Revisione	Numero Progressivo
		SAMBU.	CZ.	IT.	SIA.	07.	ACUST.	00.	33
<i>Committente:</i> ENERGIA LEVANTE S.R.L.  Via L. Gaurico n°9/11 - Regus Eur - 4° piano - 00143 Roma (Italia) P.IVA 10240591007 - REA RM1219825 - Tel. (+39) 0654832107 E_Mail: sserenewables.com - PEC: energialevantesrl@legalmail.it		<i>Progettazione:</i>  via Don Minzoni 95 87036 Rende (CS) Pec: e.cosrl@legalmail.it							
Codice Progetto	N° Revisione	Data revisione			Redazione Interna		Redazione Esterna		
CZ_22_03/AU-VIA	00	luglio 2023			E.co S.r.l.		No		

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	2
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	3
3	GLI AEROGENERATORI E IL LORO FUNZIONAMENTO	5
3.1	Analisi storica degli incidenti.....	6
4	ROTTURA PALA E CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA	7
4.1	Introduzione e ipotesi alla base del modello di calcolo	7
4.2.	Aerogeneratori di riferimento.....	8
4.3.	Calcolo della gittata massima.....	10
5	VALUTAZIONE DEL RISCHIO.....	13

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Inquadramento su ortofoto e CTR	3
Figura 2- Ubicazione aerogeneratori su ortofoto	3
Figura 3 - Tipico di aerogeneratore	5
Figura 4 - Spaccato turbina eolica.....	6
Figura 5 - Vista grafica dell'aerogeneratore di riferimento	9
Figura 6 - Schema linea di gittata elemento in caduta	11
Figura 7 – Diagramma angolo/lunghezza gittata.....	12
Figura 8 - Estratto mappa distanza ricettori e foto posizione ricettore R6.....	14

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Coordinate aerogeneratori.....	4
Tabella 2 - Caratteristiche aerogeneratore in progetto	8
Tabella 3 - Estratto dati di targa turbina fornita dal costruttore	9
Tabella 4 - Stralcio tabella calcolo lunghezza di caduta.....	11
Tabella 5 - Distanza ricettori sensibili	13
Tabella 6 - Probabilità annuali di morte per categorie di attività – Fonte University of California, Berkeley.....	14

1 INTRODUZIONE

La presente relazione costituisce parte integrante e sostanziale del progetto definitivo, integrato allo studio di valutazione impatto ambientale, del parco eolico denominato "Sambucello" che la società "Energia Levante S.r.l.", società di "SSE Renewables" primaria società internazionale operante nel settore delle energie rinnovabili, intende realizzare.

Il progetto del parco proposto si sviluppa sul territorio comunale di Maida, Marcellinara e Caraffa di Catanzaro tutti in provincia di Catanzaro, e prevede l'installazione di n.10 aerogeneratori della singola potenza nominale di 5.0 MW/cad, per una potenza nominale complessiva di 50 MW.

L'energia prodotta dagli aerogeneratori, attraverso il sistema di cavidotti interrati in media tensione verrà convogliata, mediante una sottostazione di elevazione anche questa prevista in progetto.

La presente relazione ha l'obiettivo di rappresentare i risultati del calcolo della gittata massima che si ottiene attraverso il moto percorso da una pala distaccatasi dall'aerogeneratore.

Nei paragrafi successivi verranno descritti l'inquadramento del sito nel quale verrà rappresentato il layout degli aerogeneratori in progetto (paragrafo 2), le caratteristiche tecniche e costruttive tipiche di un aerogeneratore moderno e le sue modalità di funzionamento con cenni di analisi storica e statistica degli incidenti riguardanti specificatamente le pale (paragrafo 3), il metodo di calcolo utilizzato per la determinazione della gittata massima (paragrafo 4) per concludere con sintetiche considerazioni sulla valutazione del rischio (paragrafo 5).

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito oggetto del presente elaborato è ubicato in un'area posta a circa 15 km a sud-ovest del Comune di Lamezia Terme- Nicastro nonché a circa 30 km della città di Catanzaro, nei territori Comunali di Maida, Caraffa di Catanzaro e Marcellinara tutti nella Provincia di Catanzaro della Regione Calabria.

Di seguito è riportato l'inquadramento territoriale dell'area di progetto e la configurazione proposta su ortofoto.



Figura 1 - Inquadramento su ortofoto e CTR

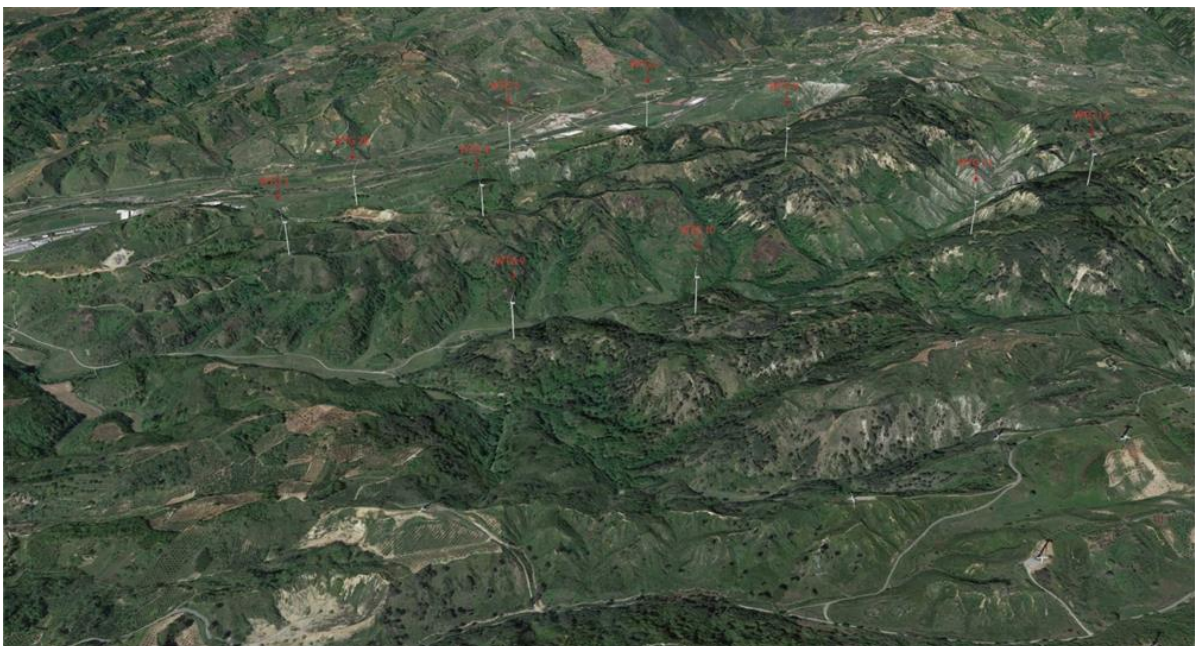


Figura 2- Ubicazione aerogeneratori su ortofoto

Gli aerogeneratori che verranno installati nell'impianto "Sambucello" saranno della tipologia più innovativa disponibili sul mercato, avranno potenza nominale delle turbine pari a massimo 5.0 MW. Il tipo e la taglia esatta dell'aerogeneratore saranno comunque individuati in fase di acquisto della macchina e verranno descritti in dettaglio in fase di progettazione esecutiva.

Ai fini della valutazione della gittata massima è stato considerato un aerogeneratore tipo **Siemens Gamesa SG5.0-145, con altezza Hub 102.50 metri**, che allo stato odierno è stato valutato di installare.

Di seguito in forma tabellare sono riportate le coordinate di ogni singolo aerogeneratore, sul sistema di riferimento UTM WGS 84 – Fuso 33N.

Tabella 1 – Coordinate aerogeneratori

COORDINATE DELLE WTG

WIND FARM:	Sambucello	ISSUED BY:	WIND RESOURCE DEPT.
Nº. TURBINE:	10	PROJECT SUPERVISOR.:	JC
TIPO TURBINE	SG5.0-145	REFERENCE:	CO-Sambucello-09
HUB HEIGHT (m):	102.5	DATE OF ISSUANCE:	5/24/2022

COORDINATE SYSTEM

Proiezione	UTM
Datum	WGS84
Zona	33



N. WTG	Est (m)	Nord (m)	Altitudine (m)	Comune
2B	624524	4307273	200.13	Marcellinara (CZ)
3	624213	4306630	244.25	Marcellinara (CZ)
4	624957	4306723	263.25	Marcellinara (CZ)
5	625320	4307749	224.80	Marcellinara (CZ)
6	625974	4307593	296.27	Marcellinara (CZ)
8	626322	4306823	329.86	Marcellinara (CZ)
9	624856	4305860	242.80	Maida (CZ)
10	625456	4305784	273.98	Maida (CZ)
11	626633	4305939	300.25	Caraffa di Catanzaro (CZ)
12	627259	4306067	328.64	Caraffa di Catanzaro (CZ)

3 GLI AEROGENERATORI E IL LORO FUNZIONAMENTO

Un aerogeneratore (o turbina eolica) è, in generale, costituito dai seguenti sottosistemi principali:

- il rotore eolico, che trasforma l'energia cinetica del vento in energia meccanica mediante alcune pale, opportunamente sagomate secondo un profilo aerodinamico e montate su un asse orizzontale o verticale rispetto al terreno;
- l'apparato di conversione dell'energia meccanica in energia elettrica, basato su un generatore elettrico rotante azionato dal rotore eolico attraverso un sistema di trasmissione, che spesso comprende un moltiplicatore di giri per ottenere la velocità appropriata per il generatore;
- il convertitore statico di frequenza e tensione, se necessario per ottenere una potenza elettrica con caratteristiche diverse da quelle in uscita dal generatore ed appropriate all'impiego.

Nelle macchine ad asse orizzontale, come quelle dell'impianto eolico oggetto della presente relazione, il rotore ha di norma tre pale, generalmente costruite in vetroresina con eventuali rinforzi in fibra di carbonio. Le pale sono a passo variabile, cioè il loro angolo di calettamento al mozzo può essere variato da un servomeccanismo comandato dal sistema di controllo dell'aerogeneratore. Gli aerogeneratori ad asse orizzontale comprendono, oltre al rotore, i seguenti componenti strutturali principali:

- la navicella o gondola, in cui sono alloggiati gli alberi di trasmissione, il moltiplicatore di giri, il generatore, eventuali altri componenti elettrici e le apparecchiature ausiliarie e di controllo; la navicella viene orientata dal sistema di controllo per mantenere l'asse del rotore allineato alla direzione del vento;
- il sostegno, generalmente metallico con struttura tubolare o a traliccio, che ha la funzione di mantenere il rotore ad un'altezza opportuna rispetto al suolo (la velocità del vento tende ad aumentare con l'altezza) e appoggia, a sua volta, su una fondazione in calcestruzzo armato.

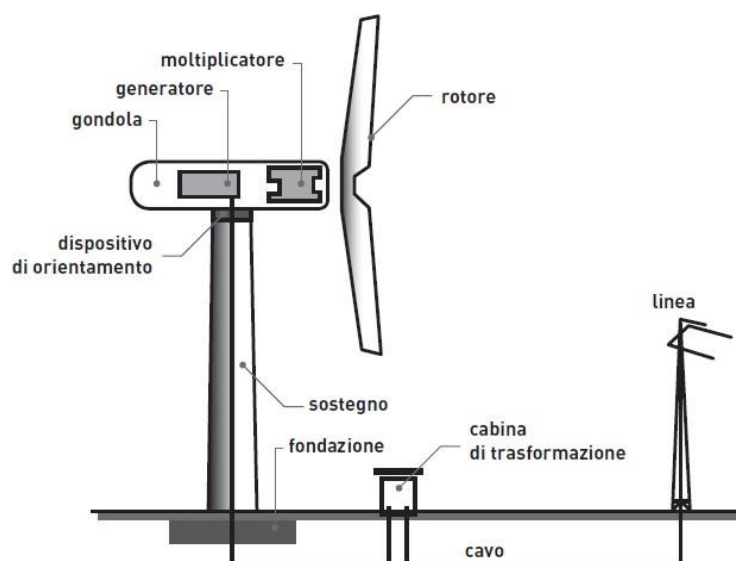


Figura 3 - Tipico di aerogeneratore

La figura successiva mostra un dettaglio del rotore e della navicella:



Figura 4 - Spaccato turbina eolica

Il meccanismo di funzionamento della macchina è il seguente: la vena fluida impatta contro le pale della turbina, azionando il moto rotatorio del rotore. Quest'ultimo, che è calettato al generatore elettrico attraverso l'albero lento, il moltiplicatore di giri e l'albero veloce, trasferisce l'energia cinetica al generatore, il quale a sua volta la converte in energia elettrica.

Il trasformatore presente in navicella innalza la tensione dell'energia prodotta e attraverso un sistema di cavidotti l'energia prodotta viene immessa nella rete elettrica nazionale.

3.1 ANALISI STORICA DEGLI INCIDENTI

Diversi studi condotti a livello internazionale tra il 1990 e il 2014 hanno evidenziato che la probabilità di guasto di una pala in un anno è compresa tra lo 0,1% e lo 0,7%. La variabilità dei dati è dovuta al differente numero di campioni, a differenti tassi di guasto e differenti ore di manutenzione dovute alla rottura.

Inoltre, uno studio americano del 2013, effettuato su un campione di circa 10,000 aerogeneratori, caratterizzati dall'essere operativi da anni diversi, ha evidenziato che circa il 2% delle turbine (nei 10 anni di funzionamento) richiedono la sostituzione della pala, considerando però anche tutte le sostituzioni che avvengono nei primi due anni di funzionamento dovute a problemi durante il trasporto e la costruzione.

Lo studio evidenzia inoltre che la causa maggiore di rottura delle pale è dovuta all'impatto con i fulmini.

4 ROTTURA PALA E CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA

In questa sezione vengono riportate un'introduzione alla problematica della rottura di pala, le specifiche dell'aerogeneratore di riferimento e infine il calcolo della gittata massima.

4.1 INTRODUZIONE E IPOTESI ALLA BASE DEL MODELLO DI CALCOLO

La rottura improvvisa di una pala dell'aerogeneratore (o di un frammento di essa) è un fattore molto importante da analizzare in fase di progettazione e per la localizzazione dell'impianto eolico.

La rottura di una pala, che spesso avviene alla radice di essa, è un evento che ha due cause principali:

- 1) Rottura del giunto di collegamento tra mozzo e pala;
- 2) Fenomeni di fatica sul profilo di pala causati dalla discontinuità della struttura.

Lo studio in oggetto ha lo scopo di analizzare, nell'eventualità che si verifichi il distacco di una pala, il moto di caduta da essa percorsa.

A differenza di un classico moto parabolico (es. moto del proiettile), in cui è possibile definire che l'angolo a cui vi è la gittata massima è 45° , la complessa struttura geometrica ed aerodinamica della pala porta a dover studiare in modo più approfondito il fenomeno del distacco di pala.

Di seguito, vengono riportate alcune definizioni ed ipotesi utili per la definizione e il calcolo della gittata massima, affrontato nei paragrafi successivi:

- **Gittata (L):** è la distanza percorsa lungo l'asse delle ascisse da un corpo lasciato in aria. Essa dipende fortemente dall'angolo di distacco, dalle caratteristiche della pala come dimensione, peso e profilo aerodinamico, dalla velocità di rotazione del corpo, dalla velocità del vento e dalle forze di attrito che agiscono sulla pala durante il volo.
- **Tempo di volo (T):** è l'intervallo di tempo che intercorre tra il distacco del corpo ed il suo arrivo al suolo (il tempo trascorso in aria). Come definito per la gittata, esso dipende dalle caratteristiche della pala, dall'angolo di distacco e dalla velocità di rotazione del corpo.

Il calcolo della gittata massima dell'aerogeneratore necessita, inoltre, di alcune ipotesi semplificative, necessarie a descrivere il modello del moto parabolico:

- Viene considerato il distacco della totalità della pala in modo istantaneo. Questa ipotesi è assolutamente conservativa, dato che non si considera la resistenza posta dalla pala;
- Viene considerata la rotazione massima (massimi giri al minuto) per la turbina al momento del distacco;
- Sono considerati solamente gli effetti gravitazionali sul moto e non gli effetti di attrito di aria e vento. Questa ipotesi è conservativa, dato che trascurare gli effetti di aria e vento causa un incremento del valore della gittata massima della pala distaccata a favore di sicurezza. Gli effetti di portanza sul profilo della pala sono trascurati;
- Il moto della pala al momento del distacco è un moto complesso, che dipende strettamente dalle dimensioni della pala, dal suo peso e dalle forze aerodinamiche in gioco. Il modello teorico che meglio descrive il moto della pala è il "moto rotazionale complesso" che permette di descrivere il moto della pala tridimensionalmente. In questa analisi, trascurando gli effetti di aria e vento, il moto della pala distaccata viene descritto attraverso il movimento del punto del centro di massa (baricentro), posto ad $1/3$ della lunghezza di pala. Tali considerazioni sono utili al fine di descrivere un moto dipendente solamente dagli effetti gravitazionali. Tale ipotesi, che non

considera effetti di attrito e il moto rotazionale complesso, porta a sovrastimare il valore della gittata a favore di sicurezza;

- Non si considera alcuna mutazione della velocità del vento durante il volo. La velocità del vento durante il volo è bensì assunta pari a quella al momento del distacco e pari alla velocità massima di funzionamento.

4.2. AEROGENERATORI DI RIFERIMENTO

Gli aerogeneratori che verranno installati presso il nuovo impianto oggetto di questo studio saranno selezionati sulla base delle più innovative tecnologie disponibili sul mercato. La potenza nominale delle turbine previste sarà pari a massimo 6,0 MW. Il tipo e la taglia esatta dell'aerogeneratore saranno comunque individuati in seguito della fase di acquisto della macchina e verranno descritti in dettaglio in fase di progettazione esecutiva.

Si riportano di seguito le caratteristiche tecniche dell'aerogeneratore (in grassetto i valori necessari per il calcolo della gittata):

Tabella 2 - Caratteristiche aerogeneratore in progetto

CARATTERISTICHE TECNICHE AEROGENERATORE SG 5.0-145		
Dato	Dato	u.m.
Potenza nominale	5,0 MW	MW
Diametro del rotore	145,0 mt	mt
Lunghezza della pala	71,0 mt	mt
Area spazzata	16.505,0 mq	mq
Altezza al mozzo	102,5 mt	mt
Velocità di attivazione	3,0 m/s	m/s
Velocità di nominale	11,0 m/s	m/s
Velocità di arresto	25,0 m/s	m/s
Velocità angolare	8.8	Giri/min

Nelle immagini seguenti (*tabella 3 e figura 6*) e si riportano un estratto dei dati di targa forniti dall'azienda costruttrice della turbina oltre che uno schema grafico della medesima.

Un importante fattore per il calcolo della gittata massima è il raggio baricentrico (r_g). Per il calcolo della gittata, è necessario descrivere il moto parabolico nel centro di massa del corpo. Data la disomogenea distribuzione di massa lungo la pala, una buona approssimazione è considerare che il baricentro di pala è circa a 1/3 della lunghezza di pala. Dunque, per gli aerogeneratori oggetto del presente studio il raggio baricentrico r_g sarà pari a 27,83 m.

Nel baricentro vengono quindi descritte la velocità angolare, la velocità periferica ed il moto parabolico. Una volta individuata la gittata massima al raggio baricentrico sarà possibile individuare la gittata massima al "tip" della pala, sommando la lunghezza che vi è tra il "tip" e il raggio baricentrico.

Per il calcolo della gittata è stato ipotizzato un numero di giri pari a 8,8 rpm, valore riscontrabile da dati tecnici dell'aerogeneratore.

Tabella 3 - Estratto doti di targa turbina fornita dal costruttore

	SG 5.0-132	SG 5.0-145	SG 4.7-155
General details			
Rated power		5.0 MW	4.7 MW
IEC class	IA	II B	IIIB
Flexible power rating	4.0-5.0 MW	4.0-5.2 MW	3.0-5.0 MW
Control	Pitch and variable speed		
Standard operating temperature	Range from -20°C to 45°C (with de-rating) ⁽¹⁾		
Rotor			
Diameter	132 m	145 m	155 m
Swept area	13,685 m ²	16,513 m ²	18,868 m ²
Blades			
Length	64.5 m	71 m	76 m
Airfoils	Siemens Gamesa		
Material	Fiberglass reinforced with epoxy resin	Fiberglass infusion and carbon pultruded-molded components	
Tower			
Type	Multiple technologies available		
Height	84 m and site-specific	91, 102.5, 127.5 m and site-specific	91, 102.5, 120.5 m and site-specific

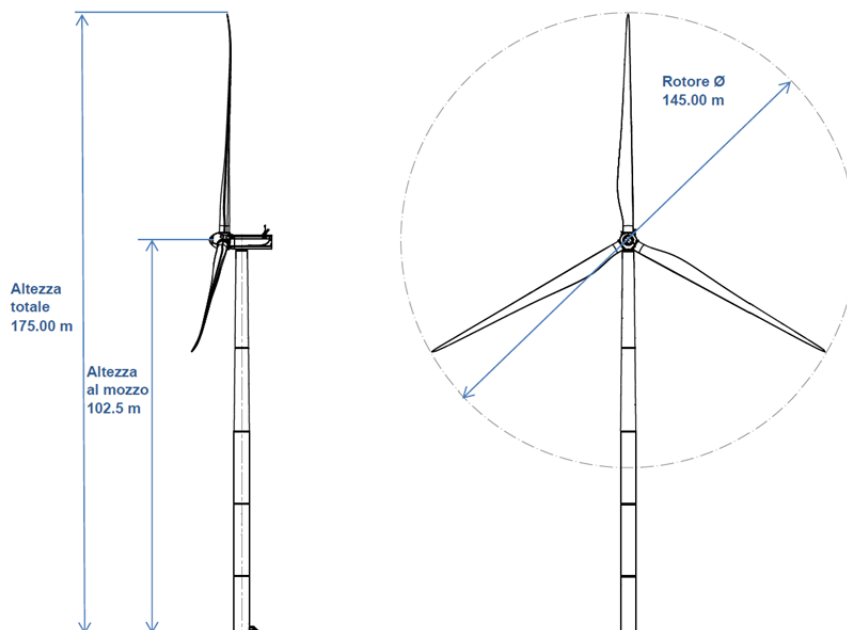


Figura 5 - Vista grafica dell'aerogeneratore di riferimento

4.3. CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA

Le equazioni del moto di un punto materiale soggetto solo alla forza di gravità sono:

$$x'' = 0; y'' = -g$$

dove $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità.

La legge del moto, soluzione di queste equazioni è:

$$x(t) = x_0 + v_x t \quad y(t) = y_0 + v_y t - 1/2gt^2$$

dove $(x_0; y_0)$ è la posizione iniziale del punto materiale e $(v_x; v_y)$ è la sua velocità.

La traiettoria del punto materiale intercetta il suolo al tempo T tale che $y(T) = 0$.

Dalla legge del moto si ottiene:

$$T = v_y/g + 1/g\sqrt{(v_y^2 + 2 y_0 g)}$$

scartando la soluzione corrispondente a tempi negativi.

Consideriamo il moto bidimensionale dell'elemento rotante, come il moto di un punto materiale concentrato nel baricentro, 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.

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 " 2π " radianti, per n giri avremo " $2\pi n$ " radianti/minuto, che è appunto la velocità angolare ω del corpo in movimento.

Volendo esprimere la velocità angolare in radianti al secondo avremo:

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

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 terzo rispetto alla lunghezza della pala, ad una distanza dal centro di rotazione pari a circa:

$$r_g = (145/2 - 71) + 71/3 = 24,69 \text{ m}$$

essendo il diametro del rotore $D = 145 \text{ m}$ e la lunghezza di ciascuna pala $R = 71 \text{ m}$ circa.

Per determinare la velocità del baricentro della pala basta moltiplicare la distanza del baricentro dal centro di rotazione per la velocità angolare pari a 8,8 giri/minuto.

Per questa velocità angolare, la velocità periferica del baricentro della pala risulta pari a:

$$V_g = \omega \cdot r_g = \frac{2\pi n}{60} r_g = 22,74 \text{ m/sec}$$

La posizione e la velocità iniziale sono determinati, oltre che dalla velocità tangenziale appena calcolata, anche dall'angolo θ della pala al momento del distacco. Essi sono legati alla posizione ed alla velocità iniziale dalle relazioni:

$$x_0 = - r_g \cos(\theta)$$

$$y_0 = H + r_g \sin(\theta)$$

$$v_x = V_g \sin(\theta)$$

$$v_y = V_g \cos(\theta)$$

La gittata "L" è la distanza dalla torre del punto di impatto al suolo della pala mentre l'altezza "H" è l'altezza del mozzo della torre (102,5 m).

Dalla legge del moto otteniamo:

$$L = x(T)$$

Sostituendo l'espressione per T ricavata sopra, otteniamo la gittata L in termini di V_g e di θ :

$$L = -r_g \cos(\theta) + \frac{V_g \sin(\theta)}{g} [V_g \cos(\theta) + \sqrt{(V_g^2 \cos^2(\theta) + 2(H + r_g \sin(\theta))g)}$$

Nella formula di L sopra riportata, si assumono i seguenti dati:

$$V_g = 22,74 \text{ m/s}$$

$$r_g = 24,69 \text{ m}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$H = 102,50 \text{ m}$$

Il valore massimo della gittata dipenderà, pertanto, dall'angolo θ .

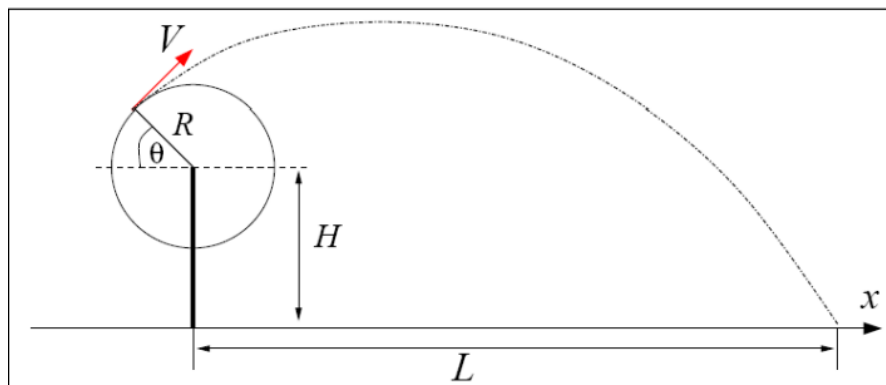


Figura 6 - Schema linea di gittata elemento in caduta

Tabella 4 - Stralcio tabella calcolo lunghezza di caduta

vg	rg	g	H	θ	θ	L	L _{max} =	53,47
m/s	m	m/s ²	m	gradi	(rad)	(m)	θ =	3,73
22,74	24,69	9,81	102,50	207,00	3,61	52,02		
22,74	24,69	9,81	102,50	208,00	3,63	52,32		
22,74	24,69	9,81	102,50	209,00	3,65	52,59		
22,74	24,69	9,81	102,50	210,00	3,66	52,82		
22,74	24,69	9,81	102,50	211,00	3,68	53,02		
22,74	24,69	9,81	102,50	212,00	3,70	53,19		
22,74	24,69	9,81	102,50	213,00	3,72	53,31		
22,74	24,69	9,81	102,50	214,00	3,73	53,40		
22,74	24,69	9,81	102,50	215,00	3,75	53,45		
22,74	24,69	9,81	102,50	216,00	3,77	53,47		
22,74	24,69	9,81	102,50	217,00	3,79	53,45		
22,74	24,69	9,81	102,50	218,00	3,80	53,39		
22,74	24,69	9,81	102,50	219,00	3,82	53,29		
22,74	24,69	9,81	102,50	220,00	3,84	53,16		
22,74	24,69	9,81	102,50	221,00	3,86	52,98		

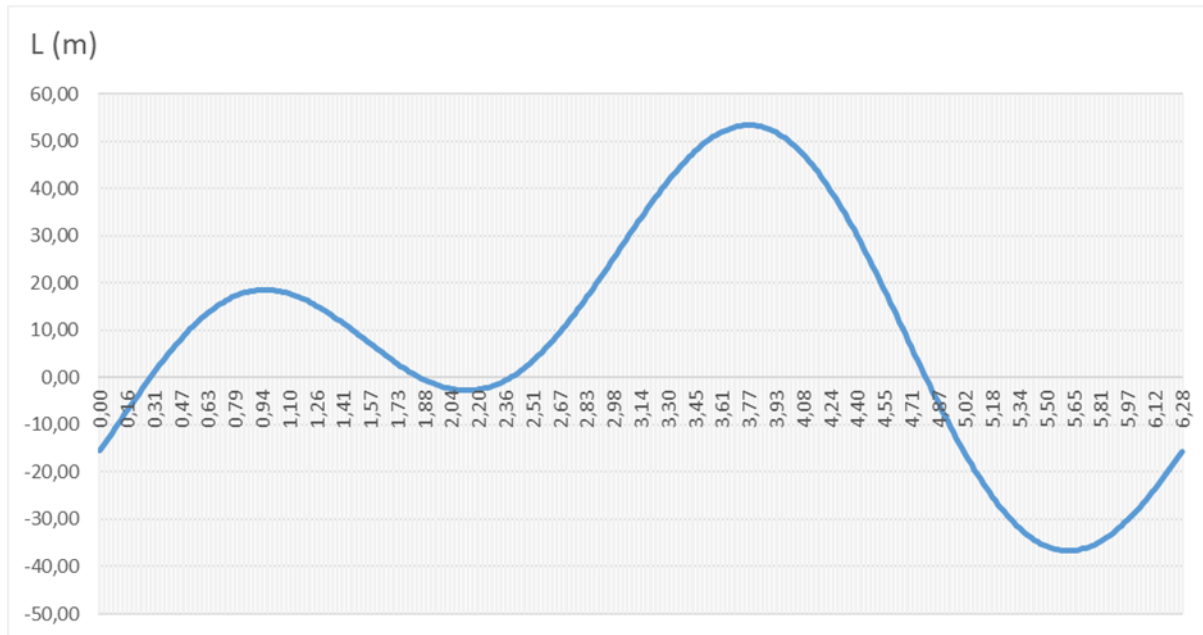


Figura 7 – Diagramma angolo/lunghezza gittata

L'elaborazione espletata ha mostrato che, fissato un generico angolo θ , la gittata aumenta quadraticamente con V_g salvo i casi particolari $\theta=90^\circ$, 0° , 180° , nei quali la gittata aumenta linearmente con V oppure è pari a r_g .

Come si evidenzia dal grafico, il valore massimo della gittata è pari a 53,47 m, con un angolo di distacco pari a $\theta=3,73$ rad.

Pertanto, nell'ipotesi di distacco di una pala nel punto di serraggio del mozzo, punto di maggiore sollecitazione a causa del collegamento, considerando le seguenti ipotesi:

- il baricentro della pala è posizionato ad $1/3$ rispetto alla lunghezza della pala;
- 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 è uguale a quella calcolata in precedenza (incrementata del 5% rispetto alla massima di esercizio)

il massimo valore della gittata massima sarà pari al valore calcolato di 53,47 m, per $\theta=3,73$ rad, al quale dovrà aggiungersi la distanza del vertice della pala dal baricentro, ovvero 46,31 m, per un valore complessivo di L_{tot} pari a **108,73 m**.

5 VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Nella valutazione del rischio di distacco degli organi rotanti si prendono in considerazione le peculiarità del territorio e le porzioni di questo, per un tempo pari alla vita utile dell'impianto, in cui è alta la probabilità di presenza di persone in modalità continuativa.

Per imposizione normativa, ed in particolare per il D.M. 10.09.2010 "Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili" e D.G. regionale n.55 del 30.01.2006 "Eolico in Calabria: Indirizzi per l'inserimento degli impianti eolici nel territorio regionale", il layout di progetto è già stato definito sulla scorta del rischio che può generarsi per il distacco degli organi rotanti; anche in considerazione delle dimensioni dell'aerogeneratore che presenta altezza al mozzo di 102.5 metri e altezza massima di 175.0 metri, sono infatti imposti i seguenti buffer:

- distanza minima della posizione di ogni aerogeneratore di 500 m da unità permanentemente abitativa, regolarmente censita nel catasto terreni o edilizio urbano;
- distanza minima della posizione di ogni aerogeneratore da strade provinciali e nazionali maggiore dell'altezza massima dell'aerogeneratore (175.0 m)

La lunghezza massima di gittata calcolata rientra sempre, pertanto, nei buffer sopra indicati e di cui si tenuto conto in fase di redazione del presente progetto.

Di seguito viene riportata l'analisi degli elementi sensibili all'eventuale rottura di una pala dell'impianto in progetto. In particolare, per ciascuna delle posizioni proposte degli aerogeneratori di nuova costruzione si riporta in tabella la distanza del ricettore sensibile "RC" più vicino (unità abitativa) ricompreso nel buffer tra 200-500 metri da ogni WTG, mentre la distanza dalle strade più vicine (SS280 e SP168/1) è rispettivamente di 375 e 325 m dalla WTG 5.

Tabella 5 - Distanza ricettori sensibili

ID RECETTORE	COMUNE	FOGLIO	PARTICELLA	SUBALTERNO	CATEGORIA CATASTALE	CATASTO TERRENI	CATASTO FABBRICATI
R1	Marcellinara	16	154	1	D07		X
				2	F01		X
				1101	D07		X
R2	Marcellinara	17	97	-	C06		X
R3							
R4	Marcellinara	17	100	-	A04		X
R5	Marcellinara	17	2		FABBRICATO DIRUTO		X
R6	Marcellinara	17	33		PASCOLO	X	
R7	Marcellinara	11	127		ENTE URBANO	X	
R8	Marcellinara	10	200	2	D01		X
R9							
R10							
R11							
R12							
R13							
R14							
R15							
R16							
R17							
R18							
R19	Marcellinara	10	271	-	ENTE URBANO	X	
				1	F02		X
R20	Marcellinara	17	5	-	PASCOLO	X	
R21	Marcellinara	17	6	-	PASCOLO	X	
R22	Marcellinara	17	7	-	PASCOLO	X	
R_NC1	Marcellinara	-	-	-	-	-	-
R_NC2	Marcellinara	-	-	-	-	-	-

Per come rilevabile dalla tabella 5, oltre che dagli elaborati [SAMBU.CZ.IT.SIA.10.PRGEN-00.07 "Carta distanza fabbricati - DM 10/092010"](#) e [SAMBU.CZ.IT.SIA.10.PRGEN-00.08 "Report fotografico della tipologia di insediamenti fabbricati - DM 10/09/2010"](#), tutti gli aerogeneratori si trovano a distanze dagli elementi sensibili superiori rispetto alla gittata massima calcolata. Inoltre, le numerose ipotesi semplificative di calcolo rispetto al caso reale sono ragionevolmente causa anche di un aumento del valore reale di gittata massima calcolata.

Il fabbricato in assoluto più vicino ad un aerogeneratore (WTG 2b), identificato con ID ricettore "R6", risulta tra l'altro riportato in mappa ad una distanza di circa 200 metri ma non più esistente i quanto demolito per come da figura e foto in sopralluogo sotto riportate:



Figura 8 - Estratto mappa distanza ricettori e foto posizione ricettore R6

A quanto detto si aggiunga che la probabilità che il rotore, distaccandosi, percorra esattamente la direzione ottimale per l'ipotetico l'impatto con l'elemento sensibile è molto bassa e garantisce una ulteriore riduzione del rischio a priori.

Uno studio condotto nell'anno 2005 dalla University of California, Berkeley "Analysis of potential safety risks of the EcoGen - Prattsburgh and Italy Wind Farm Project" ha presentato una valutazione preliminare dei rischi potenziali ambientali e sociali connessi ad eventi di rottura degli aerogeneratori previsti nel progetto di un parco eolico quantificando tali rischi e confrontandoli con altre categorie di rischi comuni.

Tabella 6 - Probabilità annuali di morte per categorie di attività – Fonte University of California, Berkeley

Causa	Rischio d'incidente letale nell'anno	
Aerogeneratore	1 su 1.000.000	1.00E-06
Influenza	1 su 5.000	2.00E-04
Leucemia	1 su 12.000	8.33E-05
Incidente in bicicletta (USA)	1 su 333.333	3.00E-06
Incidente stradale (USA)	1 su 6.250	1.60E-04
Investimento da auto (USA)	1 su 20.000	5.00E-05
Alluvione (USA)	1 su 455.000	2.20E-06
Tornado (USA centro-occidentale)	1 su 455.000	2.20E-06
Terremoto (USA - California)	1 su 588.000	1.70E-06
Fulminazione (Regno Unito)	1 su 10.000.000	1.00E-07
Meteorite	1 su 10.000.000.000	1.00E-10

Nello studio si affronta un caso base e si conclude che la probabilità che un essere vivente, posizionato a 100 m da un aerogeneratore, con permanenza continuativa per l'intero periodo di un anno, ha una probabilità di 1:1.000.000 di avere un impatto letale con un organo rotante che si distacchi dall'aerogeneratore.

A titolo di esempio si riporta in tabella 5 soprastante, la comparazione tra l'evento descritto e le probabilità di incidente letale, rapportate alla durata annuale, di altri possibili eventi.

L'analisi del rischio su cose o persone che hanno una permanenza non continuativa all'interno dell'area di potenziale pericolo di distacco di organi rotanti, considerando che la probabilità di 1 su 1 milione riguarda la permanenza continua durante l'anno, non può che decrementare le probabilità di accadimento dell'evento, mettendola in relazione al tempo reale che il target passa effettivamente entro quel buffer.

Si può concludere sulla base dell'analisi condotta, che il rischio di incidente legato al distacco degli organi rotanti può definirsi trascurabile.