



REGIONE
CAMPANIA



PROVINCIA
DI
BENEVENTO



COMUNE DI
CASTELFRANCO IN
MISCANO



PROVINCIA
DI
AVELLINO



COMUNE DI
ARIANO IRPINO

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DA 34 MW NEL COMUNE DI CASTELFRANCO IN MISCANO (BN) , CON OPERE DI CONNESSIONE IN CASTELFRANCO IN MISCANO (BN) E ARIANO IRPINO (AV)



<p>Proponente</p>	 <p>DMA LUCERA SRL Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:dmalucera@legalmail.it</p>   				
<p>Progettazione</p>	 <p>Viale Michelangelo, 71 80129 Napoli TEL.081 579 7998 mail: tecnico.inse@gmail.com</p> <p>Amm. Francesco Di Maso Ing. Nicola Galdiero Ing. Pasquale Esposito</p> <p>Collaboratori: Geol. V.F. Iervolino Dott.Agr. A. Ianiro Archeol. A.Vella Ing. V. Triunfo Arch. C. Gaudiero Ing. F.Quarto Arch. M. Mauro Geotecnica Meridionale Srl</p>				
<p>Elaborato</p>	<p>Nome Elaborato:</p> <p style="text-align: center;">STUDIO DELLA GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI</p>				
<p>00</p>	<p>08-10-2023</p>	<p>PRIMA EMISSIONE</p>	<p>INSE Srl</p>	<p>INSE Srl</p>	<p>DMA Lucera Srl</p>
<p>Rev.</p>	<p>Data</p>	<p>Oggetto della revisione</p>	<p>Elaborazione</p>	<p>Verifica</p>	<p>Approvazione</p>
<p>Scala: -:-</p>					
<p>Formato: A4</p>	<p>Codice Pratica</p>	<p style="text-align: center;">S252</p>	<p>Codice Elaborato</p>	<p style="text-align: center;">AS252-INT II-02-R</p>	

 DMA LUCERA SRL Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:dmalucera@legalmail.it	STUDIO DELLA GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI		Cod.	
			AS252-INT II-02-R	
		Data	Rev. 00	
		Ott 2023		

Sommario

1	PREMESSA.....	2
1.1	DESCRIZIONE E LOCALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO.....	2
2	IPTESI DI CALCOLO	4
2.1	STUDIO DEL MODO DEL PROIETTILE MEDIANTE LE EQUAZIONI DELLA CINEMATICA	5
2.2	GITTATA MASSIMA	7
2.3	CALCOLO DELLA VELOCITA' PERIFERICA.....	8
2.4	CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA	9
2.5	ANALISI DEI RICETTORI	12
3	CONCLUSIONI	12

 DMA LUCERA SRL Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:dmalucera@legalmail.it	STUDIO DELLA GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI		Cod.	
			AS252-INT II-02-R	
		Data Ott 2023	Rev. 00	

1 PREMESSA

La società DMA LUCERA Srl è proponente di un progetto di produzione di energia rinnovabile da fonte eolica ubicato nel Comune di Castel Franco in Miscano in provincia di Benevento con opere di connessione nei comuni di Castel Franco in Miscano (BN) e Ariano Irpino (AV).

Il presente elaborato e l'elaborato grafico allegato sono a corredo della richiesta di rettifica del parere n 144 del 20 aprile 2023 del CTVIA per la proposta di adozione di due nuovi modelli di turbina per la BCN01 e BCN03. L'ipotesi progettuale revisionata prevede l'installazione di n.3 aerogeneratori della potenza nominale di 6,8 MW e n.2 aerogeneratori di potenza nominale 3,9 MW per una potenza complessiva di impianto pari a 28,2 MW. Gli aerogeneratori saranno collegati tra loro attraverso cavidotto interrato in MT a 30kV che collegheranno il parco eolico alla stazione condivisa di trasformazione utente 30/150 kV, autorizzata con DGR Campania n.22 del 21/03/2016. Essa mediante un cavidotto a 150 kV, sarà collegata alla Stazione 150/380 kV di Ariano Irpino (AV), che rappresenta il punto di connessione dell'impianto alla RTN.

La presente relazione si riferisce al calcolo della gittata massima in caso di rottura di una pala dell'aerogeneratore, svolto in conformità con il D.D. n.44 del 12/02/2021 della Regione Campania il quale fornisce il foglio di calcolo reperibile sul sito della Regione al link <http://www.regione.campania.it/regione/it/tematiche/energia-da-fonti-rinnovabili/nuovo-foglio-di-calcolo-utilizzato-nelle-istruttorie-per-l-eolico?page=1>

1.1 DESCRIZIONE E LOCALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO

L'ambito territoriale considerato si trova nella porzione Nord Orientale della Regione Campania quasi a confine con il territorio Nord-Ovest della Regione Puglia. I comuni interessati dal progetto sono il Comune di Castel Franco in Miscano (BN) per quanto concerne l'impianto eolico e i Comuni Castel Franco in Miscano (BN) e il Comune di Ariano Irpino (AV) per quanto concerne la connessione alla RTN. L'impianto si localizza quindi sul confine della Regione Campania e della Regione Puglia.

L'area vasta, che è individuata su cartografia come l'inviluppo delle distanze dagli aerogeneratori di ampiezza pari a 50 Hmax, è ampia 10 km e comprende invece altri Comuni che sono interessati prevalentemente da impatti di tipo visivo (Foiano di Val Fortore, Montefalcone di Val Fortore, San Bartolomeo in Galdo, San Giorgio la Molara, Buonalbergo, Casalbore, Montecalvo irpino, Trimonti, Savignano Irpino, Greci, Montaguto, in Regione Campania, mentre in regione Puglia, si evidenziano i comuni di Orsara di Puglia, Faeto, Castelluccio Valmaggione, Celle di San Vito, Biccari e Roseto Valfortore). Sono stati analizzati tutti gli aspetti programmatici, vincolistici ed ambientali presente nell'area vasta.

Il sito oggetto di intervento è ubicato, in località Concadoro, Difesa Grande, Miscano e Serra Governale ricadente nel Foglio IGM serie 25 n. 174 IV "Castelfranco" scala 1:25.000 e si sviluppa tra quote che vanno dai 647 e i 753 metri s.l.m. La morfologia è prevalentemente collinare.

Le opere di connessione RTN già autorizzate sono localizzate in Loc. Mass. La Sprinia nel Comune di Ariano Irpino (BN).

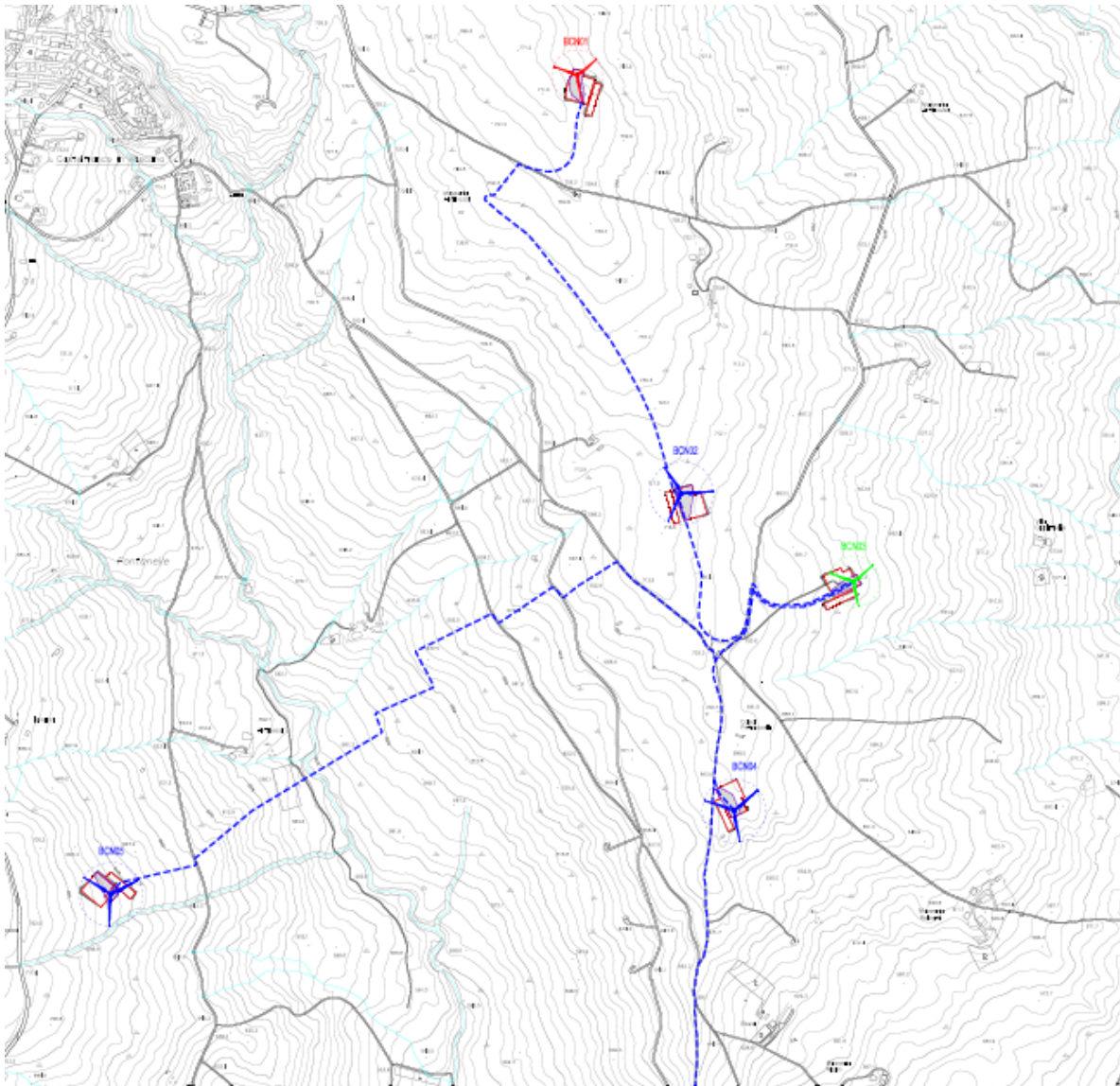


Figura 1. Indicazione area di intervento su CTR

Legenda

	Aerogeneratore di progetto Nordex N163 - Altezza Hub = 118 m - Altezza Tip = 199,5 m
	Aerogeneratore di progetto Nordex N131 - Altezza Hub = 84 m - Altezza Tip = 149,5 m
	Aerogeneratore di progetto Nordex N131 - Altezza Hub = 134 m - Altezza Tip = 199,5 m
	Cavidotto MT 30kV
	Cavidotto AT 150kV
	Piazzola in fase di costruzione
	Piazzola in fase di esercizio
	SE di trasformazione - utenza 30/150kV
	Punto di connessione alla RTN - Stazione esistente Terna 150/380 kV

In particolare, la nuova proposta di progetto prevede l'installazione di N.3 aerogeneratori della potenza nominale di 6,8 MW e N. 2 aerogeneratori dalla potenza nominale 3,9 MW localizzati alle seguenti coordinate:

N° Aerogeneratore	Coordinate UTM 33 WGS84	
	EST	NORD
BCN 01	508342,44	4571759,80
BCN 02	508609,62	4570690,51
BCN 03	509049,51	4570464,41
BCN 04	508743,15	4569878,87
BCN 05	507148,98	4569665,01

Tabella 1: Coordinate degli aerogeneratori in sistema UTM 33-WGS 84-Fuso33

Gli aerogeneratori scelti in fase progettuale sono di produzione Nordex e sono :

- N 163/6.X TS118-00 da 6,8 MW con rotore pari a 163 m di diametro e altezza mozzo pari a 118 m per una altezza totale pari a 199,5 m per le turbine BCN 02, BCN 04, BCN 05.
- N 131/3.X da 3,9 MW con altezza al mosso pari a 84 m e altezza totale 149,5m per l'aerogeneratore BCN 01
- N 131/3.X da 3,9 MW con altezza al mosso pari a 134 m e altezza totale 199,5m per l'aerogeneratore BCN 03

La tipologia di aerogeneratore è indicativa ed è stata scelta per poter effettuare le analisi urbanistiche, ambientali, acustiche e territoriali (effetto stroboscopico, gittata degli elementi rotanti, fotoinserimenti). In fase esecutiva potranno essere scelte macchine diverse, della stessa tipologia e con dati tecnici comparabili o migliorativi per gli impatti generati dagli aerogeneratori (si fa riferimento ai dati tipo: acustici, rpm, ecc).

2 IPOTESI DI CALCOLO

Le condizioni al contorno considerate per il calcolo della gittata massima per distacco dell'intera pala sono le più gravose possibili in modo da giungere a risultati sicuramente cautelativi.

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

- Il moto del sistema considerato è quello di un sistema rigido non vincolato (modello che approssima la pala nel momento del distacco);
- Il calcolo della gittata è stato determinato per diversi valori dell'angolo Θ ;
- La velocità massima del rotore sarà limitata elettronicamente.

I dati geometrici e cinematici relativi alla turbina Nordex N163 utilizzata per BCN 02- BCN 04 e BCN 05, sui quali è basato il calcolo, sono i seguenti.

- Altezza del mozzo H = 118 m

 DMA LUCERA SRL Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:dmalucera@legalmail.it	STUDIO DELLA GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI		Cod.	
			AS252-INT II-02-R	
		Data Ott 2023	Rev. 00	

- Diametro del rotore $D = 163$ m
- Distanza del centro di massa dal mozzo $= L_p/3 = 27,17$ m
- Velocità di rotazione $V=11,6$ giri/min

Invece, per il calcolo della gittata sulle turbine BCN01 e BCN03 sono stati considerati i seguenti dati della Nordex N131:

- Altezza del mozzo BCN01 $H = 84$ m
- Altezza del mozzo BCN03 $H = 134$ m
- Diametro del rotore $D = 131$ m
- Distanza del centro di massa dal mozzo $= L_p/3 = 21,83$ m
- Velocità di rotazione $V=12,6$ giri/min

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.

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).

Il moto di un proiettile si può pensare come la composizione di due moti: uno rettilineo uniforme 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 a formato con il terreno, la gittata del proiettile aumenta, presentando valore massimo per un angolo pari a $\pi/4$; ad ulteriori incrementi dell'angolo al valore della gittata torna a diminuire presentando un valore nullo allorché il proiettile è lanciato verso l'alto con angolo pari a π .

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.

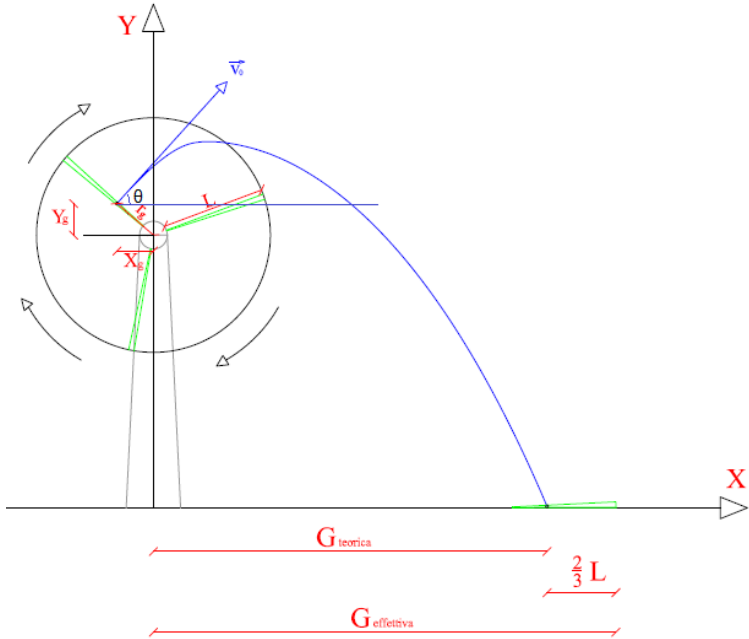
2.1 STUDIO DEL MODO DEL PROIETTILE MEDIANTE LE EQUAZIONI DELLA CINEMATICA

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.

Sceghieremo 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:

$a_x = 0$ $a_y = -g$

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 θ come in figura:



Ricordando che:

$a_x = 0$ $a_y = g$ (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

$v_x = v_{x0}$ $x = x_0 + v_{x0}t$

e

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

 DMA LUCERA SRL Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:dmalucera@legalmail.it	STUDIO DELLA GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI		Cod.
			AS252-INT II-02-R
		Data Ott 2023	Rev. 00

2.2 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:

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

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 ϑ angolo di inclinazione della gittata: in particolare essa sarà massima quando $\sin 2\vartheta = 1$ cioè $2\vartheta = \pi/2$ ossia $\vartheta = \pi/4$.

 DMA LUCERA SRL Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:dmalucera@legalmail.it	STUDIO DELLA GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI		Cod.	
			AS252-INT II-02-R	
		Data Ott 2023	Rev. 00	

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.

Determinazione del baricentro

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, ossia $rg = 27,17 m$ essendo la lunghezza di ciascuna pala uguale a $81,5 m$ per le turbine N163, e $rg = 21,83 m$ per le turbine N131 considerando la lunghezza della pala pari a $61,5 m$.

Di conseguenza l'altezza di lancio sarà uguale a:

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

Dove

$$(Y_g = r_g \cos\vartheta)$$

Ciò implica che la soluzione di t sarà:

$$t = \frac{-v_{y0} \pm \sqrt{v_{y0}^2 - 4\left(\frac{1}{2}gy_0\right)}}{g}$$

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

2.3 CALCOLO DELLA VELOCITA' PERIFERICA

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

Volendo esprimere la velocità angolare in radianti al secondo avremo:

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

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 corrisponde a:

$$V_0 (n=11,6) = 33,00 \text{ m/s (N163)}$$

$$V_0 (n=12,6) = 28,81 \text{ m/s (N131)}$$

Se si vuol considerare l'effetto dell'attrito dell'aria e delle forze di resistenza, il valore della velocità del baricentro risulterebbe, secondo studi empirici, ridotta del 30% rispetto all'assenza di resistenze.

 DMA LUCERA SRL Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:dmalucera@legalmail.it	STUDIO DELLA GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI		Cod.	
			AS252-INT II-02-R	
		Data Ott 2023	Rev. 00	

Considerando le diverse condizioni operative prese in esame, tale valore risulterebbe pari a 9,9 m/s per $n=11,6$ giri/minuto e 8,64 m/s per $n=12,6$ giri/minuto.

2.4 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 33,00 m/s e 28,81 m/s (9,9 m/s e 8,64 m/s se si considera l'effetto attrito)
- Le coordinate del punto di partenza del corpo non saranno (0,0) coincidenti con l'origine degli assi ma $(0, HG = H_{torre} + Y_g)$ ossia le coordinate del baricentro G di una pala.

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

$$G = \frac{v_{x0}(v_{y0} + \sqrt{v_{y0}^2 + 2 * g * HG})}{g} - X_g$$

Al valore di gittata andrà sottratta la distanza X_g del baricentro rispetto all'asse della torre ($X_g = r_g \sin \vartheta$) e aggiunta la distanza del vertice della pala considerato nelle condizioni più gravose, ovvero disposto nella parte più lontana dal baricentro, ossia a $L_g = 54,33$ m (per la N163) e $L_g = 43,67$ m (per la N131).

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 dell'angolo ϑ .

Angolo α	n	L	H _{torre}	v ₀	v _{x0}	v _{y0}	H _g	D	r _g	g	Gittata teorica	X _g	L _g	Gittata Effettiva
47	11.60	81.50	118.00	33.00	24.14	22.51	137.87	163	27.17	9.81	176.27	18.53	54.33	230.60
48	11.60	81.50	118.00	33.00	24.52	22.08	138.19	163	27.17	9.81	178.42	18.18	54.33	232.75
49	11.60	81.50	118.00	33.00	24.91	21.65	138.50	163	27.17	9.81	180.45	17.82	54.33	234.78
50	11.60	81.50	118.00	33.00	25.28	21.21	138.81	163	27.17	9.81	182.37	17.46	54.33	236.70
51	11.60	81.50	118.00	33.00	25.65	20.77	139.11	163	27.17	9.81	184.17	17.10	54.33	238.51
52	11.60	81.50	118.00	33.00	26.00	20.32	139.41	163	27.17	9.81	185.86	16.73	54.33	240.20
53	11.60	81.50	118.00	33.00	26.36	19.86	139.70	163	27.17	9.81	187.44	16.35	54.33	241.77
54	11.60	81.50	118.00	33.00	26.70	19.40	139.98	163	27.17	9.81	188.90	15.97	54.33	243.24
55	11.60	81.50	118.00	33.00	27.03	18.93	140.25	163	27.17	9.81	190.25	15.58	54.33	244.59
56	11.60	81.50	118.00	33.00	27.36	18.45	140.52	163	27.17	9.81	191.49	15.19	54.33	245.82
57	11.60	81.50	118.00	33.00	27.68	17.97	140.78	163	27.17	9.81	192.62	14.80	54.33	246.95
58	11.60	81.50	118.00	33.00	27.99	17.49	141.04	163	27.17	9.81	193.64	14.40	54.33	247.97
59	11.60	81.50	118.00	33.00	28.29	17.00	141.29	163	27.17	9.81	194.55	13.99	54.33	248.88
60	11.60	81.50	118.00	33.00	28.58	16.50	141.53	163	27.17	9.81	195.35	13.58	54.33	249.69
61	11.60	81.50	118.00	33.00	28.86	16.00	141.76	163	27.17	9.81	196.05	13.17	54.33	250.39
62	11.60	81.50	118.00	33.00	29.14	15.49	141.99	163	27.17	9.81	196.65	12.75	54.33	250.98
63	11.60	81.50	118.00	33.00	29.40	14.98	142.21	163	27.17	9.81	197.14	12.33	54.33	251.47
64	11.60	81.50	118.00	33.00	29.66	14.47	142.42	163	27.17	9.81	197.53	11.91	54.33	251.87
65	11.60	81.50	118.00	33.00	29.91	13.95	142.62	163	27.17	9.81	197.83	11.48	54.33	252.16
66	11.60	81.50	118.00	33.00	30.15	13.42	142.82	163	27.17	9.81	198.02	11.05	54.33	252.36
67	11.60	81.50	118.00	33.00	30.38	12.89	143.01	163	27.17	9.81	198.13	10.61	54.33	252.46
68	11.60	81.50	118.00	33.00	30.60	12.36	143.19	163	27.17	9.81	198.14	10.18	54.33	252.47
69	11.60	81.50	118.00	33.00	30.81	11.83	143.36	163	27.17	9.81	198.06	9.74	54.33	252.39
70	11.60	81.50	118.00	33.00	31.01	11.29	143.53	163	27.17	9.81	197.89	9.29	54.33	252.22
71	11.60	81.50	118.00	33.00	31.20	10.74	143.69	163	27.17	9.81	197.63	8.84	54.33	251.97
72	11.60	81.50	118.00	33.00	31.39	10.20	143.84	163	27.17	9.81	197.29	8.39	54.33	251.63
73	11.60	81.50	118.00	33.00	31.56	9.65	143.98	163	27.17	9.81	196.87	7.94	54.33	251.21
74	11.60	81.50	118.00	33.00	31.72	9.10	144.11	163	27.17	9.81	196.37	7.49	54.33	250.71
75	11.60	81.50	118.00	33.00	31.88	8.54	144.24	163	27.17	9.81	195.79	7.03	54.33	250.13

Tabella 2. Valori della gittata al variare dell'angolo di rotazione. Nordex N163

Dall'analisi della gittata si ottiene che la massima distanza percorsa dal baricentro dell'elemento si ottiene per un angolo θ intorno a 68° con un valore di gittata pari a circa 198 metri circa.

Le ipotesi teoriche di calcolo determinano il valore ultimo espresso d, trascurando l'effetto aerodinamico che oltretutto indurrebbe nella pala un moto rototraslatorio combinato, derivante dall'azione centrifuga di espulsione, dall'avvolgimento sul proprio asse che si induce nella pala espulsa a causa del suo stesso profilo e dalla azione del vento ortogonale al piano che contiene la circonferenza di rotazione delle pale. Pertanto, il moto derivante andrebbe studiato nella sua evoluzione 3D anziché nel piano; tuttavia, la semplificazione introdotta dal modello 2D adottato è a vantaggio di sicurezza per quanto riguarda la gittata massima, non avendo considerato l'effetto dell'attrito viscoso dell'aria. Per conseguenza il valore definitivo determinato risulta: d= 252,5 m.



**STUDIO DELLA GITTATA DEGLI
 ELEMENTI ROTANTI**

Angolo α	n	L	H _{torre}	v ₀	v _{x0}	v _{y0}	H _g	D	r _g	g	Gittata teorica	X _g	L _g	Gittata Effettiva
47	12,60	65,50	84,00	28,81	21,07	19,65	99,97	131	21,83	9,81	131,36	14,89	43,67	175,03
48	12,60	65,50	84,00	28,81	21,41	19,28	100,23	131	21,83	9,81	132,98	14,61	43,67	176,65
49	12,60	65,50	84,00	28,81	21,74	18,90	100,48	131	21,83	9,81	134,51	14,32	43,67	178,18
50	12,60	65,50	84,00	28,81	22,07	18,52	100,73	131	21,83	9,81	135,96	14,03	43,67	179,62
51	12,60	65,50	84,00	28,81	22,39	18,13	100,97	131	21,83	9,81	137,32	13,74	43,67	180,98
52	12,60	65,50	84,00	28,81	22,70	17,74	101,20	131	21,83	9,81	138,59	13,44	43,67	182,25
53	12,60	65,50	84,00	28,81	23,01	17,34	101,44	131	21,83	9,81	139,77	13,14	43,67	183,44
54	12,60	65,50	84,00	28,81	23,31	16,93	101,66	131	21,83	9,81	140,87	12,83	43,67	184,54
55	12,60	65,50	84,00	28,81	23,60	16,52	101,88	131	21,83	9,81	141,89	12,52	43,67	185,55
56	12,60	65,50	84,00	28,81	23,88	16,11	102,10	131	21,83	9,81	142,82	12,21	43,67	186,49
57	12,60	65,50	84,00	28,81	24,16	15,69	102,31	131	21,83	9,81	143,67	11,89	43,67	187,33
58	12,60	65,50	84,00	28,81	24,43	15,27	102,52	131	21,83	9,81	144,43	11,57	43,67	188,10
59	12,60	65,50	84,00	28,81	24,69	14,84	102,71	131	21,83	9,81	145,12	11,24	43,67	188,78
60	12,60	65,50	84,00	28,81	24,95	14,40	102,91	131	21,83	9,81	145,72	10,92	43,67	189,39
61	12,60	65,50	84,00	28,81	25,20	13,97	103,10	131	21,83	9,81	146,24	10,59	43,67	189,91
62	12,60	65,50	84,00	28,81	25,44	13,52	103,28	131	21,83	9,81	146,69	10,25	43,67	190,36
63	12,60	65,50	84,00	28,81	25,67	13,08	103,45	131	21,83	9,81	147,06	9,91	43,67	190,73
64	12,60	65,50	84,00	28,81	25,89	12,63	103,62	131	21,83	9,81	147,35	9,57	43,67	191,02
65	12,60	65,50	84,00	28,81	26,11	12,17	103,79	131	21,83	9,81	147,57	9,23	43,67	191,24
66	12,60	65,50	84,00	28,81	26,32	11,72	103,95	131	21,83	9,81	147,72	8,88	43,67	191,39
67	12,60	65,50	84,00	28,81	26,52	11,26	104,10	131	21,83	9,81	147,79	8,53	43,67	191,46
68	12,60	65,50	84,00	28,81	26,71	10,79	104,24	131	21,83	9,81	147,80	8,18	43,67	191,47
69	12,60	65,50	84,00	28,81	26,89	10,32	104,38	131	21,83	9,81	147,74	7,82	43,67	191,40
70	12,60	65,50	84,00	28,81	27,07	9,85	104,52	131	21,83	9,81	147,61	7,47	43,67	191,27
71	12,60	65,50	84,00	28,81	27,24	9,38	104,64	131	21,83	9,81	147,41	7,11	43,67	191,08
72	12,60	65,50	84,00	28,81	27,40	8,90	104,76	131	21,83	9,81	147,16	6,75	43,67	190,82
73	12,60	65,50	84,00	28,81	27,55	8,42	104,88	131	21,83	9,81	146,84	6,38	43,67	190,51
74	12,60	65,50	84,00	28,81	27,69	7,94	104,99	131	21,83	9,81	146,46	6,02	43,67	190,13
75	12,60	65,50	84,00	28,81	27,83	7,46	105,09	131	21,83	9,81	146,03	5,65	43,67	189,69

Tabella 3 Valori della gittata al variare dell'angolo di rotazione – Nordex N131 con altezza torre pari a 84 m

Angolo α	n	L	H _{torre}	v ₀	v _{x0}	v _{y0}	H _g	D	r _g	g	Gittata teorica	X _g	L _g	Gittata Effettiva
47	12,60	65,50	134,00	28,81	21,07	19,65	149,97	131	21,83	9,81	151,21	14,89	43,67	194,88
48	12,60	65,50	134,00	28,81	21,41	19,28	150,23	131	21,83	9,81	153,19	14,61	43,67	196,85
49	12,60	65,50	134,00	28,81	21,74	18,90	150,48	131	21,83	9,81	155,07	14,32	43,67	198,73
50	12,60	65,50	134,00	28,81	22,07	18,52	150,73	131	21,83	9,81	156,86	14,03	43,67	200,52
51	12,60	65,50	134,00	28,81	22,39	18,13	150,97	131	21,83	9,81	158,55	13,74	43,67	202,22
52	12,60	65,50	134,00	28,81	22,70	17,74	151,20	131	21,83	9,81	160,16	13,44	43,67	203,82
53	12,60	65,50	134,00	28,81	23,01	17,34	151,44	131	21,83	9,81	161,67	13,14	43,67	205,34
54	12,60	65,50	134,00	28,81	23,31	16,93	151,66	131	21,83	9,81	163,09	12,83	43,67	206,76
55	12,60	65,50	134,00	28,81	23,60	16,52	151,88	131	21,83	9,81	164,43	12,52	43,67	208,09
56	12,60	65,50	134,00	28,81	23,88	16,11	152,10	131	21,83	9,81	165,67	12,21	43,67	209,34
57	12,60	65,50	134,00	28,81	24,16	15,69	152,31	131	21,83	9,81	166,82	11,89	43,67	210,49
58	12,60	65,50	134,00	28,81	24,43	15,27	152,52	131	21,83	9,81	167,89	11,57	43,67	211,55
59	12,60	65,50	134,00	28,81	24,69	14,84	152,71	131	21,83	9,81	168,86	11,24	43,67	212,53
60	12,60	65,50	134,00	28,81	24,95	14,40	152,91	131	21,83	9,81	169,75	10,92	43,67	213,42
61	12,60	65,50	134,00	28,81	25,20	13,97	153,10	131	21,83	9,81	170,55	10,59	43,67	214,22
62	12,60	65,50	134,00	28,81	25,44	13,52	153,28	131	21,83	9,81	171,27	10,25	43,67	214,94
63	12,60	65,50	134,00	28,81	25,67	13,08	153,45	131	21,83	9,81	171,90	9,91	43,67	215,57
64	12,60	65,50	134,00	28,81	25,89	12,63	153,62	131	21,83	9,81	172,45	9,57	43,67	216,12
65	12,60	65,50	134,00	28,81	26,11	12,17	153,79	131	21,83	9,81	172,92	9,23	43,67	216,59
66	12,60	65,50	134,00	28,81	26,32	11,72	153,95	131	21,83	9,81	173,31	8,88	43,67	216,97
67	12,60	65,50	134,00	28,81	26,52	11,26	154,10	131	21,83	9,81	173,62	8,53	43,67	217,28
68	12,60	65,50	134,00	28,81	26,71	10,79	154,24	131	21,83	9,81	173,85	8,18	43,67	217,51
69	12,60	65,50	134,00	28,81	26,89	10,32	154,38	131	21,83	9,81	174,00	7,82	43,67	217,67
70	12,60	65,50	134,00	28,81	27,07	9,85	154,52	131	21,83	9,81	174,08	7,47	43,67	217,74
71	12,60	65,50	134,00	28,81	27,24	9,38	154,64	131	21,83	9,81	174,08	7,11	43,67	217,75
72	12,60	65,50	134,00	28,81	27,40	8,90	154,76	131	21,83	9,81	174,01	6,75	43,67	217,68
73	12,60	65,50	134,00	28,81	27,55	8,42	154,88	131	21,83	9,81	173,87	6,38	43,67	217,54
74	12,60	65,50	134,00	28,81	27,69	7,94	154,99	131	21,83	9,81	173,67	6,02	43,67	217,33
75	12,60	65,50	134,00	28,81	27,83	7,46	155,09	131	21,83	9,81	173,39	5,65	43,67	217,06

Tabella 4 Valori della gittata al variare dell'angolo di rotazione – Nordex N131 con altezza torre pari a 134 m

 DMA LUCERA SRL Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:dmalucera@legalmail.it	STUDIO DELLA GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI		Cod.	
			AS252-INT II-02-R	
		Data Ott 2023	Rev. 00	

Dalle tabelle 3 e 4 si ricavano i valori della gittata, teorica ed effettiva, e l'angolo corrispondente al valore massimo osservato per le turbine BCN01 e BCN03; riportati nella tabella di seguito restituita:

	<u>BCN01</u>	<u>BCN03</u>
θ [°]	68	71
Gittata teorica [m]	147,80	174,08
Gittata Effettiva [m]	191,47	217,75

Questo valore in realtà dovrebbe essere inferiore per l'effetto attrito e resistenza nella rototraslazione.

Riportando uno studio della BP POWER nel "Blade throw calculation under normal operating" "esperienze basate su dati reali (su una casistica di 1578 casi) fino all'agosto del 2006 hanno dimostrato che nel caso di distacco della pala o parti di essa, l'unico moto che si è registrato è stato un moto di completa rotazione e che le distanze percorse lungo il moto sono risultate sempre inferiori alle lunghezze riportate nella relazione.

2.5 ANALISI DEI RICETTORI

L'individuazione e la scelta dei fabbricati da considerare come ricettori sensibili nella verifica dell'impatto in caso di rottura accidentale della pala, è stata effettuata individuando il buffer di 252 metri i fabbricati esistenti e se del caso, verificare la destinazione d'uso degli stessi.

Si rappresenta che nell'area intorno agli aerogeneratori, non si riscontrano fabbricati ad uso abitativo. In prossimità della BCN01, BCN02, BCN03, BCN04 risultano i ricettori R70, R32, R48, R44, R43 e R45, individuati come ricettori non sensibili, che da sopralluoghi e studi catastali in realtà non risultano essere edifici; catastalmente sono indicati come suoli seminativi e come fabbricato diruto (R45).

3 CONCLUSIONI

La definizione del moto di una pala di un aerogeneratore è un problema alquanto complesso. È certo sulla base dell'esperienza e di semplici considerazioni fisiche (conservazione della quantità di moto) che trattasi di un moto rotazionale complesso in un fluido viscoso (aria).

Dal momento che sono stati considerati per ciascun parametro valori ampiamente conservativi e mettendosi nelle condizioni di esercizio più gravose (massima velocità di rotazione, massima velocità del vento), il valore della gittata calcolato si può considerare ampiamente conservativo, pertanto da considerarsi quale Gittata Massima.

Dai calcoli è risultato che la massima gittata degli elementi rotanti che possono essere proiettati dagli aerogeneratori in progetto è certamente inferiore a 250 metri nel caso di pala intera.

Anche nel caso peggiore, la gittata si mantiene al di sotto dei 350 m e rispetto agli aerogeneratori non esistono edifici sensibili.

I ricettori interessati, sono i ricettori R70 per BCN01; R48 e R32 per la BCN02, R44 per BCN03 e R45 per la BCN04.

I sopracitati ricettori sono tutti non sensibili, come da studio dei ricettori allegato al progetto (AS252-INT II-02-D).