



REGIONE
CAMPANIA



PROVINCIA
DI
AVELLINO



COMUNE DI
SAVIGNANO IRPINO



PROVINCIA
DI
BENEVENTO



COMUNE DI
CASTELFRANCO
IN MISCANO



COMUNE DI
ARIANO IRPINO

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



Proponente	 <p>GIGLIO RINNOVABILI S.R.L. Largo Augusto n.3 20122 Milano pec: gigliorinnovabili@legalmail.it</p> 				
Progettazione	 <p>Viale Michelangelo, 71 80129 Napoli TEL.081 579 7998 mail: tecnico@inse srl</p>  <p>Amministratore: Amm. Francesco Di Maso Ingegnere: Ing. Nicola Galdiero Ingegnere: Ing. Pasquale Esposito</p> <p>Collaboratori: Geol. V.F. Iervolino Dott. Agr. A. Ianiro Archeol. A. Vella Arch. M. Perillo Arch. C. Gaudiero Ing. F. Quarto Arch. M. Mauro Studio Rinnovabili Srl</p>				
Elaborato	<p>Nome Elaborato:</p> <h2>STUDIO DELLA GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI- RELAZIONE</h2>				
01	Dicembre 2023	Integrazioni alla richiesta prot.12835 del 14/11/2023 del C.T. PNRR-PNIEC	INSE Srl	INSE Srl	Giglio rinnovabili s.r.l.
00	Giugno 2022	PRIMA EMISSIONE	INSE Srl	INSE Srl	Giglio rinnovabili s.r.l.
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione
Scala:	-:-				
Formato:	A4	Codice Pratica S251	Codice Elaborato	AS251-SIA10-R	

 Giglio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:dmalucera@legalmail.it	STUDIO DELLA GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI		Cod. AS251-SIA10-R
	Data 15/12/2023	Rev. 01	

Sommario

1	PREMESSA.....	2
1.1	DESCRIZIONE E LOCALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO.....	2
2	IPOSTESI DI CALCOLO	4
2.1	STUDIO DEL MODO DEL PROIETTILE MEDIANTE LE EQUAZIONI DELLA CINEMATICA	5
2.2	GITTATA MASSIMA	6
2.3	CALCOLO DELLA VELOCITA' PERIFERICA.....	7
2.4	CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA	8
2.5	ANALISI DEI RICETTORI	10
3	CONCLUSIONI	11

 Giglio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:dmalucera@legalmail.it	STUDIO DELLA GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI		Cod. AS251-SIA10-R
	Data 15/12/2023	Rev. 01	

1 PREMESSA

La società Giglio Rinnovabili Srl, è proponente di un progetto di produzione di energia rinnovabile da fonte eolica ubicato nel Comune di Savignano Irpino in provincia di Avellino ed opere di connessione nei comuni Ariano Irpino (AV) e di Castelfranco in Miscano (BN).

Il presente elaborato e l'elaborato grafico allegato sono a corredo della richiesta di rettifica del parere n 12835 del 14/11/2023 del CT PNRR-PNIEC Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, a valle della quale risultato necessario prevedere uno spostamento inerentemente la turbina SAB03, oltre all'adozione di un nuovo modello di turbina. L'ipotesi progettuale revisionata prevede l'installazione di n.4 aerogeneratori della potenza nominale di 6,8 MW e n.1 aerogeneratori di potenza nominale 3,9 MW per una potenza complessiva di impianto pari a 31,1 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 mediante D.G.R. Regione Campania n°22 del 21/03/2016 Dipart. 51 Direzione G2 Unità OD 4; 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 a confine con il territorio Nord Ovest della Regione Puglia. I comuni interessati dal progetto sono il Comune di Savignano Irpino (AV) per quanto concerne l'impianto eolico, il Comune di Castelfranco in Miscano (BN) e il Comune di Ariano Irpino (AV) per quanto concerne la connessione alla RTN. L'impianto si localizza a 2,0 km dal confine regionale tra Regione Campania e 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 (Greci, Montaguto, Zungoli, Villanova del Battista, Montecalvo Irpino, in Regione Campania, Faeto, Celle di San Vito, Orsara di Puglia, Panni, Bovino, Accadia, Sant'Agata di Puglia, Anzano di Puglia, Monteleone di Puglia, in Regione Puglia). Sono stati analizzati tutti gli aspetti programmatici, vincolistici ed ambientali presente nell'area vasta.

Il sito oggetto di intervento è ubicato, in località Monte Castello, Difesa Grande, Miscano, Sauri, Masseria la Sprinia, ricadente nel Foglio IGM serie 25 n. 174 IV "Savignano Irpino" scala 1:25.000 e si sviluppa tra quote che vanno dai 578 e i 737 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).

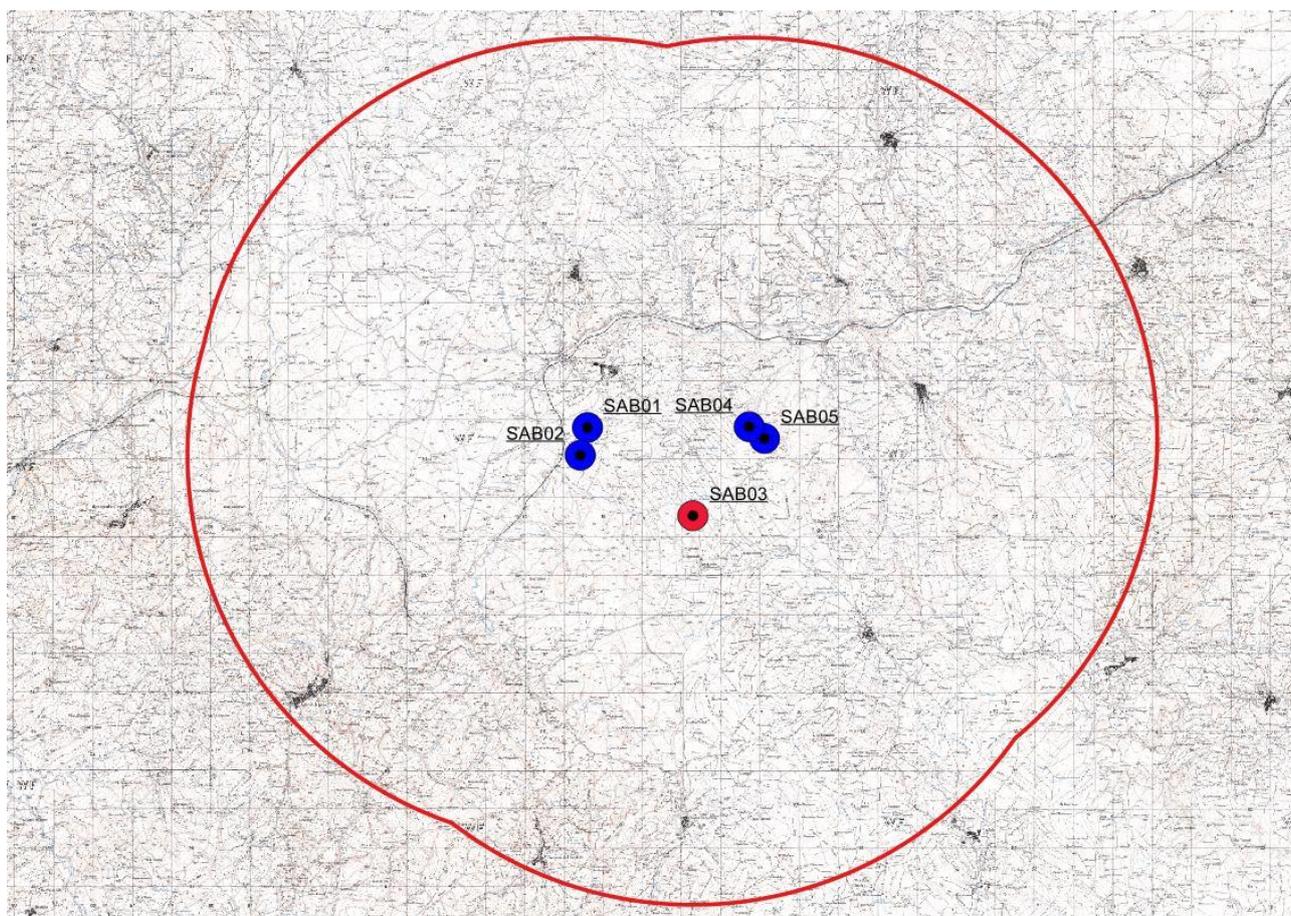


Figura 1. Indicazione area di intervento.

In particolare, il progetto prevede l'installazione di N.4 aerogeneratori della potenza nominale di 6,8 MW e 1 aerogeneratore da 3,9localizzati alle seguenti coordinate:

N° Aerogeneratore	Modello WTG	Coordinate UTM 33 WGS84	
		EST	NORD
SAB 01	Nordex N163	514535,00	4562615,00
SAB 02	Nordex N163	514351,45	4561903,13
SAB 03	Nordex N131	517217,46	4560349,98
SAB 04	Nordex N163	518650,64	4562635,15
SAB 05	Nordex N163	519040,46	4562333,88

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 SAB01, SAB02, SAB04 e SAB05;
- N 131/3.X TS120-00 da 3,9 MW con rotore pari a 131 m di diametro e altezza al mozzo pari a 120 m per una altezza totale 185,5m per l'aerogeneratore SAB03

 Giglio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:dmalucera@legalmail.it	STUDIO DELLA GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI		Cod. AS251-SIA10-R
	Data 15/12/2023	Rev. 01	

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 sui quali è basato il calcolo per le turbine N163 sono i seguenti.

- Altezza del mozzo $H = 118$ m
- 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 sulla turbina SAB03 sono stati considerati i seguenti dati della Nordex N131:

- Altezza del mozzo $H = 120$ 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 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 allorquando 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.

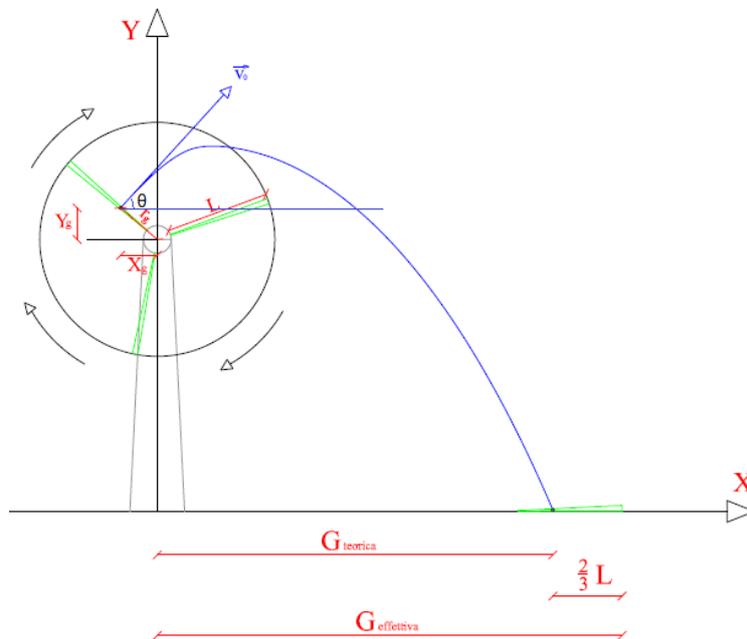
2.1 STUDIO DEL MODO DEL PROIETTILE MEDIANTE LE EQUAZIONI DELLA CINEMATICA

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:

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

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



Ricordando che:

$$a_x = 0 \quad a_y = g \text{ (dove } g = -9,81 \text{ m/sec}^2\text{)}$$

e considerando che:

 Giglio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:dmalucera@legalmail.it	STUDIO DELLA GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI		Cod. AS251-SIA10-R
	Data 15/12/2023	Rev. 01	

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

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

e

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

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:

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

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:

 Giglio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:dmalucera@legalmail.it	STUDIO DELLA GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI		Cod. AS251-SIA10-R
	Data 15/12/2023	Rev. 01	

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

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 $\vartheta = \pi/4$.

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 $r_g = 27,17 \text{ m}$ essendo la lunghezza di ciascuna pala uguale a $81,5 \text{ m}$.

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:

 Giglio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:dmalucera@legalmail.it	STUDIO DELLA GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI		Cod. AS251-SIA10-R
	Data 15/12/2023	Rev. 01	

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

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. 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, $HG = H_{torre} + Yg$) ossia le coordinate del baricentro G di una pala.

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

$$\mathbf{G} = \frac{V_{x0}(V_{y0} + \sqrt{V_{y0}^2 + 2 * g * HG})}{g} - \mathbf{X}_g$$

Al valore di gittata andrà sottratta la distanza Xg 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 $Lg = 54,33 \text{ m}$ (per la N163) e $Lg = 43,67 \text{ m}$ (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	12,60	65,50	120,00	28,81	21,07	19,65	135,97	131	21,83	9,81	145,99	14,89	43,67	189,66
48	12,60	65,50	120,00	28,81	21,41	19,28	136,23	131	21,83	9,81	147,87	14,61	43,67	191,54
49	12,60	65,50	120,00	28,81	21,74	18,90	136,48	131	21,83	9,81	149,66	14,32	43,67	193,33
50	12,60	65,50	120,00	28,81	22,07	18,52	136,73	131	21,83	9,81	151,36	14,03	43,67	195,03
51	12,60	65,50	120,00	28,81	22,39	18,13	136,97	131	21,83	9,81	152,97	13,74	43,67	196,64
52	12,60	65,50	120,00	28,81	22,70	17,74	137,20	131	21,83	9,81	154,49	13,44	43,67	198,15
53	12,60	65,50	120,00	28,81	23,01	17,34	137,44	131	21,83	9,81	155,92	13,14	43,67	199,58
54	12,60	65,50	120,00	28,81	23,31	16,93	137,66	131	21,83	9,81	157,26	12,83	43,67	200,92
55	12,60	65,50	120,00	28,81	23,60	16,52	137,88	131	21,83	9,81	158,51	12,52	43,67	202,17
56	12,60	65,50	120,00	28,81	23,88	16,11	138,10	131	21,83	9,81	159,67	12,21	43,67	203,34
57	12,60	65,50	120,00	28,81	24,16	15,69	138,31	131	21,83	9,81	160,74	11,89	43,67	204,41
58	12,60	65,50	120,00	28,81	24,43	15,27	138,52	131	21,83	9,81	161,73	11,57	43,67	205,40
59	12,60	65,50	120,00	28,81	24,69	14,84	138,71	131	21,83	9,81	162,63	11,24	43,67	206,30
60	12,60	65,50	120,00	28,81	24,95	14,40	138,91	131	21,83	9,81	163,45	10,92	43,67	207,11
61	12,60	65,50	120,00	28,81	25,20	13,97	139,10	131	21,83	9,81	164,18	10,59	43,67	207,84
62	12,60	65,50	120,00	28,81	25,44	13,52	139,28	131	21,83	9,81	164,82	10,25	43,67	208,49
63	12,60	65,50	120,00	28,81	25,67	13,08	139,45	131	21,83	9,81	165,39	9,91	43,67	209,06
64	12,60	65,50	120,00	28,81	25,89	12,63	139,62	131	21,83	9,81	165,87	9,57	43,67	209,54
65	12,60	65,50	120,00	28,81	26,11	12,17	139,79	131	21,83	9,81	166,28	9,23	43,67	209,94
66	12,60	65,50	120,00	28,81	26,32	11,72	139,95	131	21,83	9,81	166,60	8,88	43,67	210,27
67	12,60	65,50	120,00	28,81	26,52	11,26	140,10	131	21,83	9,81	166,85	8,53	43,67	210,52
68	12,60	65,50	120,00	28,81	26,71	10,79	140,24	131	21,83	9,81	167,02	8,18	43,67	210,69
69	12,60	65,50	120,00	28,81	26,89	10,32	140,38	131	21,83	9,81	167,12	7,82	43,67	210,79
70	12,60	65,50	120,00	28,81	27,07	9,85	140,52	131	21,83	9,81	167,15	7,47	43,67	210,81
71	12,60	65,50	120,00	28,81	27,24	9,38	140,64	131	21,83	9,81	167,10	7,11	43,67	210,77
72	12,60	65,50	120,00	28,81	27,40	8,90	140,76	131	21,83	9,81	166,98	6,75	43,67	210,65
73	12,60	65,50	120,00	28,81	27,55	8,42	140,88	131	21,83	9,81	166,80	6,38	43,67	210,47
74	12,60	65,50	120,00	28,81	27,69	7,94	140,99	131	21,83	9,81	166,55	6,02	43,67	210,21
75	12,60	65,50	120,00	28,81	27,83	7,46	141,09	131	21,83	9,81	166,23	5,65	43,67	209,90

Tabella 2. Valori della gittata al variare dell'angolo di rotazione - N131

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 3. Valori della gittata al variare dell'angolo di rotazione - N163

 Giglio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:dmalucera@legalmail.it	STUDIO DELLA GITTATA DEGLI ELEMENTI ROTANTI		Cod. AS251-SIA10-R
	Data 15/12/2023	Rev. 01	

Dall'analisi della gittata si ottiene che la massima distanza percorsa dal baricentro dell'elemento si ottiene per un angolo θ intorno a -70° con un valore di gittata pari a circa ± 167 metri circa per il modello N131 mentre per il modello N163 l'angolo θ che massimizza il valore di gittata è di circa -68° , al quale corrisponde un valore di gittata di circa ± 198 m.

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 i valori definitivi determinati risultano rispettivamente:

- GT (N131) = ± 211 m;
- GT (N163) = ± 253 m.

Questi valori in realtà dovrebbero risultare inferiori 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 i buffer di 253 e 211 metri i fabbricati esistenti e se del caso, verificare la destinazione d'uso degli stessi. Inoltre, è necessario verificare che tale buffer non interferisca con la viabilità esistente.

Si rappresenta che nell'area intorno agli aerogeneratori, non si riscontrano fabbricati ad uso abitativo. Solo in prossimità della turbina SAB01 ricettore R48, catalogato come non sensibile in quanto risulta essere accatastato come "seminativo" (Comune di Savignano Irpino (AV), foglio 12 particella 68)

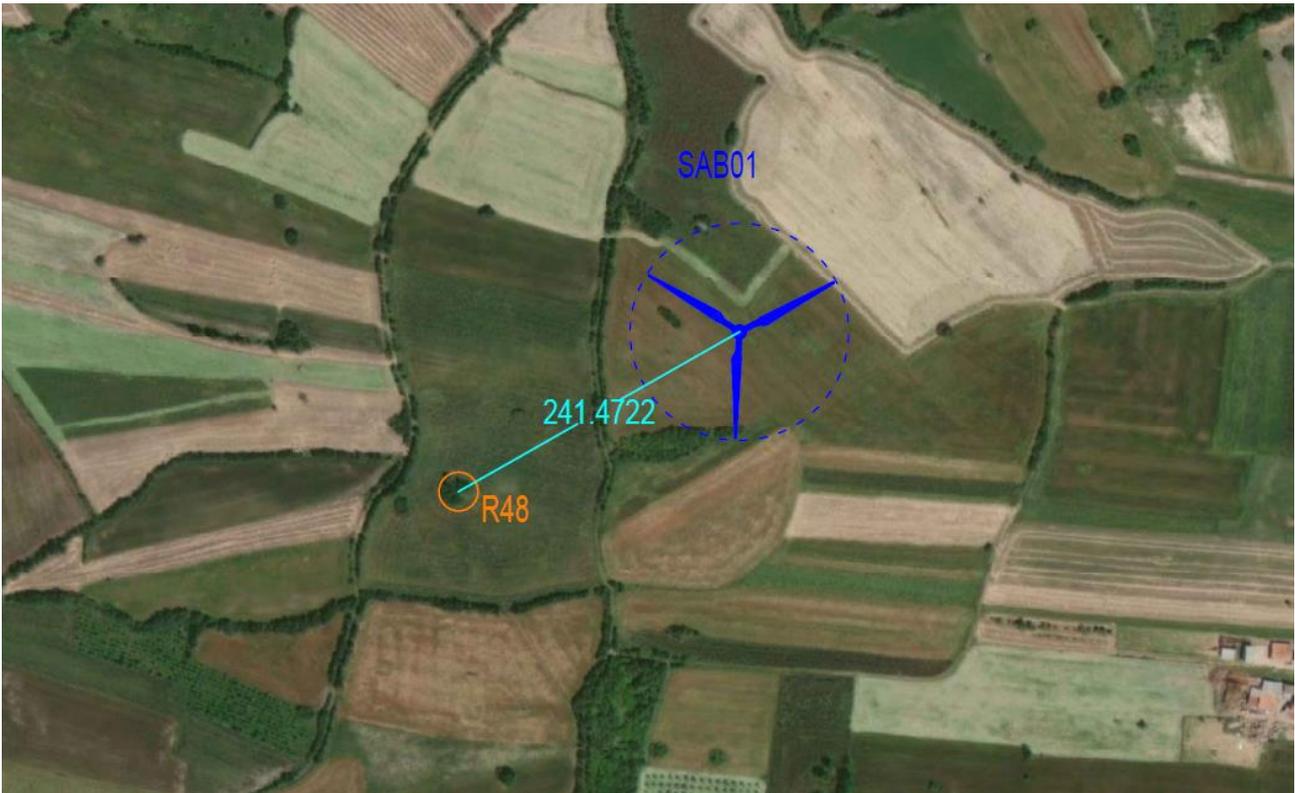


Figura 2. Individuazione ricettore R48.

Ad eccezione del sopracitato ricettore, in prossimità degli aerogeneratori non risultano ricettori sensibili e non che ricadono nel buffer di gittata m, così come per le strade.

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 di circa 250 metri nel caso di pala intera (253 m per la N163 e 211 m per la N131).

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

A meno del ricettore R48, accatastato come seminativo, non risultano ricettori ricadenti all'interno del buffer di 253 m, come possibile visionare dall'allegato alla relazione (vedi AS251-SIA10-D-ALL).