

Regione
Molise



Provincia di
Campobasso



Comune di
Riccia



Comune di
Cercemaggiore



Committente:

RWE

RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.
via Andrea Doria, 41/G - 00192 Roma
P.IVA/C.F. 06400370968
PEC: rwerenewablesitaliasrl@legalmail.it

Titolo del Progetto:

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA NEI COMUNI DI RICCIA (CB) E CERCEMAGGIORE (CB).

Documento:

PROGETTO DEFINITIVO OPERE CIVILI

N° Documento:

PERI_R_18

ID PROGETTO:

PERI

DISCIPLINA:

PD

TIPOLOGIA:

R

FORMATO:

A4

Elaborato:

Relazione analisi degli effetti di rottura degli organi rotanti_rev1

FOGLIO:

1 di 1

SCALA:

N/A

Nome file: **PERI_R_18.pdf**

Progettazione:



ENERGY & ENGINEERING S.R.L.

Via XXIII Luglio 139

83044 - Bisaccia (AV)

P.IVA 02618900647

Tel./Fax. 0827/81480

pec: energyengineering@legalmail.it

Progettista:



Ing. Davide G. Trivelli

Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
0	27/12/2022	PRIMA EMISSIONE	ENERGY & ENGINEERING S.R.L.	ENERGY & ENGINEERING S.R.L.	ENERGY & ENGINEERING S.R.L.
1	14/09/2023	REVISIONE	ENERGY & ENGINEERING S.R.L.	ENERGY & ENGINEERING S.R.L.	ENERGY & ENGINEERING S.R.L.

1. INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione è la stima della gittata relativa al progetto d'impianto eolico previsto nel territorio del Comune di Riccia (CB), con opere di connessione nei Comuni di Riccia (CB) e Cercemaggiore (CB).

Nel progetto si prevede l'installazione di n° 07 aerogeneratori di potenza complessiva pari a 49,00 MW.

Gli aerogeneratori avranno un'altezza al mozzo pari a 115 m e diametro 170 m.

Proponente del progetto è la società RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.

Si riportano di seguito le coordinate in formato UTM (WGS84) e GAUSS BOAGA delle posizioni degli aerogeneratori.

AEROGENERATORE	COMUNE	COMUNE CATASTALE	FOGLIO	PARTICELLE	COORDINATE UTM WGS84	
					Easting (m)	Northing (m)
R1	Riccia	Riccia	37	20	489615.00	4591880.00
R2	Riccia	Riccia	44	157	487517.00	4590575.00
R4	Riccia	Riccia	63	385	487003.00	4588266.00
R6	Riccia	Riccia	38	260	483841.00	4591335.00
R7	Riccia	Riccia	49	91	484008.00	4590245.00
R8	Riccia	Riccia	60	117	485571.00	4588069.00
R9	Riccia	Riccia	62	179	485971.00	4586939.00

Le condizioni al contorno considerate per il calcolo in esame, sono le più gravose possibili, in modo da porsi nella situazione maggiormente cautelativa.

Il calcolo della gittata viene effettuato nelle condizioni più penalizzanti, ovvero:

- Alla velocità massima del rotore assunta a 8,83 giri/minuto per l'aerogeneratore **SIEMENS GAMESA SG170-7.00 MW**;
- Nel punto di ascissa e ordinata in cui la gittata è massima, con angolo $= -\pi/4$;
- Con il centro di massa posizionato ad 1/3 della lunghezza della pala, in prossimità del mozzo;

La velocità al rotore per le turbine proposte (**SIEMENS GAMESA SG170-7.0 MW**) è pari a 9,22 giri/minuto.

2. IPOTESI

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).
- Si ritengono trascurabili le forze ed il momento di resistenza dovute al mezzo in cui si svolge il moto (aria).
- Si suppone che la pala si rompa nel punto di attacco al mozzo; nella posizione tale da avere una velocità periferica inclinata a 45° (posizione corrispondente alla massima gittata) rispetto ad un sistema di riferimento orizzontale passante per il baricentro e con asse verticale parallelo all'asse della torre, così come si evince dalla figura successiva.

Per l'aerogeneratore previsto nel progetto in esame è del tipo **SIEMENS GAMESA SG170-7.0 MW** (con altezza al mozzo $H = 115$ mt.), si considerano:

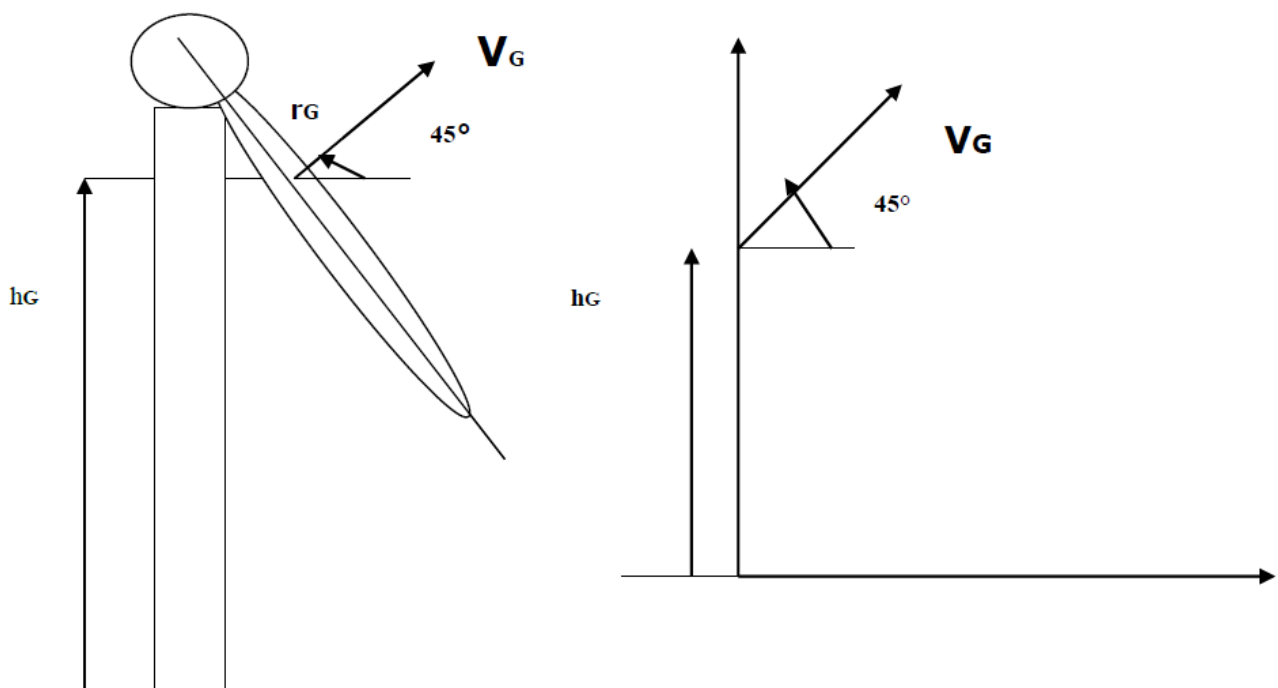
AEROGENERATORE SIEMENS GAMESA SG170-7.0 MW
Altezza $H = 115$ m
Diametro rotore $D = 170$ m
Giri_{max} al minuto 9,22 RPM

3. CALCOLO

Lo schema adottato per il calcolo è il seguente, avendo indicato con G il baricentro del sistema avremo:

r_G = raggio del baricentro

V_G = velocità periferica del baricentro



Prima di effettuare il calcolo della gittata, calcoliamo dei parametri che ci serviranno per il prosieguo dello stesso.

3.1 Calcolo del baricentro

Date le caratteristiche geometriche della pala, e considerata la distribuzione dei pesi lungo il profilo della stessa, possiamo ritenere con buona approssimazione che il baricentro sia posizionato ad un terzo rispetto alla lunghezza della pala, cioè **rG1 = 28,33 m** per un aerogeneratore del tipo di quello previsto in progetto.

3.2 Calcolo della velocità periferica

Per **SIEMENS GAMESA SG170-7.0 MW** il dato di partenza è $n = 9,22$ giri/min che corrisponde ad una velocità angolare

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = 0,965 \text{ rad/s}$$

La legge con cui varia la velocità periferica, ossia il dato che utilizzeremo per il calcolo, ha un andamento che varia linearmente lungo il profilo della pala con il raggio.

Per cui la velocità del baricentro sarà pari a **VG = 27,36 m/s** essendo VG pari a $\omega \times rG$.

3.3 Calcolo di hG

Il calcolo della proiezione del baricentro sull'asse verticale, viene valutato nell'ipotesi in cui il distacco avvenga, come anzidetto nelle condizioni più gravose, cioè a 45° rispetto alla verticale.

Il valore di hG è pari all'altezza dell'intera torre meno il valore della proiezione di rG sulla verticale ossia:

$$hg = H + (rG \cdot \cos 45^\circ)$$

da cui per **SIEMENS GAMESA SG170-7.0 MW** con 115 m al mozzo sarà pari a: **hg = 135,03 m**

Dove H è l'altezza della torre.

4. CALCOLO DELLA LEGGE DEL MOTO

Adesso siamo in grado di esprimere la legge del moto.

Supponiamo di trovarci nel caso notevole di un proiettile non puntiforme.

Le equazioni che governano il moto sono rispettivamente la prima e la seconda equazione della dinamica:

$$1) Mg = Ma_G$$

$$2) 0 = I \frac{d\omega}{dt}$$

Supponendo di concentrare tutto il peso nel centro di massa della pala, il momento della forza peso è nullo, avendo scelto G come polo per il calcolo dei momenti.

Pertanto la seconda equazione ci dice che il corpo durante la traiettoria che percorre, si mette a girare indisturbato intorno al suo asse principale di inerzia.

La soluzione al problema ci viene allora dalla risoluzione della prima equazione.

Questa ci evidenzia che la pala si muoverà con il moto di un proiettile puntiforme, pertanto ne compirà il caratteristico moto parabolico.

Per calcolare l'equazione della traiettoria, bisogna proiettare le caratteristiche dinamiche sui tre assi, integrarle tenendo conto delle condizioni iniziali (velocità del baricentro al momento del distacco) e con facili calcoli giungere al valore della gittata espresso dalla seguente:

$$G \max = \frac{V_G^2}{g} \sin 45^\circ \cdot \cos 45^\circ \left(1 \pm \sqrt{1 + \frac{2gh_G}{V_G^2 \sin^2 45^\circ}} \right)$$

scegliendo ovviamente il risultato che ha senso fisicamente (il segno +) avremo un valore numerico:

- Per SIEMENS GAMESA SG170-7.0 MW con 115 m si avrà un valore di circa 126,53 m.

Tale valore è confermato dal foglio di calcolo secondo lo schema approvato dal Decreto Dirigenziale n. 44 del 12-02-2021 della Regione Campania, che si allega alla presente.

5. CONCLUSIONI

Dai calcoli eseguiti si evince che nelle condizioni più gravose il vertice della pala del rotore può raggiungere una distanza di **155,46 m**.

I valori sono da imputare essenzialmente alla bassa velocità angolare delle macchine previste in progetto, macchine di nuova generazione il che implica una velocità periferica di distacco molto bassa.

Resta inteso che è da ritenere molto remota la possibilità di distacco e che quindi l'impianto proposto possa arrecare danni alla salute pubblica.

CALCOLO GITTATA MASSIMA

Il calcolo della Gittata è effettuato in funzione dell'angolo di inclinazione della pala rispetto all'orizzontale, in senso orario e ponendo l'angolo di 0° tra il 3° e 4° quadrante

Formula della Gittata Massima per angolo compreso tra 0° e 90°

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

dove : $\alpha =$ Angolo della pala rispetto all'orizzontale corrisponde all'angolo tra 91° e 180° dell'angolo velocità

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

$$Y_g = r_g \sin \alpha$$

$r_g =$ posizione del baricentro pari ad 1/3 della lunghezza della pala più raggio mozzo

$$X_g = r_g \cos \alpha \quad \text{posizione del baricentro della pala rispetto all'asse della torre}$$

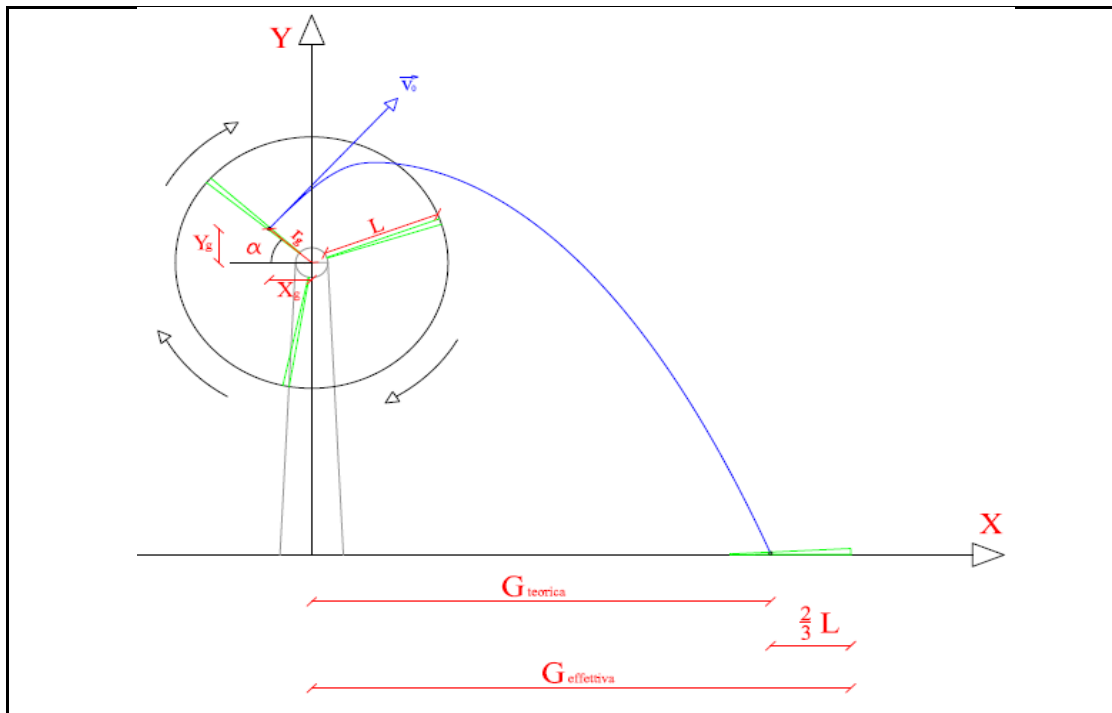
$$v_{x0} = v_0 \cos (90 - \alpha) = v_0 \sin \alpha \quad \quad \quad v_{y0} = v_0 \sin (90 - \alpha) = v_0 \cos \alpha$$

$$v_0 = \omega r_g = (2\pi n r_g)/60 \quad \quad n = \text{numero di giri al minuto del rotore}$$

Gittata Effettiva

$$G_{eff} = G + L_g$$

Schema della Gittata per angolo compreso tra 0° e 90°



Schema della Gittata per angolo compreso tra 270° e 360°

da inserire

Numero di giri al minuto del rotore $n = 9,22$

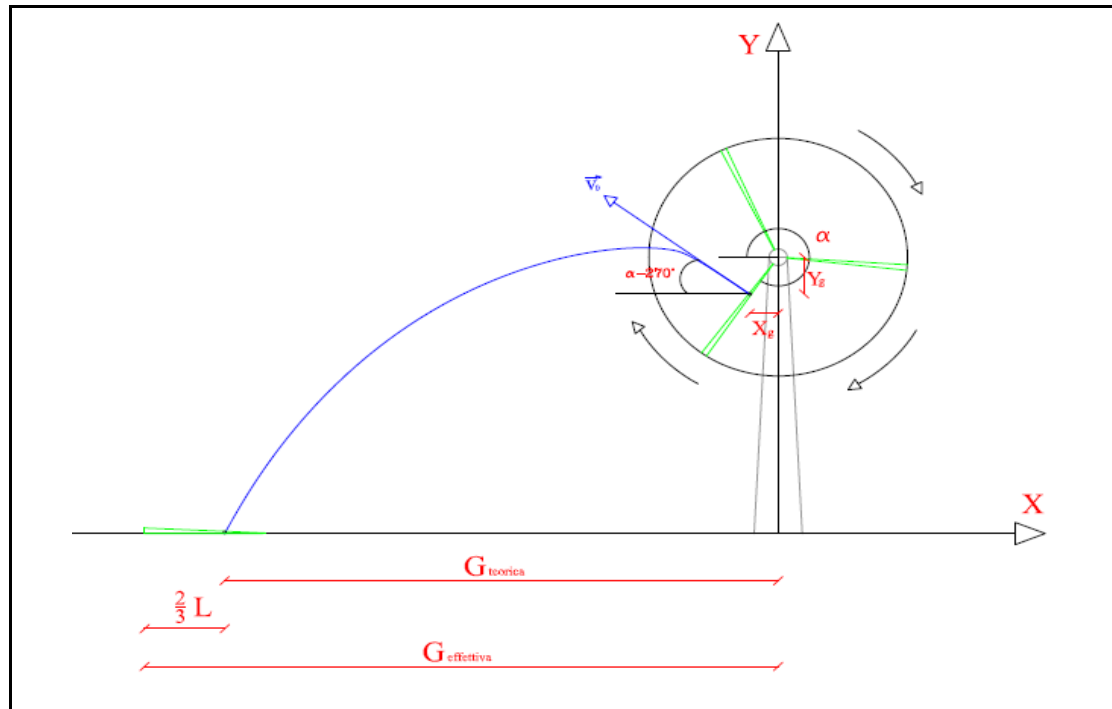
Lunghezza della pala in metri $L = 85$

Altezza del mozzo in metri $H_{torre} = 115$

Se non è disponibile il valore di D, inserire almeno $D=2L$

Diametro del rotore $D = 170$

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
0	9,22	85,00	115,00	27,36	0,00	27,36	115,00	170	28,33	9,81	-28,33	28,33	56,67	28,33
1	9,22	85,00	115,00	27,36	0,48	27,35	115,49	170	28,33	9,81	-24,33	28,33	56,67	32,34
2	9,22	85,00	115,00	27,36	0,95	27,34	115,99	170	28,33	9,81	-20,30	28,32	56,67	36,36
3	9,22	85,00	115,00	27,36	1,43	27,32	116,48	170	28,33	9,81	-16,27	28,29	56,67	40,40
4	9,22	85,00	115,00	27,36	1,91	27,29	116,98	170	28,33	9,81	-12,23	28,26	56,67	44,44
5	9,22	85,00	115,00	27,36	2,38	27,25	117,47	170	28,33	9,81	-8,19	28,23	56,67	48,48
6	9,22	85,00	115,00	27,36	2,86	27,21	117,96	170	28,33	9,81	-4,14	28,18	56,67	52,53
7	9,22	85,00	115,00	27,36	3,33	27,15	118,45	170	28,33	9,81	-0,09	28,12	56,67	56,58
8	9,22	85,00	115,00	27,36	3,81	27,09	118,94	170	28,33	9,81	3,95	28,06	56,67	60,62
9	9,22	85,00	115,00	27,36	4,28	27,02	119,43	170	28,33	9,81	7,99	27,98	56,67	64,65
10	9,22	85,00	115,00	27,36	4,75	26,94	119,92	170	28,33	9,81	12,01	27,90	56,67	68,68
11	9,22	85,00	115,00	27,36	5,22	26,85	120,41	170	28,33	9,81	16,02	27,81	56,67	72,69
12	9,22	85,00	115,00	27,36	5,69	26,76	120,89	170	28,33	9,81	20,02	27,71	56,67	76,68
13	9,22	85,00	115,00	27,36	6,15	26,66	121,37	170	28,33	9,81	23,99	27,61	56,67	80,66
14	9,22	85,00	115,00	27,36	6,62	26,54	121,85	170	28,33	9,81	27,95	27,49	56,67	84,62
15	9,22	85,00	115,00	27,36	7,08	26,42	122,33	170	28,33	9,81	31,88	27,37	56,67	88,55
16	9,22	85,00	115,00	27,36	7,54	26,30	122,81	170	28,33	9,81	35,78	27,24	56,67	92,45
17	9,22	85,00	115,00	27,36	8,00	26,16	123,28	170	28,33	9,81	39,65	27,10	56,67	96,32
18	9,22	85,00	115,00	27,36	8,45	26,02	123,76	170	28,33	9,81	43,49	26,95	56,67	100,16
19	9,22	85,00	115,00	27,36	8,91	25,87	124,22	170	28,33	9,81	47,29	26,79	56,67	103,96
20	9,22	85,00	115,00	27,36	9,36	25,71	124,69	170	28,33	9,81	51,06	26,62	56,67	107,73
21	9,22	85,00	115,00	27,36	9,80	25,54	125,15	170	28,33	9,81	54,78	26,45	56,67	111,45
22	9,22	85,00	115,00	27,36	10,25	25,36	125,61	170	28,33	9,81	58,46	26,27	56,67	115,13
23	9,22	85,00	115,00	27,36	10,69	25,18	126,07	170	28,33	9,81	62,10	26,08	56,67	118,76
24	9,22	85,00	115,00	27,36	11,13	24,99	126,52	170	28,33	9,81	65,68	25,88	56,67	122,35
25	9,22	85,00	115,00	27,36	11,56	24,79	126,97	170	28,33	9,81	69,22	25,68	56,67	125,89
26	9,22	85,00	115,00	27,36	11,99	24,59	127,42	170	28,33	9,81	72,70	25,47	56,67	129,37
27	9,22	85,00	115,00	27,36	12,42	24,37	127,86	170	28,33	9,81	76,13	25,25	56,67	132,80
28	9,22	85,00	115,00	27,36	12,84	24,15	128,30	170	28,33	9,81	79,51	25,02	56,67	136,17
29	9,22	85,00	115,00	27,36	13,26	23,93	128,74	170	28,33	9,81	82,82	24,78	56,67	139,49
30	9,22	85,00	115,00	27,36	13,68	23,69	129,17	170	28,33	9,81	86,07	24,54	56,67	142,74
31	9,22	85,00	115,00	27,36	14,09	23,45	129,59	170	28,33	9,81	89,26	24,29	56,67	145,93
32	9,22	85,00	115,00	27,36	14,50	23,20	130,01	170	28,33	9,81	92,39	24,03	56,67	149,05
33	9,22	85,00	115,00	27,36	14,90	22,94	130,43	170	28,33	9,81	95,45	23,76	56,67	152,11
34	9,22	85,00	115,00	27,36	15,30	22,68	130,84	170	28,33	9,81	98,44	23,49	56,67	155,11
35	9,22	85,00	115,00	27,36	15,69	22,41	131,25	170	28,33	9,81	101,36	23,21	56,67	158,03
36	9,22	85,00	115,00	27,36	16,08	22,13	131,65	170	28,33	9,81	104,22	22,92	56,67	160,88
37	9,22	85,00	115,00	27,36	16,46	21,85	132,05	170	28,33	9,81	107,00	22,63	56,67	163,66
38	9,22	85,00	115,00	27,36	16,84	21,56	132,44	170	28,33	9,81	109,70	22,33	56,67	166,37
39	9,22	85,00	115,00	27,36	17,22	21,26	132,83	170	28,33	9,81	112,34	22,02	56,67	169,01
40	9,22	85,00	115,00	27,36	17,58	20,96	133,21	170	28,33	9,81	114,90	21,70	56,67	171,56
41	9,22	85,00	115,00	27,36	17,95	20,65	133,59	170	28,33	9,81	117,38	21,38	56,67	174,05
42	9,22	85,00	115,00	27,36	18,30	20,33	133,96	170	28,33	9,81	119,79	21,06	56,67	176,45
43	9,22	85,00	115,00	27,36	18,66	20,01	134,32	170	28,33	9,81	122,11	20,72	56,67	178,78
44	9,22	85,00	115,00	27,36	19,00	19,68	134,68	170	28,33	9,81	124,36	20,38	56,67	181,03
45	9,22	85,00	115,00	27,36	19,34	19,34	135,03	170	28,33	9,81	126,53	20,03	56,67	183,20
46	9,22	85,00	115,00	27,36	19,68	19,00	135,38	170	28,33	9,81	128,63	19,68	56,67	185,29
47	9,22	85,00	115,00	27,36	20,01	18,66	135,72	170	28,33	9,81	130,64	19,32	56,67	187,30



Formula della Gittata Massima per angolo compreso tra 270° e 260°

Siccome abbiamo posto l'angolo 0° tra il 3° e 4° quadrante invertiamo il segno di v_{x0} e X_g

$$H_G = H_{\text{torre}} - Y_g$$

$$Y_g = r_g \sin(360 - \alpha) = -r_g \sin \alpha$$

r_g = posizione del baricentro pari ad 1/3 della lunghezza della pala più raggio mozzo

$$X_g = r_g \cos(360 - \alpha) = r_g \cos \alpha = -r_g \cos \alpha$$

posizione del baricentro della pala rispetto all'asse della torre

$$v_{x0} = v_0 \cos(\alpha - 270) = -v_0 \sin \alpha = v_0 \sin \alpha$$

$$v_{y0} = v_0 \sin(\alpha - 270) = v_0 \cos \alpha$$

$$v_0 = \omega r_g = (2\pi n r_g)/60$$

n = numero di giri al minuto del rotore

v_{x0} negativo perché verso sinistra

Gittata Effettiva

$$G_{\text{eff}} = G - L_g$$

G negativo perché verso sinistra

48	9,22	85,00	115,00	27,36	20,33	18,30	136,06	170	28,33	9,81	132,57	18,96	56,67	189,23
49	9,22	85,00	115,00	27,36	20,65	17,95	136,38	170	28,33	9,81	134,42	18,59	56,67	191,08
50	9,22	85,00	115,00	27,36	20,96	17,58	136,70	170	28,33	9,81	136,19	18,21	56,67	192,85
51	9,22	85,00	115,00	27,36	21,26	17,22	137,02	170	28,33	9,81	137,88	17,83	56,67	194,54
52	9,22	85,00	115,00	27,36	21,56	16,84	137,33	170	28,33	9,81	139,48	17,44	56,67	196,15
53	9,22	85,00	115,00	27,36	21,85	16,46	137,63	170	28,33	9,81	141,01	17,05	56,67	197,68
54	9,22	85,00	115,00	27,36	22,13	16,08	137,92	170	28,33	9,81	142,46	16,65	56,67	199,13
55	9,22	85,00	115,00	27,36	22,41	15,69	138,21	170	28,33	9,81	143,83	16,25	56,67	200,49
56	9,22	85,00	115,00	27,36	22,68	15,30	138,49	170	28,33	9,81	145,11	15,84	56,67	201,78
57	9,22	85,00	115,00	27,36	22,94	14,90	138,76	170	28,33	9,81	146,32	15,43	56,67	202,99
58	9,22	85,00	115,00	27,36	23,20	14,50	139,03	170	28,33	9,81	147,45	15,01	56,67	204,12
59	9,22	85,00	115,00	27,36	23,45	14,09	139,29	170	28,33	9,81	148,50	14,59	56,67	205,17
60	9,22	85,00	115,00	27,36	23,69	13,68	139,54	170	28,33	9,81	149,47	14,17	56,67	206,14
61	9,22	85,00	115,00	27,36	23,93	13,26	139,78	170	28,33	9,81	150,37	13,74	56,67	207,04
62	9,22	85,00	115,00	27,36	24,15	12,84	140,02	170	28,33	9,81	151,19	13,30	56,67	207,86
63	9,22	85,00	115,00	27,36	24,37	12,42	140,25	170	28,33	9,81	151,93	12,86	56,67	208,60
64	9,22	85,00	115,00	27,36	24,59	11,99	140,47	170	28,33	9,81	152,60	12,42	56,67	209,27
65	9,22	85,00	115,00	27,36	24,79	11,56	140,68	170	28,33	9,81	153,20	11,97	56,67	209,87
66	9,22	85,00	115,00	27,36	24,99	11,13	140,88	170	28,33	9,81	153,72	11,52	56,67	210,39
67	9,22	85,00	115,00	27,36	25,18	10,69	141,08	170	28,33	9,81	154,18	11,07	56,67	210,84
68	9,22	85,00	115,00	27,36	25,36	10,25	141,27	170	28,33	9,81	154,56	10,61	56,67	211,23
69	9,22	85,00	115,00	27,36	25,54	9,80	141,45	170	28,33	9,81	154,87	10,15	56,67	211,54
70	9,22	85,00	115,00	27,36	25,71	9,36	141,62	170	28,33	9,81	155,12	9,69	56,67	211,78
71	9,22	85,00	115,00	27,36	25,87	8,91	141,79	170	28,33	9,81	155,30	9,22	56,67	211,96
72	9,22	85,00	115,00	27,36	26,02	8,45	141,95	170	28,33	9,81	155,41	8,76	56,67	212,08
73	9,22	85,00	115,00	27,36	26,16	8,00	142,10	170	28,33	9,81	155,46	8,28	56,67	212,13
74	9,22	85,00	115,00	27,36	26,30	7,54	142,24	170	28,33	9,81	155,44	7,81	56,67	212,11
75	9,22	85,00	115,00	27,36	26,42	7,08	142,37	170	28,33	9,81	155,37	7,33	56,67	212,04
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
76	9,22	85,00	115,00	27,36	26,54	6,62	142,49	170	28,33	9,81	155,24	6,85	56,67	211,90
77	9,22	85,00	115,00	27,36	26,66	6,15	142,61	170	28,33	9,81	155,04	6,37	56,67	211,71
78	9,22	85,00	115,00	27,36	26,76	5,69	142,71	170	28,33	9,81	154,79	5,89	56,67	211,46
79	9,22	85,00	115,00	27,36	26,85	5,22	142,81	170	28,33	9,81	154,48	5,41	56,67	211,15
80	9,22	85,00	115,00	27,36	26,94	4,75	142,90	170	28,33	9,81	154,12	4,92	56,67	210,79
81	9,22	85,00	115,00	27,36	27,02	4,28	142,98	170	28,33	9,81	153,71	4,43	56,67	210,38
82	9,22	85,00	115,00	27,36	27,09	3,81	143,06	170	28,33	9,81	153,25	3,94	56,67	209,91
83	9,22	85,00	115,00	27,36	27,15	3,33	143,12	170	28,33	9,81	152,73	3,45	56,67	209,40
84	9,22	85,00	115,00	27,36	27,21	2,86	143,18	170	28,33	9,81	152,17	2,96	56,67	208,84
85	9,22	85,00	115,00	27,36	27,25	2,38	143,23	170	28,33	9,81	151,57	2,47	56,67	208,23
86	9,22	85,00	115,00	27,36	27,29	1,91	143,26	170	28,33	9,81	150,91	1,98	56,67	207,58
87	9,22	85,00	115,00	27,36	27,32	1,43	143,29	170	28,33	9,81	150,22	1,48	56,67	206,88
88	9,22	85,00	115,00	27,36	27,34	0,95	143,32	170	28,33	9,81	149,48	0,99	56,67	206,14
89	9,22	85,00	115,00	27,36	27,35	0,48	143,33	170	28,33	9,81	148,70	0,49	56,67	205,37
90	9,22	85,00	115,00	27,36	27,36	0,00	143,33	170	28,33	9,81	147,88	0,00	56,67	204,55

Per un angolo compreso tra 270° e 360° il valore della Gittata sarà negativo perché verso sinistra

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
270	9,22	85,00	115,00	27,36	-27,36	0,00	86,67	170	28,33	9,81	-114,99	0,00	56,67	-171,66
271	9,22	85,00	115,00	27,36	-27,35	0,48	86,67	170	28,33	9,81	-116,81	0,49	56,67	-173,48
272	9,22	85,00	115,00	27,36	-27,34	0,95	86,68	170	28,33	9,81	-118,61	0,99	56,67	-175,28
273	9,22	85,00	115,00	27,36	-27,32	1,43	86,71	170	28,33	9,81	-120,40	1,48	56,67	-177,06
274	9,22	85,00	115,00	27,36	-27,29	1,91	86,74	170	28,33	9,81	-122,16	1,98	56,67	-178,83
275	9,22	85,00	115,00	27,36	-27,25	2,38	86,77	170	28,33	9,81	-123,91	2,47	56,67	-180,58
276	9,22	85,00	115,00	27,36	-27,21	2,86	86,82	170	28,33	9,81	-125,63	2,96	56,67	-182,30
277	9,22	85,00	115,00	27,36	-27,15	3,33	86,88	170	28,33	9,81	-127,33	3,45	56,67	-183,99
278	9,22	85,00	115,00	27,36	-27,09	3,81	86,94	170	28,33	9,81	-128,99	3,94	56,67	-185,66
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
279	9,22	85,00	115,00	27,36	-27,02	4,28	87,02	170	28,33	9,81	-130,63	4,43	56,67	-187,30
280	9,22	85,00	115,00	27,36	-26,94	4,75	87,10	170	28,33	9,81	-132,24	4,92	56,67	-188,90
281	9,22	85,00	115,00	27,36	-26,85	5,22	87,19	170	28,33	9,81	-133,81	5,41	56,67	-190,48
282	9,22	85,00	115,00	27,36	-26,76	5,69	87,29	170	28,33	9,81	-135,35	5,89	56,67	-192,01
283	9,22	85,00	115,00	27,36	-26,66	6,15	87,39	170	28,33	9,81	-136,84	6,37	56,67	-193,51

284	9,22	85,00	115,00	27,36	-26,54	6,62	87,51	170	28,33	9,81	-138,30	6,85	56,67	-194,96
285	9,22	85,00	115,00	27,36	-26,42	7,08	87,63	170	28,33	9,81	-139,71	7,33	56,67	-196,38
286	9,22	85,00	115,00	27,36	-26,30	7,54	87,76	170	28,33	9,81	-141,08	7,81	56,67	-197,74
287	9,22	85,00	115,00	27,36	-26,16	8,00	87,90	170	28,33	9,81	-142,40	8,28	56,67	-199,06
288	9,22	85,00	115,00	27,36	-26,02	8,45	88,05	170	28,33	9,81	-143,67	8,76	56,67	-200,33
289	9,22	85,00	115,00	27,36	-25,87	8,91	88,21	170	28,33	9,81	-144,88	9,22	56,67	-201,55
290	9,22	85,00	115,00	27,36	-25,71	9,36	88,38	170	28,33	9,81	-146,05	9,69	56,67	-202,71
291	9,22	85,00	115,00	27,36	-25,54	9,80	88,55	170	28,33	9,81	-147,15	10,15	56,67	-203,82
292	9,22	85,00	115,00	27,36	-25,36	10,25	88,73	170	28,33	9,81	-148,20	10,61	56,67	-204,86
293	9,22	85,00	115,00	27,36	-25,18	10,69	88,92	170	28,33	9,81	-149,18	11,07	56,67	-205,85
294	9,22	85,00	115,00	27,36	-24,99	11,13	89,12	170	28,33	9,81	-150,10	11,52	56,67	-206,77
295	9,22	85,00	115,00	27,36	-24,79	11,56	89,32	170	28,33	9,81	-150,96	11,97	56,67	-207,62
296	9,22	85,00	115,00	27,36	-24,59	11,99	89,53	170	28,33	9,81	-151,74	12,42	56,67	-208,41
297	9,22	85,00	115,00	27,36	-24,37	12,42	89,75	170	28,33	9,81	-152,46	12,86	56,67	-209,13
298	9,22	85,00	115,00	27,36	-24,15	12,84	89,98	170	28,33	9,81	-153,10	13,30	56,67	-209,77
299	9,22	85,00	115,00	27,36	-23,93	13,26	90,22	170	28,33	9,81	-153,68	13,74	56,67	-210,34
300	9,22	85,00	115,00	27,36	-23,69	13,68	90,46	170	28,33	9,81	-154,17	14,17	56,67	-210,84
301	9,22	85,00	115,00	27,36	-23,45	14,09	90,71	170	28,33	9,81	-154,59	14,59	56,67	-211,25
302	9,22	85,00	115,00	27,36	-23,20	14,50	90,97	170	28,33	9,81	-154,93	15,01	56,67	-211,59
303	9,22	85,00	115,00	27,36	-22,94	14,90	91,24	170	28,33	9,81	-155,18	15,43	56,67	-211,85
304	9,22	85,00	115,00	27,36	-22,68	15,30	91,51	170	28,33	9,81	-155,36	15,84	56,67	-212,02
305	9,22	85,00	115,00	27,36	-22,41	15,69	91,79	170	28,33	9,81	-155,45	16,25	56,67	-212,11
306	9,22	85,00	115,00	27,36	-22,13	16,08	92,08	170	28,33	9,81	-155,45	16,65	56,67	-212,12
307	9,22	85,00	115,00	27,36	-21,85	16,46	92,37	170	28,33	9,81	-155,37	17,05	56,67	-212,04
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
308	9,22	85,00	115,00	27,36	-21,56	16,84	92,67	170	28,33	9,81	-155,20	17,44	56,67	-211,87
309	9,22	85,00	115,00	27,36	-21,26	17,22	92,98	170	28,33	9,81	-154,94	17,83	56,67	-211,61
310	9,22	85,00	115,00	27,36	-20,96	17,58	93,30	170	28,33	9,81	-154,59	18,21	56,67	-211,26
311	9,22	85,00	115,00	27,36	-20,65	17,95	93,62	170	28,33	9,81	-154,15	18,59	56,67	-210,81
312	9,22	85,00	115,00	27,36	-20,33	18,30	93,94	170	28,33	9,81	-153,61	18,96	56,67	-210,28
313	9,22	85,00	115,00	27,36	-20,01	18,66	94,28	170	28,33	9,81	-152,99	19,32	56,67	-209,65
314	9,22	85,00	115,00	27,36	-19,68	19,00	94,62	170	28,33	9,81	-152,26	19,68	56,67	-208,93
315	9,22	85,00	115,00	27,36	-19,34	19,34	94,97	170	28,33	9,81	-151,45	20,03	56,67	-208,12
316	9,22	85,00	115,00	27,36	-19,00	19,68	95,32	170	28,33	9,81	-150,54	20,38	56,67	-207,20
317	9,22	85,00	115,00	27,36	-18,66	20,01	95,68	170	28,33	9,81	-149,53	20,72	56,67	-206,20
318	9,22	85,00	115,00	27,36	-18,30	20,33	96,04	170	28,33	9,81	-148,43	21,06	56,67	-205,10
319	9,22	85,00	115,00	27,36	-17,95	20,65	96,41	170	28,33	9,81	-147,23	21,38	56,67	-203,90
320	9,22	85,00	115,00	27,36	-17,58	20,96	96,79	170	28,33	9,81	-145,94	21,70	56,67	-202,61
321	9,22	85,00	115,00	27,36	-17,22	21,26	97,17	170	28,33	9,81	-144,55	22,02	56,67	-201,22
322	9,22	85,00	115,00	27,36	-16,84	21,56	97,56	170	28,33	9,81	-143,07	22,33	56,67	-199,74
323	9,22	85,00	115,00	27,36	-16,46	21,85	97,95	170	28,33	9,81	-141,49	22,63	56,67	-198,16
324	9,22	85,00	115,00	27,36	-16,08	22,13	98,35	170	28,33	9,81	-139,82	22,92	56,67	-196,49
325	9,22	85,00	115,00	27,36	-15,69	22,41	98,75	170	28,33	9,81	-138,05	23,21	56,67	-194,72
326	9,22	85,00	115,00	27,36	-15,30	22,68	99,16	170	28,33	9,81	-136,19	23,49	56,67	-192,86
327	9,22	85,00	115,00	27,36	-14,90	22,94	99,57	170	28,33	9,81	-134,24	23,76	56,67	-190,91
328	9,22	85,00	115,00	27,36	-14,50	23,20	99,99	170	28,33	9,81	-132,20	24,03	56,67	-188,86
329	9,22	85,00	115,00	27,36	-14,09	23,45	100,41	170	28,33	9,81	-130,06	24,29	56,67	-186,73
330	9,22	85,00	115,00	27,36	-13,68	23,69	100,83	170	28,33	9,81	-127,84	24,54	56,67	-184,50
331	9,22	85,00	115,00	27,36	-13,26	23,93	101,26	170	28,33	9,81	-125,52	24,78	56,67	-182,19
332	9,22	85,00	115,00	27,36	-12,84	24,15	101,70	170	28,33	9,81	-123,12	25,02	56,67	-179,79
333	9,22	85,00	115,00	27,36	-12,42	24,37	102,14	170	28,33	9,81	-120,63	25,25	56,67	-177,30
334	9,22	85,00	115,00	27,36	-11,99	24,59	102,58	170	28,33	9,81	-118,06	25,47	56,67	-174,73
335	9,22	85,00	115,00	27,36	-11,56	24,79	103,03	170	28,33	9,81	-115,41	25,68	56,67	-172,07
336	9,22	85,00	115,00	27,36	-11,13	24,99	103,48	170	28,33	9,81	-112,67	25,88	56,67	-169,34
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
337	9,22	85,00	115,00	27,36	-10,69	25,18	103,93	170	28,33	9,81	-109,85	26,08	56,67	-166,52
338	9,22	85,00	115,00	27,36	-10,25	25,36	104,39	170	28,33	9,81	-106,96	26,27	56,67	-163,63
339	9,22	85,00	115,00	27,36	-9,80	25,54	104,85	170	28,33	9,81	-103,99	26,45	56,67	-160,66
340	9,22	85,00	115,00	27,36	-9,36	25,71	105,31	170	28,33	9,81	-100,95	26,62	56,67	-157,62
341	9,22	85,00	115,00	27,36	-8,91	25,87	105,78	170	28,33	9,81	-97,83	26,79	56,67	-154,50
342	9,22	85,00	115,00	27,36	-8,45	26,02	106,24	170	28,33	9,81	-94,65	26,95	56,67	-151,32
343	9,22	85,00	115,00	27,36	-8,00	26,16	106,72	170	28,33	9,81	-91,40	27,10	56,67	-148,06
344	9,22	85,00	115,00	27,36	-7,54	26,30	107,19	170	28,33	9,81	-88,08	27,24	56,67	-144,75
345	9,22	85,00	115,00	27,36	-7,08	26,42	107,67	170	28,33	9,81	-84,70	27,37	56,67	-141,37

346	9,22	85,00	115,00	27,36	-6,62	26,54	108,15	170	28,33	9,81	-81,26	27,49	56,67	-137,93
347	9,22	85,00	115,00	27,36	-6,15	26,66	108,63	170	28,33	9,81	-77,77	27,61	56,67	-134,43
348	9,22	85,00	115,00	27,36	-5,69	26,76	109,11	170	28,33	9,81	-74,22	27,71	56,67	-130,88
349	9,22	85,00	115,00	27,36	-5,22	26,85	109,59	170	28,33	9,81	-70,61	27,81	56,67	-127,28
350	9,22	85,00	115,00	27,36	-4,75	26,94	110,08	170	28,33	9,81	-66,96	27,90	56,67	-123,63
351	9,22	85,00	115,00	27,36	-4,28	27,02	110,57	170	28,33	9,81	-63,26	27,98	56,67	-119,93
352	9,22	85,00	115,00	27,36	-3,81	27,09	111,06	170	28,33	9,81	-59,52	28,06	56,67	-116,18
353	9,22	85,00	115,00	27,36	-3,33	27,15	111,55	170	28,33	9,81	-55,73	28,12	56,67	-112,40
354	9,22	85,00	115,00	27,36	-2,86	27,21	112,04	170	28,33	9,81	-51,91	28,18	56,67	-108,58
355	9,22	85,00	115,00	27,36	-2,38	27,25	112,53	170	28,33	9,81	-48,05	28,23	56,67	-104,72
356	9,22	85,00	115,00	27,36	-1,91	27,29	113,02	170	28,33	9,81	-44,16	28,26	56,67	-100,83
357	9,22	85,00	115,00	27,36	-1,43	27,32	113,52	170	28,33	9,81	-40,24	28,29	56,67	-96,91
358	9,22	85,00	115,00	27,36	-0,95	27,34	114,01	170	28,33	9,81	-36,29	28,32	56,67	-92,96
359	9,22	85,00	115,00	27,36	-0,48	27,35	114,51	170	28,33	9,81	-32,32	28,33	56,67	-88,99
360	9,22	85,00	115,00	27,36	0,00	27,36	115,00	170	28,33	9,81	-28,33	28,33	56,67	-85,00