

REGIONE PUGLIA**PROVINCIA DI FOGGIA****COMUNE DI
PIETRAMONTECORVINO**

Denominazione Impianto:

PIETRAMONTECORVINO

Ubicazione:

**Comune di Pietramontecorvino (FG)
Località "Acquasalsa - Vado Bianco"**

Fogli: 3/4/5/6/32

Particelle: varie

PROGETTO DEFINITIVO

di un Parco Eolico composto da n. 6 aerogeneratori di potenza nominale pari a 6,2 MW,
con abbinato sistema di accumulo (BESS) della potenza nominale di 12 Mw,
da ubicarsi in agro del comune di Pietramontecorvino (FG) - località "Acquasalsa - Vado Bianco"
e delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili da ubicarsi in agro del comune di San Severo (FG)

PROPONENTE

**SORGENIA RENEWABLES**

VIA ALESSANDRO ALGARDI, 4

MILANO (MI) - 20148

P.IVA 10300050969

PEC: sorgenia.renewables@legalmail.it

ELABORATO

REL.

RE15

RELAZIONE GITTATA MASSIMA

Scala

Aggiornamenti	Numero	Data	Motivo	Eseguito	Verificato	Approvato
	Rev 0	Gennaio 2023	Istanza VIA art. 23 D.Lgs 152/06 - Istanza Autorizzazione Unica art.12 D.Lgs 387/03		MC	MC

PROGETTAZIONE GENERALE

STUDIO DI INGEGNERIA Ing. Michele R.G. CURTOTTI

Viale Il Giugno n. 385

71016 San Severo (FG)


Ordine degli Ingegneri di Foggia n. 1704

mail: ing.curtotti@alice.itpec: ing.curtotti@pec.it

Cell:339/8220246

Spazio Riservato agli Enti



	WIND FARM PIETRAMONTECORVINO Calcolo Gittata Massima	Gennaio 2023
---	---	--------------

INDICE

PREMESSA

DESCRIZIONE GENERALE DELL'INTERVENTO 3

CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA DEGLI ELEMENTI ROTANTI DEGLI AEROGENERATORI 5

 IPOTESI INIZIALE5

 MODELLO DI CALCOLO7


MODELLO DI TURBINA EOLICA..... 9

CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA PER LA PALA INTERA..... 10

 DISTACCO DELLA PALA DELL'AEROGENERATORE NEL PUNTO DI SERRAGGIO DEL MOZZO ...10

CONCLUSIONI16

FONTI BIBLIOGRAFICHE..... 22

	<p style="text-align: center;">WIND FARM PIETRAMONTECORVINO</p> <p style="text-align: center;">Calcolo Gittata Massima</p>	<p style="text-align: right;">Gennaio 2023</p>
---	--	--

1.1.	PREMESSA
-------------	-----------------

Il presente elaborato costituisce **STUDIO DELLA GITTATA MASSIMA DEGLI ELEMENTI ROTANTI** redatto conformemente ai contenuti del Paragrafo 7.1. “Analisi dei possibili incidenti”, Capitolo 7. “INCIDENTI” dell’ ALLEGATO 4 (punti 14.9, 16.3 e 16.5) “Impianti eolici: elementi per il corretto inserimento nel paesaggio e sul territorio” al D.M. 10 settembre 2010 “Linee guida per l’autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili 10A11230”, il quale stabilisce che: *«È opportuno prendere in esame l’idoneità delle caratteristiche delle macchine, in relazione alle condizioni meteorologiche estreme del sito. In tal senso (...Omissis...) - **andrebbe valutata la gittata massima degli elementi rotanti in caso di rottura accidentale**».*

Il presente studio ha l’obiettivo di valutare e definire le ipotesi, il metodo, e i risultati del calcolo della distanza massima raggiungibile dalla pala rotante di un aerogeneratore eolico che si stacchi a causa della rottura accidentale, ovvero di un frammento di essa, e che quindi si proietti lontano dall’aerogeneratore.

E’ stata presa in considerazione l’ipotesi in cui la rottura della pala si verifichi in corrispondenza della base del mozzo; trattandosi di un punto di discontinuità della struttura questa risulta essere potenzialmente soggetta a possibili, anche se remoti, casi di rottura;

1.2. DESCRIZIONE GENERALE DELL'INTERVENTO

La presente proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione dell'impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica "PIETRAMONTECORVINO" (*di seguito*: impianto di progetto), con abbinato sistema di accumulo (PN 12 Mw), che la società SORGENIA Renewables intende realizzare in agro del Comune di Pietramontecorvino (FG), Regione Puglia, in località "Acquasalsa-Vado Bianco".

L'impianto di progetto in scala ampia è posizionato come indicato nella seguente ortofoto (*vedi Figura 1.2.-1.*). Di seguito alla stessa il layout d'impianto in scala più ristretta (*vedi Figura 1.2.-2.*).

Il layout dell'impianto è schematicamente indicato nelle seguenti figure, ma meglio dettagliato nelle Tavole di Progetto.



Figura 1.2.-1.:Layout di impianto (Fonte: Google Earth Pro®).

L'impianto di progetto prevede la realizzazione di n° 6 (sei) aerogeneratori (WTG) tripala ad asse orizzontale di grande taglia, **ciascuno di potenza elettrica nominale pari a 6,2 MW, per una potenza**

elettrica complessiva pari a **37,2 MW**, e delle relative opere civili ed elettriche accessorie per la connessione elettrica alla RTN, con abbinato sistema di accumulo (PN 12 Mw), per i quali sarà impiegato il modello di turbina eolica del tipo **SG170 da 6,2 MW della SIEMENS-GAMESA**, ritenuta fra le macchine più performanti ad oggi disponibili sul mercato stando le caratteristiche anemometriche proprie del sito e le esigenze di impianto.

La scelta definitiva della turbina da installare sarà operata a valle della autorizzazione unica, ovvero alla cantierabilità del parco, tra i modelli di turbine a quel dato momento presenti sul mercato, nel rispetto delle caratteristiche dimensionali massime, dei livelli di emissione sonora e di potenza nominale dei modelli previsti in progetto.

Il modello di turbina eolica impiegato è costituito da una torre di sostegno tubolare metallica a tronco di cono sulla cui sommità è installata la navicella, il cui asse è a **125 m dal piano campagna (Hub height)**, con annesso il rotore di diametro pari a **170 m (Rotor diameter)** (lunghezza pala 83,5 m), **per un'altezza massima complessiva del sistema torre-pala (Hub height+1/2 Rotor diameter) di 208,5 m s.l.t.**

Si riportano di seguito (*vedi Tabella 1.2.-1.*) le coordinate geografiche delle n° 6 (sei) WTG del layout di progetto espresse nel sistema di riferimento UTM WGS84 - Fuso 33:

Tabella 1.2.-1.:Coordinate delle n° 6 (sei) WTG (ID.:A1,A2,A3,A4,A5,A6) del layout di progetto.

Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica		
"PIETRAMONTECORVINO" (n° 9 WTG)		
Regione: PUGLIA		
Provincia di: FOGGIA		
Comune/i di: APRICENA		
Località: "Mezzana della Quercia-Mandra Murata"		
ID. WTG	Coordinate WTG (UTM WGS84 - Fuso 33)	
	EST	NORD
A1	513279	4600837
A2	512557	4599915
A3	513719	4600148
A4	513531	4598279
A5	514409	4598126
A6	515412	4598140

1.3. CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA DEGLI ELEMENTI ROTANTI DEGLI AEROGENERATORI

1.3.1. IPOTESI INIZIALE

L'ipotesi di partenza è che una pala si distacchi accidentalmente mentre il rotore è in movimento e venga poi proiettato in aria. Le figure seguenti illustrano schematicamente il fenomeno (vedi Figura 1.3.1.-1. E Figura 1.3.1.-2.).

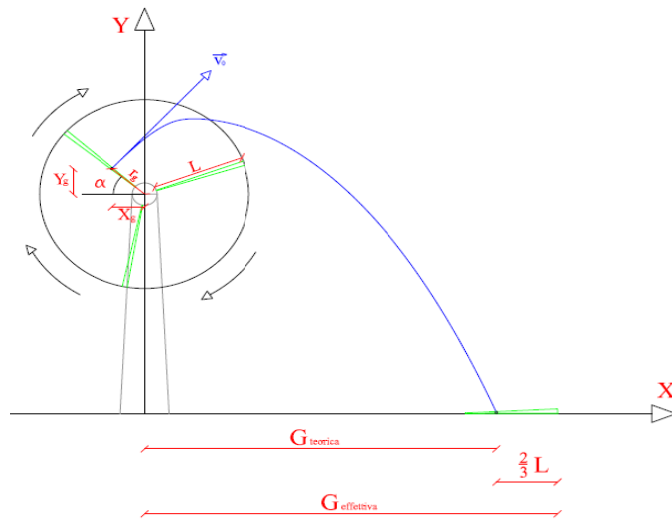


Figura 1.3.1.-1.: Traiettoria del moto di una pala (angolo compreso tra 0° e 90°)

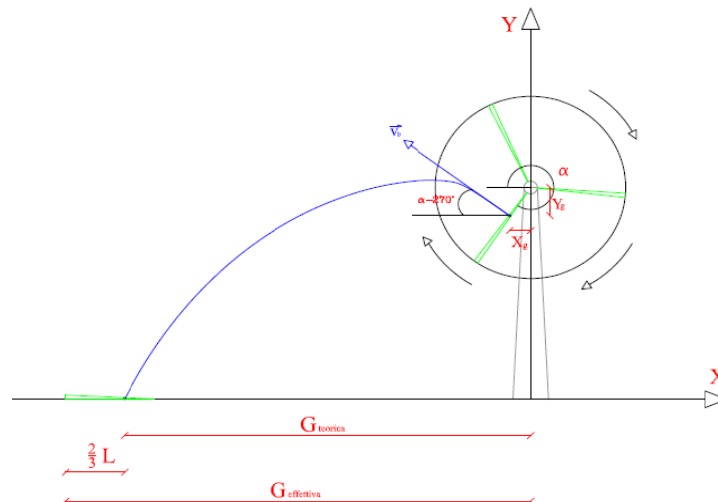



Figura 1.3.1.-2.: Traiettoria del moto di una pala (angolo compreso tra 270° e 360°)

	WIND FARM PIETRAMONTECORVINO Calcolo Gittata Massima	Gennaio 2023
---	---	--------------

Il moto risultante sarà quello di un corpo libero, soggetto solo all'accelerazione di gravità e alla forza di attrito viscoso con l'aria. La sua dinamica risulta essere piuttosto complessa in quanto è governata da numerose variabili, come la forma dell'oggetto e la sua massa. Inoltre, la rottura della pala, combinata al movimento del rotore, imprimeranno all'oggetto distaccato un moto rototraslatorio di cui non è possibile prevedere la componente rotatoria.

Al fine del calcolo si assumerà, infatti, che il moto bidimensionale parabolico sia assimilato a quello di un corpo puntiforme avente massa e centro di gravità corrispondenti a quella dell'oggetto distaccato. È inoltre assunto che l'oggetto trasli senza ruotare, disponendosi in una posizione tale da offrire il minor attrito possibile con l'aria rispetto alle componenti orizzontali della sua velocità e, al contrario, massimo attrito rispetto a quelle verticali (massima portanza).

Tutte queste assunzioni risultano conservative ai fini della gittata massima; in questo modo la gittata reale non sarà mai superiore a quella di seguito calcolata.

Nel calcolo non è stato considerato il contributo del vento in direzione perpendicolare al moto dell'oggetto (asse z), risultando questo trascurabile.

1.3.2.

MODELLO DI CALCOLO

Il moto parabolico dell'oggetto nell'ipotesi di rottura accidentale dell'intero elemento rotante viene analizzato attraverso la cinematica, prendendo in considerazione le forze aerodinamiche agenti su di esso.

Un corpo in movimento attraverso l'aria è soggetto alla forza di attrito viscoso che ha verso opposto alla direzione della sua velocità ed è funzione di quest'ultima, della sua geometria e della densità dell'aria.

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° e 90°:

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

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

dove :

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

$$Y_g = r_g \sin \alpha$$

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

$X_g = r_g \cos \alpha$ (posizione del baricentro della pala rispetto all'asse della torre)

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

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

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

n = numero di giri al minuto del rotore

Pertanto:

Gittata Effettiva

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

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 270° e 360°:

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

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

dove:

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

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

$r_g = D/2 - L + L/3$ (r_g = posizione del baricentro pari ad 1/3 della lunghezza della pala più raggio mozzo)

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

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


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

n = numero di giri al minuto del rotore

Pertanto:

Gittata Effettiva

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

	WIND FARM PIETRAMONTECORVINO Calcolo Gittata Massima	Gennaio 2023
---	--	--------------

1.4.	MODELLO DI TURBINA EOLICA
-------------	----------------------------------


Si rammenta che per i n° 6 (sei) aerogeneratori (WTG) dell'impianto di progetto sarà impiegato il modello di turbina eolica **SG 170 da 6,2 MW della SIEMENS-GAMESA**.

Il modello di turbina eolica impiegato è costituito da una torre di sostegno tubolare metallica a tronco di cono sulla cui sommità è installata la navicella, il cui asse è a **125 m dal piano campagna (Hub height)**, con annesso il rotore di diametro pari a **170 m (Rotor diameter)** (lunghezza pala 83,5 m), **per un'altezza massima complessiva del sistema torre-pala (Hub height+1/2 Rotor diameter) di 208,5 m s.l.t.**

La **Tabella 1.4.1.-1.** riassume i principali parametri del modello di turbina eolica **SG 170 da 6,2 MW della SIEMENS-GAMESA** utilizzati per il calcolo della gittata massima dell'intero elemento di pala:

Tabella 1.4.1.-1.: Principali parametri del modello di turbina eolica SG 170 da 6,2 MW della SIEMENS-GAMESA utilizzati per il calcolo della gittata massima dell'intero elemento di pala.

Numero di giri al minuto del rotore	n =	10,6
Lunghezza della pala in metri	L =	83,5
Altezza del mozzo in metri	H_{torre} =	125
Diametro del rotore	D =	170

	WIND FARM PIETRAMONTECORVINO Calcolo Gittata Massima	Gennaio 2023
---	---	--------------

1.5.	CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA PER LA PALA INTERA
-------------	---

Alla luce di quanto analizzato e stimato si può affermare che la rottura di una pala è un evento accidentale e pertanto non è possibile prevedere come e in quale punto avverrà; per coprire le diverse possibilità sono quindi stati identificati tre casi di calcolo, corrispondenti al distacco di una delle pale nel punto di serraggio del mozzo, punto di maggiore sollecitazione meccanica a causa del collegamento.

Per il calcolo della gittata s'ipotizza inoltre, in tutti i casi presi in considerazione, che l'elemento si stacchi dall'aerogeneratore quando questo sta ruotando alla massima velocità consentita prima del cut-off.

1.5.1.	DISTACCO DELLA PALA DELL'AEROGENERATORE NEL PUNTO DI SERRAGGIO DEL MOZZO
---------------	---


Si prende in considerazione in primo luogo il caso in cui si verifichi la rottura della pala nel punto di serraggio del mozzo. Le assunzioni adottate per la metodologia di calcolo prevedono:

- Massima velocità di rotazione del rotore delle turbine in esame al momento della rottura della pala;
- Considerando il massimo valore dell'angolo di lancio θ ;
- Il centro di massa delle pale è posizionato ad 1/3 della lunghezza delle pale, in prossimità del mozzo;
- Considerando che le pale dell'aerogeneratore sono state progettate per generare portanza, s'ipotizza che la pala distaccata si disponga ponendo la sua corda nella direzione del moto; sulla base di questa ipotesi sono stati selezionati i coefficienti di penetrazione aerodinamica **C** e le sezioni della pala **S**.

Il calcolo esatto e reale della traiettoria seguita da una pala eolica, nell'ipotesi di rottura accidentale dell'elemento d'aerogeneratore in condizioni nominali di funzionamento, è un'analisi assai complessa se mirata all'ottenimento di risultati che siano quanto più possibili prossimi alla realtà.

Infatti, le condizioni al contorno da prendere in considerazione ai fini di un'indagine olistica del problema sarebbero molteplici e dovrebbero attenersi, oltre alle mere caratteristiche geometriche e dinamiche della turbina, anche ad altri fattori quali: le caratteristiche strutturali e aerodinamiche della pala, le possibili modalità di rottura e/o collasso degli elementi strutturali, le caratteristiche fluidodinamiche, le particolari condizioni del sito nel quale il fenomeno è atteso verificarsi, ecc. e, non ultime, le caratteristiche dinamiche della pala in fase di caduta.

Spesso, la difficoltà più gravosa sta nel fatto che alcuni dei dati peculiari precedentemente elencati sono disponibili solo presso i progettisti e i costruttori delle turbine eoliche, i quali probabilmente dovrebbero essere gli unici demandati alla valutazione di questo tipo di fenomeno.

	WIND FARM PIETRAMONTECORVINO Calcolo Gittata Massima	Gennaio 2023
---	---	--------------

Numerose indagini presenti in letteratura attuano un approccio semplificativo al fenomeno, forzando le procedure di calcolo a una mera valutazione fisica del problema e analizzandone gli effetti solo dal punto di vista geometrico/analitico; ottenendo per forza di cose risultati “abnormi”, cioè distanti dalla realtà.

Nei limiti delle proprie possibilità, il proponente ha eseguito un’analisi semplificativa dello studio, adottando l’ipotesi di moto bidimensionale di un oggetto che avviene secondo la legge del moto parabolico, studiato attraverso la cinematica e prendendo in considerazione le forze aerodinamiche agenti sull’oggetto stesso, ottenendo alla fine i seguenti risultati: scegliendo un valore dell’angolo di lancio VARIABILE DA $\theta = 0^\circ$ a 90° che rappresenti le condizioni più gravose ossia, il valore dell’angolo in corrispondenza del quale si ottiene la gittata massima dell’elemento di pala, computata a partire dalla localizzazione della torre fino al punto di caduta, si è ottenuto che **la distanza massima raggiungibile dagli elementi rotanti, in caso di rottura accidentale di una delle pale del modello di turbina eolica considerato, è risultato pari a 254,56 m.**


PROPONENTE: SORGENIA Renewables		pag. 11
---------------------------------	--	---------

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	10,60	83,50	125,00	32,56	0,00	32,56	125,00	170	29,33	9,81	-29,33	29,33	55,67	26,33
1	10,60	83,50	125,00	32,56	0,57	32,56	125,51	170	29,33	9,81	-24,01	29,33	55,67	31,66
2	10,60	83,50	125,00	32,56	1,14	32,54	126,02	170	29,33	9,81	-18,66	29,32	55,67	37,00
3	10,60	83,50	125,00	32,56	1,70	32,52	126,54	170	29,33	9,81	-13,31	29,29	55,67	42,36
4	10,60	83,50	125,00	32,56	2,27	32,48	127,05	170	29,33	9,81	-7,95	29,26	55,67	47,72
5	10,60	83,50	125,00	32,56	2,84	32,44	127,56	170	29,33	9,81	-2,59	29,22	55,67	53,08
6	10,60	83,50	125,00	32,56	3,40	32,38	128,07	170	29,33	9,81	2,77	29,17	55,67	58,43
7	10,60	83,50	125,00	32,56	3,97	32,32	128,57	170	29,33	9,81	8,12	29,11	55,67	63,78
8	10,60	83,50	125,00	32,56	4,53	32,24	129,08	170	29,33	9,81	13,46	29,05	55,67	69,12
9	10,60	83,50	125,00	32,56	5,09	32,16	129,59	170	29,33	9,81	18,78	28,97	55,67	74,45
10	10,60	83,50	125,00	32,56	5,65	32,07	130,09	170	29,33	9,81	24,08	28,89	55,67	79,75
11	10,60	83,50	125,00	32,56	6,21	31,96	130,60	170	29,33	9,81	29,36	28,79	55,67	85,03
12	10,60	83,50	125,00	32,56	6,77	31,85	131,10	170	29,33	9,81	34,61	28,69	55,67	90,28
13	10,60	83,50	125,00	32,56	7,32	31,73	131,60	170	29,33	9,81	39,83	28,58	55,67	95,50
14	10,60	83,50	125,00	32,56	7,88	31,59	132,10	170	29,33	9,81	45,02	28,46	55,67	100,68
15	10,60	83,50	125,00	32,56	8,43	31,45	132,59	170	29,33	9,81	50,16	28,33	55,67	105,83
16	10,60	83,50	125,00	32,56	8,97	31,30	133,09	170	29,33	9,81	55,26	28,20	55,67	110,93
17	10,60	83,50	125,00	32,56	9,52	31,14	133,58	170	29,33	9,81	60,31	28,05	55,67	115,98
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
18	10,60	83,50	125,00	32,56	10,06	30,97	134,06	170	29,33	9,81	65,31	27,90	55,67	120,98
19	10,60	83,50	125,00	32,56	10,60	30,79	134,55	170	29,33	9,81	70,26	27,74	55,67	125,93
20	10,60	83,50	125,00	32,56	11,14	30,60	135,03	170	29,33	9,81	75,15	27,56	55,67	130,81
21	10,60	83,50	125,00	32,56	11,67	30,40	135,51	170	29,33	9,81	79,97	27,39	55,67	135,64
22	10,60	83,50	125,00	32,56	12,20	30,19	135,99	170	29,33	9,81	84,73	27,20	55,67	140,40
23	10,60	83,50	125,00	32,56	12,72	29,97	136,46	170	29,33	9,81	89,42	27,00	55,67	145,09
24	10,60	83,50	125,00	32,56	13,24	29,75	136,93	170	29,33	9,81	94,04	26,80	55,67	149,71
25	10,60	83,50	125,00	32,56	13,76	29,51	137,40	170	29,33	9,81	98,58	26,59	55,67	154,25
26	10,60	83,50	125,00	32,56	14,27	29,27	137,86	170	29,33	9,81	103,05	26,36	55,67	158,71
27	10,60	83,50	125,00	32,56	14,78	29,01	138,32	170	29,33	9,81	107,43	26,14	55,67	163,10
28	10,60	83,50	125,00	32,56	15,29	28,75	138,77	170	29,33	9,81	111,73	25,90	55,67	167,40
29	10,60	83,50	125,00	32,56	15,79	28,48	139,22	170	29,33	9,81	115,95	25,66	55,67	171,61
30	10,60	83,50	125,00	32,56	16,28	28,20	139,67	170	29,33	9,81	120,07	25,40	55,67	175,74
31	10,60	83,50	125,00	32,56	16,77	27,91	140,11	170	29,33	9,81	124,11	25,14	55,67	179,77
32	10,60	83,50	125,00	32,56	17,25	27,61	140,54	170	29,33	9,81	128,05	24,88	55,67	183,71
33	10,60	83,50	125,00	32,56	17,73	27,31	140,98	170	29,33	9,81	131,89	24,60	55,67	187,56
34	10,60	83,50	125,00	32,56	18,21	26,99	141,40	170	29,33	9,81	135,64	24,32	55,67	191,30
35	10,60	83,50	125,00	32,56	18,68	26,67	141,82	170	29,33	9,81	139,28	24,03	55,67	194,95
36	10,60	83,50	125,00	32,56	19,14	26,34	142,24	170	29,33	9,81	142,83	23,73	55,67	198,49
37	10,60	83,50	125,00	32,56	19,60	26,00	142,65	170	29,33	9,81	146,27	23,43	55,67	201,94
38	10,60	83,50	125,00	32,56	20,05	25,66	143,06	170	29,33	9,81	149,61	23,11	55,67	205,27
39	10,60	83,50	125,00	32,56	20,49	25,30	143,46	170	29,33	9,81	152,84	22,80	55,67	208,51
40	10,60	83,50	125,00	32,56	20,93	24,94	143,86	170	29,33	9,81	155,96	22,47	55,67	211,63
41	10,60	83,50	125,00	32,56	21,36	24,57	144,24	170	29,33	9,81	158,98	22,14	55,67	214,64
42	10,60	83,50	125,00	32,56	21,79	24,20	144,63	170	29,33	9,81	161,88	21,80	55,67	217,55
43	10,60	83,50	125,00	32,56	22,21	23,81	145,01	170	29,33	9,81	164,68	21,45	55,67	220,35
44	10,60	83,50	125,00	32,56	22,62	23,42	145,38	170	29,33	9,81	167,36	21,10	55,67	223,03
45	10,60	83,50	125,00	32,56	23,02	23,02	145,74	170	29,33	9,81	169,94	20,74	55,67	225,60
46	10,60	83,50	125,00	32,56	23,42	22,62	146,10	170	29,33	9,81	172,40	20,38	55,67	228,06

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	10,60	83,50	125,00	32,56	23,81	22,21	146,45	170	29,33	9,81	174,75	20,01	55,67	230,41
48	10,60	83,50	125,00	32,56	24,20	21,79	146,80	170	29,33	9,81	176,98	19,63	55,67	232,65
49	10,60	83,50	125,00	32,56	24,57	21,36	147,14	170	29,33	9,81	179,11	19,24	55,67	234,77
50	10,60	83,50	125,00	32,56	24,94	20,93	147,47	170	29,33	9,81	181,12	18,86	55,67	236,78
51	10,60	83,50	125,00	32,56	25,30	20,49	147,80	170	29,33	9,81	183,02	18,46	55,67	238,68
52	10,60	83,50	125,00	32,56	25,66	20,05	148,11	170	29,33	9,81	184,80	18,06	55,67	240,47
53	10,60	83,50	125,00	32,56	26,00	19,60	148,43	170	29,33	9,81	186,48	17,65	55,67	242,14
54	10,60	83,50	125,00	32,56	26,34	19,14	148,73	170	29,33	9,81	188,04	17,24	55,67	243,71
55	10,60	83,50	125,00	32,56	26,67	18,68	149,03	170	29,33	9,81	189,50	16,82	55,67	245,16
56	10,60	83,50	125,00	32,56	26,99	18,21	149,32	170	29,33	9,81	190,84	16,40	55,67	246,51
57	10,60	83,50	125,00	32,56	27,31	17,73	149,60	170	29,33	9,81	192,07	15,98	55,67	247,74
58	10,60	83,50	125,00	32,56	27,61	17,25	149,88	170	29,33	9,81	193,20	15,54	55,67	248,87
59	10,60	83,50	125,00	32,56	27,91	16,77	150,14	170	29,33	9,81	194,22	15,11	55,67	249,89
60	10,60	83,50	125,00	32,56	28,20	16,28	150,40	170	29,33	9,81	195,14	14,67	55,67	250,81
61	10,60	83,50	125,00	32,56	28,48	15,79	150,66	170	29,33	9,81	195,95	14,22	55,67	251,62
62	10,60	83,50	125,00	32,56	28,75	15,29	150,90	170	29,33	9,81	196,66	13,77	55,67	252,33
63	10,60	83,50	125,00	32,56	29,01	14,78	151,14	170	29,33	9,81	197,27	13,32	55,67	252,94
64	10,60	83,50	125,00	32,56	29,27	14,27	151,36	170	29,33	9,81	197,78	12,86	55,67	253,45
65	10,60	83,50	125,00	32,56	29,51	13,76	151,59	170	29,33	9,81	198,19	12,40	55,67	253,86
66	10,60	83,50	125,00	32,56	29,75	13,24	151,80	170	29,33	9,81	198,51	11,93	55,67	254,17
67	10,60	83,50	125,00	32,56	29,97	12,72	152,00	170	29,33	9,81	198,73	11,46	55,67	254,39
68	10,60	83,50	125,00	32,56	30,19	12,20	152,20	170	29,33	9,81	198,86	10,99	55,67	254,52
69	10,60	83,50	125,00	32,56	30,40	11,67	152,39	170	29,33	9,81	198,89	10,51	55,67	254,56
70	10,60	83,50	125,00	32,56	30,60	11,14	152,56	170	29,33	9,81	198,84	10,03	55,67	254,51
71	10,60	83,50	125,00	32,56	30,79	10,60	152,74	170	29,33	9,81	198,71	9,55	55,67	254,37
72	10,60	83,50	125,00	32,56	30,97	10,06	152,90	170	29,33	9,81	198,49	9,06	55,67	254,15
73	10,60	83,50	125,00	32,56	31,14	9,52	153,05	170	29,33	9,81	198,18	8,58	55,67	253,85
74	10,60	83,50	125,00	32,56	31,30	8,97	153,20	170	29,33	9,81	197,80	8,09	55,67	253,47
75	10,60	83,50	125,00	32,56	31,45	8,43	153,33	170	29,33	9,81	197,34	7,59	55,67	253,01
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	10,60	83,50	125,00	32,56	31,59	7,88	153,46	170	29,33	9,81	196,80	7,10	55,67	252,47
77	10,60	83,50	125,00	32,56	31,73	7,32	153,58	170	29,33	9,81	196,19	6,60	55,67	251,86
78	10,60	83,50	125,00	32,56	31,85	6,77	153,69	170	29,33	9,81	195,51	6,10	55,67	251,18
79	10,60	83,50	125,00	32,56	31,96	6,21	153,79	170	29,33	9,81	194,76	5,60	55,67	250,43
80	10,60	83,50	125,00	32,56	32,07	5,65	153,89	170	29,33	9,81	193,95	5,09	55,67	249,61
81	10,60	83,50	125,00	32,56	32,16	5,09	153,97	170	29,33	9,81	193,07	4,59	55,67	248,73
82	10,60	83,50	125,00	32,56	32,24	4,53	154,05	170	29,33	9,81	192,12	4,08	55,67	247,79
83	10,60	83,50	125,00	32,56	32,32	3,97	154,11	170	29,33	9,81	191,12	3,57	55,67	246,79
84	10,60	83,50	125,00	32,56	32,38	3,40	154,17	170	29,33	9,81	190,07	3,07	55,67	245,73
85	10,60	83,50	125,00	32,56	32,44	2,84	154,22	170	29,33	9,81	188,95	2,56	55,67	244,62
86	10,60	83,50	125,00	32,56	32,48	2,27	154,26	170	29,33	9,81	187,79	2,05	55,67	243,45
87	10,60	83,50	125,00	32,56	32,52	1,70	154,29	170	29,33	9,81	186,57	1,54	55,67	242,24
88	10,60	83,50	125,00	32,56	32,54	1,14	154,32	170	29,33	9,81	185,31	1,02	55,67	240,97
89	10,60	83,50	125,00	32,56	32,56	0,57	154,33	170	29,33	9,81	184,00	0,51	55,67	239,66
90	10,60	83,50	125,00	32,56	32,56	0,00	154,33	170	29,33	9,81	182,64	0,00	55,67	238,31

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	10,60	83,50	125,00	32,56	-32,56	0,00	95,67	170	29,33	9,81	-143,80	0,00	55,67	-199,47
271	10,60	83,50	125,00	32,56	-32,56	0,57	95,67	170	29,33	9,81	-146,19	0,51	55,67	-201,86
272	10,60	83,50	125,00	32,56	-32,54	1,14	95,68	170	29,33	9,81	-148,57	1,02	55,67	-204,23
273	10,60	83,50	125,00	32,56	-32,52	1,70	95,71	170	29,33	9,81	-150,93	1,54	55,67	-206,59
274	10,60	83,50	125,00	32,56	-32,48	2,27	95,74	170	29,33	9,81	-153,27	2,05	55,67	-208,93
275	10,60	83,50	125,00	32,56	-32,44	2,84	95,78	170	29,33	9,81	-155,58	2,56	55,67	-211,25
276	10,60	83,50	125,00	32,56	-32,38	3,40	95,83	170	29,33	9,81	-157,87	3,07	55,67	-213,54
277	10,60	83,50	125,00	32,56	-32,32	3,97	95,89	170	29,33	9,81	-160,13	3,57	55,67	-215,80
278	10,60	83,50	125,00	32,56	-32,24	4,53	95,95	170	29,33	9,81	-162,36	4,08	55,67	-218,03
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	10,60	83,50	125,00	32,56	-32,16	5,09	96,03	170	29,33	9,81	-164,56	4,59	55,67	-220,23
280	10,60	83,50	125,00	32,56	-32,07	5,65	96,11	170	29,33	9,81	-166,72	5,09	55,67	-222,38
281	10,60	83,50	125,00	32,56	-31,96	6,21	96,21	170	29,33	9,81	-168,83	5,60	55,67	-224,50
282	10,60	83,50	125,00	32,56	-31,85	6,77	96,31	170	29,33	9,81	-170,91	6,10	55,67	-226,57
283	10,60	83,50	125,00	32,56	-31,73	7,32	96,42	170	29,33	9,81	-172,93	6,60	55,67	-228,60
284	10,60	83,50	125,00	32,56	-31,59	7,88	96,54	170	29,33	9,81	-174,90	7,10	55,67	-230,57
285	10,60	83,50	125,00	32,56	-31,45	8,43	96,67	170	29,33	9,81	-176,82	7,59	55,67	-232,49
286	10,60	83,50	125,00	32,56	-31,30	8,97	96,80	170	29,33	9,81	-178,69	8,09	55,67	-234,35
287	10,60	83,50	125,00	32,56	-31,14	9,52	96,95	170	29,33	9,81	-180,49	8,58	55,67	-236,15
288	10,60	83,50	125,00	32,56	-30,97	10,06	97,10	170	29,33	9,81	-182,22	9,06	55,67	-237,89
289	10,60	83,50	125,00	32,56	-30,79	10,60	97,26	170	29,33	9,81	-183,89	9,55	55,67	-239,56
290	10,60	83,50	125,00	32,56	-30,60	11,14	97,44	170	29,33	9,81	-185,49	10,03	55,67	-241,16
291	10,60	83,50	125,00	32,56	-30,40	11,67	97,61	170	29,33	9,81	-187,02	10,51	55,67	-242,68
292	10,60	83,50	125,00	32,56	-30,19	12,20	97,80	170	29,33	9,81	-188,46	10,99	55,67	-244,13
293	10,60	83,50	125,00	32,56	-29,97	12,72	98,00	170	29,33	9,81	-189,83	11,46	55,67	-245,50
294	10,60	83,50	125,00	32,56	-29,75	13,24	98,20	170	29,33	9,81	-191,11	11,93	55,67	-246,78
295	10,60	83,50	125,00	32,56	-29,51	13,76	98,41	170	29,33	9,81	-192,31	12,40	55,67	-247,97
296	10,60	83,50	125,00	32,56	-29,27	14,27	98,64	170	29,33	9,81	-193,41	12,86	55,67	-249,08
297	10,60	83,50	125,00	32,56	-29,01	14,78	98,86	170	29,33	9,81	-194,42	13,32	55,67	-250,09
298	10,60	83,50	125,00	32,56	-28,75	15,29	99,10	170	29,33	9,81	-195,34	13,77	55,67	-251,01
299	10,60	83,50	125,00	32,56	-28,48	15,79	99,34	170	29,33	9,81	-196,16	14,22	55,67	-251,82
300	10,60	83,50	125,00	32,56	-28,20	16,28	99,60	170	29,33	9,81	-196,87	14,67	55,67	-252,54
301	10,60	83,50	125,00	32,56	-27,91	16,77	99,86	170	29,33	9,81	-197,49	15,11	55,67	-253,15
302	10,60	83,50	125,00	32,56	-27,61	17,25	100,12	170	29,33	9,81	-197,99	15,54	55,67	-253,66
303	10,60	83,50	125,00	32,56	-27,31	17,73	100,40	170	29,33	9,81	-198,39	15,98	55,67	-254,05
304	10,60	83,50	125,00	32,56	-26,99	18,21	100,68	170	29,33	9,81	-198,67	16,40	55,67	-254,34
305	10,60	83,50	125,00	32,56	-26,67	18,68	100,97	170	29,33	9,81	-198,84	16,82	55,67	-254,51
306	10,60	83,50	125,00	32,56	-26,34	19,14	101,27	170	29,33	9,81	-198,89	17,24	55,67	-254,56
307	10,60	83,50	125,00	32,56	-26,00	19,60	101,57	170	29,33	9,81	-198,83	17,65	55,67	-254,50

Angolo α	n	L	H _{torre}	v ₀	v _{x0}	v _{y0}	H _E	D	r _E	g	Gittata teorica	X _E	L _E	Gittata Effettiva
308	10,60	83,50	125,00	32,56	-25,66	20,05	101,89	170	29,33	9,81	-198,65	18,06	55,67	-254,31
309	10,60	83,50	125,00	32,56	-25,30	20,49	102,20	170	29,33	9,81	-198,34	18,46	55,67	-254,01
310	10,60	83,50	125,00	32,56	-24,94	20,93	102,53	170	29,33	9,81	-197,92	18,86	55,67	-253,58
311	10,60	83,50	125,00	32,56	-24,57	21,36	102,86	170	29,33	9,81	-197,36	19,24	55,67	-253,03
312	10,60	83,50	125,00	32,56	-24,20	21,79	103,20	170	29,33	9,81	-196,69	19,63	55,67	-252,35
313	10,60	83,50	125,00	32,56	-23,81	22,21	103,55	170	29,33	9,81	-195,88	20,01	55,67	-251,55
314	10,60	83,50	125,00	32,56	-23,42	22,62	103,90	170	29,33	9,81	-194,95	20,38	55,67	-250,62
315	10,60	83,50	125,00	32,56	-23,02	23,02	104,26	170	29,33	9,81	-193,89	20,74	55,67	-249,56
316	10,60	83,50	125,00	32,56	-22,62	23,42	104,62	170	29,33	9,81	-192,70	21,10	55,67	-248,37
317	10,60	83,50	125,00	32,56	-22,21	23,81	104,99	170	29,33	9,81	-191,38	21,45	55,67	-247,05
318	10,60	83,50	125,00	32,56	-21,79	24,20	105,37	170	29,33	9,81	-189,93	21,80	55,67	-245,60
319	10,60	83,50	125,00	32,56	-21,36	24,57	105,76	170	29,33	9,81	-188,35	22,14	55,67	-244,02
320	10,60	83,50	125,00	32,56	-20,93	24,94	106,14	170	29,33	9,81	-186,64	22,47	55,67	-242,31
321	10,60	83,50	125,00	32,56	-20,49	25,30	106,54	170	29,33	9,81	-184,80	22,80	55,67	-240,47
322	10,60	83,50	125,00	32,56	-20,05	25,66	106,94	170	29,33	9,81	-182,83	23,11	55,67	-238,50
323	10,60	83,50	125,00	32,56	-19,60	26,00	107,35	170	29,33	9,81	-180,74	23,43	55,67	-236,40
324	10,60	83,50	125,00	32,56	-19,14	26,34	107,76	170	29,33	9,81	-178,51	23,73	55,67	-234,17
325	10,60	83,50	125,00	32,56	-18,68	26,67	108,18	170	29,33	9,81	-176,15	24,03	55,67	-231,82
326	10,60	83,50	125,00	32,56	-18,21	26,99	108,60	170	29,33	9,81	-173,67	24,32	55,67	-229,34
327	10,60	83,50	125,00	32,56	-17,73	27,31	109,02	170	29,33	9,81	-171,06	24,60	55,67	-226,73
328	10,60	83,50	125,00	32,56	-17,25	27,61	109,46	170	29,33	9,81	-168,33	24,88	55,67	-223,99
329	10,60	83,50	125,00	32,56	-16,77	27,91	109,89	170	29,33	9,81	-165,47	25,14	55,67	-221,14
330	10,60	83,50	125,00	32,56	-16,28	28,20	110,33	170	29,33	9,81	-162,49	25,40	55,67	-218,16
331	10,60	83,50	125,00	32,56	-15,79	28,48	110,78	170	29,33	9,81	-159,39	25,66	55,67	-215,06
332	10,60	83,50	125,00	32,56	-15,29	28,75	111,23	170	29,33	9,81	-156,17	25,90	55,67	-211,84
333	10,60	83,50	125,00	32,56	-14,78	29,01	111,68	170	29,33	9,81	-152,84	26,14	55,67	-208,51
334	10,60	83,50	125,00	32,56	-14,27	29,27	112,14	170	29,33	9,81	-149,39	26,36	55,67	-205,06
335	10,60	83,50	125,00	32,56	-13,76	29,51	112,60	170	29,33	9,81	-145,83	26,59	55,67	-201,50
336	10,60	83,50	125,00	32,56	-13,24	29,75	113,07	170	29,33	9,81	-142,16	26,80	55,67	-197,83
337	10,60	83,50	125,00	32,56	-12,72	29,97	113,54	170	29,33	9,81	-138,38	27,00	55,67	-194,05
338	10,60	83,50	125,00	32,56	-12,20	30,19	114,01	170	29,33	9,81	-134,50	27,20	55,67	-190,17
339	10,60	83,50	125,00	32,56	-11,67	30,40	114,49	170	29,33	9,81	-130,52	27,39	55,67	-186,18
340	10,60	83,50	125,00	32,56	-11,14	30,60	114,97	170	29,33	9,81	-126,43	27,56	55,67	-182,10
341	10,60	83,50	125,00	32,56	-10,60	30,79	115,45	170	29,33	9,81	-122,26	27,74	55,67	-177,92
342	10,60	83,50	125,00	32,56	-10,06	30,97	115,94	170	29,33	9,81	-117,98	27,90	55,67	-173,65
343	10,60	83,50	125,00	32,56	-9,52	31,14	116,42	170	29,33	9,81	-113,62	28,05	55,67	-169,29
344	10,60	83,50	125,00	32,56	-8,97	31,30	116,91	170	29,33	9,81	-109,18	28,20	55,67	-164,84
345	10,60	83,50	125,00	32,56	-8,43	31,45	117,41	170	29,33	9,81	-104,65	28,33	55,67	-160,31
346	10,60	83,50	125,00	32,56	-7,88	31,59	117,90	170	29,33	9,81	-100,04	28,46	55,67	-155,70
347	10,60	83,50	125,00	32,56	-7,32	31,73	118,40	170	29,33	9,81	-95,35	28,58	55,67	-151,02
348	10,60	83,50	125,00	32,56	-6,77	31,85	118,90	170	29,33	9,81	-90,60	28,69	55,67	-146,26
349	10,60	83,50	125,00	32,56	-6,21	31,96	119,40	170	29,33	9,81	-85,77	28,79	55,67	-141,44
350	10,60	83,50	125,00	32,56	-5,65	32,07	119,91	170	29,33	9,81	-80,88	28,89	55,67	-136,55
351	10,60	83,50	125,00	32,56	-5,09	32,16	120,41	170	29,33	9,81	-75,93	28,97	55,67	-131,60
352	10,60	83,50	125,00	32,56	-4,53	32,24	120,92	170	29,33	9,81	-70,93	29,05	55,67	-126,59
353	10,60	83,50	125,00	32,56	-3,97	32,32	121,43	170	29,33	9,81	-65,87	29,11	55,67	-121,53
354	10,60	83,50	125,00	32,56	-3,40	32,38	121,93	170	29,33	9,81	-60,76	29,17	55,67	-116,43
355	10,60	83,50	125,00	32,56	-2,84	32,44	122,44	170	29,33	9,81	-55,61	29,22	55,67	-111,27
356	10,60	83,50	125,00	32,56	-2,27	32,48	122,95	170	29,33	9,81	-50,42	29,26	55,67	-106,08
357	10,60	83,50	125,00	32,56	-1,70	32,52	123,46	170	29,33	9,81	-45,19	29,29	55,67	-100,86
358	10,60	83,50	125,00	32,56	-1,14	32,54	123,98	170	29,33	9,81	-39,93	29,32	55,67	-95,60
359	10,60	83,50	125,00	32,56	-0,57	32,56	124,49	170	29,33	9,81	-34,64	29,33	55,67	-90,31
360	10,60	83,50	125,00	32,56	0,00	32,56	125,00	170	29,33	9,81	-29,33	29,33	55,67	-85,00

	WIND FARM PIETRAMONTECORVINO Calcolo Gittata Massima	Gennaio 2023
---	---	--------------

1.6.	CONCLUSIONI
-------------	--------------------

Conformemente ai contenuti del Paragrafo 7.1. "Analisi dei possibili incidenti", Capitolo 7 "INCIDENTI" dell'ALLEGATO 4 (punti 14.9, 16.3 e 16.5) "Impianti eolici: elementi per il corretto inserimento nel paesaggio e sul territorio" del D.M. 10 settembre 2010 "Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili 10A11230", il quale stabilisce che: «*E' opportuno prendere in esame l'idoneità delle caratteristiche delle macchine, in relazione alle condizioni meteorologiche estreme del sito. In tal senso (...Omissis...) - **andrebbe valutata la gittata massima degli elementi rotanti in caso di rottura accidentale***», è stata valutata la gittata massima degli elementi rotanti dei n. 6 (sei) aerogeneratori dell'impianto di progetto "PIETRAMONTECORVINO", in caso di rottura accidentale di una pala.

Ai fini dei calcoli è stato impiegato il modello di turbina eolica **SG 170 da 6,2 MW della SIEMENS-GAMESA**. Il modello di turbina eolica impiegato è costituito da una torre di sostegno tubolare metallica a tronco di cono sulla cui sommità è installata la navicella, il cui asse è a **125 m dal piano campagna (Hub height)**, con annesso il rotore di diametro pari a **170 m (Rotor diameter)** (lunghezza pala 83,5 m), **per un'altezza massima complessiva del sistema torre-pala (Hub height+1/2 Rotor diameter) di 208,5 m s.l.t.**


Dai calcoli è risultato che la distanza massima degli elementi rotanti, in caso di rottura accidentale, risulta essere di: **254,56 m** (nell'ipotesi di rottura accidentale di una delle pale del modello di turbina eolica considerato - "**Worst Case Scenario**").

Il valore di gittata così calcolato è teorico ed altamente conservativo poiché non tiene in conto le forze di attrito viscoso e la complessità del moto rotazionale, ovvero la rotazione della pala durante il moto di caduta, condizioni reali che attenuano i valori della gittata massima. Questi dati e queste considerazioni teoriche, peraltro sembrano suffragate dall'esperienza reale: il distacco della pala è un evento che si è verificato molto raramente; nel caso in cui si sono verificati distacchi è stato verificato che il moto è di tipo rotazionale complesso e la distanza di volo è sempre ben al di sotto dei risultati ottenuti dai calcoli matematici; le parti che hanno subito distacchi a causa di eventi estremi, come fulminazioni, sono state rinvenute a non più di 40/50 m dalla base della torre eolica per aerogeneratori con diametro del rotore pari a 80 m.

Pertanto, ragionevolmente, il valore teorico così ottenuto è ridotto del 20% ottenendo il risultato qui riportato:

$$\text{Gittata} = 0,8 \times 254,56 \text{ m} = 203,65 \text{ m}$$

Come si evince dall'elaborato grafico di corredo, anche considerando il maggiore valore di gittata del "**Worst Case Scenario**", nell'area di pertinenza di ciascun aerogeneratore (pari a 254,56 m dal centro di ciascuno di essi) non ricadono strade e/o ricettori classificabili quali ricettori sensibili

	WIND FARM PIETRAMONTECORVINO Calcolo Gittata Massima	Gennaio 2023
---	---	--------------

(nessun ricettore sensibile ricade in un area buffer di 254,56 mt. dal centro di ciascun aerogeneratore -VD Rif. Tav EG7).

Fermo restando che nessun ricettore sensibile ricade in un area buffer di 254,56 mt. dal centro di ciascun aerogeneratore (VD Tav EG7) a valle dei calcoli condotti per la valutazione della Gittata massima degli elementi rotanti, si può tuttavia ragionevolmente affermare che non è assolutamente verosimile che un frammento di pala si stacchi dalla stessa e venga scagliato a distanze significative, men che meno è verosimile l'ipotesi che un frammento di pala si stacchi dalla stessa e segua un moto assimilabile a quello di un proiettile scagliato con una velocità di partenza pari a quella della massima rotazione del rotore.

Le pale dei rotori di progetto, infatti, sono realizzate in fibra di vetro rinforzato con materiali plastici quali il poliestere o le fibre epossidiche.

L'utilizzo di questi materiali limita sino a quasi ad annullare la probabilità di distacco di parti della pala mentre la stessa è in rotazione: anche in caso di gravi rotture le fibre che compongono la pala la mantengono, di fatto, unita in un unico pezzo (seppure gravemente danneggiato), e i sistemi di controllo dell'aerogeneratore riducono pressoché istantaneamente la velocità di rotazione, eliminando la possibilità che un frammento di pala si stacchi e venga proiettato verso l'alto.

Al fine di oggettivare quanto affermato, si espongono di seguito alcune ulteriori considerazioni basate sui dati costruttivi di dettaglio forniti da alcuni studi condotti dalla VESTAS. Questi dati fanno riferimento alle specifiche della macchina Vestas V136 che, in termini di metodologie e tecniche costruttive, può considerarsi del tutto analoga al modello di turbina eolica **SG 170 da 6,2 MW della SIEMENS-GAMESA** impiegato nella presente Relazione Tecnica ai fini dei calcoli.

PROPONENTE: SORGENIA Renewables		pag. 17
---------------------------------	--	---------

Con riferimento al documento “VESTAS 0065-1415 V00 - Technical description of a 67 m blade” le caratteristiche strutturali di una pala di WTG sono schematizzabili come da figura seguente:

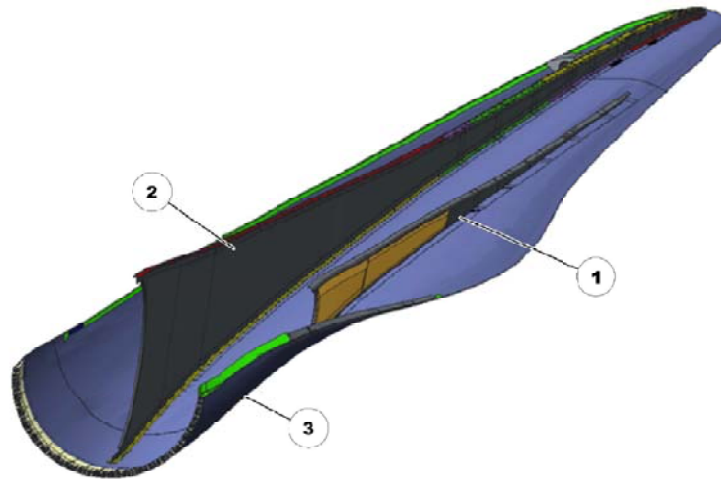


Figure 5.2: The main structural design of a 67 m blade

- | | | | |
|---|----------|---|----------|
| 1 | TE web | 2 | Main web |
| 3 | WW shell | | |

Figura 1.6-1.:Stralcio da “VESTAS 0065-1415 V00 - Technical description of a 67 m blade”.


Ciascuna pala è quindi composta da:

- Una superficie esterna (guscio o shell) fatta di materiale composito rinforzato in fibra di vetro e realizzata in due semigusci (LW shell e WW shell – mostrato in figura);
- Due rinforzi interni (TE WEB e Main WEB), anch’essi in materiale composito e internamente accoppiati ai gusci, che sostengono il carico aerodinamico della pala.

Da un punto di vista del dimensionamento strutturale, la progettazione della pala segue una serie di norme citate nel documento VESTAS “0067-7060_V00 - General Description 4MW Platform”, Par. 8.1..

Per quel che concerne la presente analisi, si evidenzia che la combinazione di coefficienti di sicurezza per i carichi, i materiali utilizzati e la valutazione delle conseguenze in caso di rottura rispettano quanto prescritto dalla norma IEC 61400-1, che impone l’utilizzo di condizioni particolarmente gravose. Le norme tecniche seguite in fase di dimensionamento sono tali da poter rendere trascurabile l’ipotesi di un significativo danneggiamento della pala per tutta la vita utile della WTG (20 anni).

Ciononostante, nella remota ipotesi in cui ci sia un danneggiamento del materiale che compone i gusci o i rinforzi interni della pala, è assolutamente impossibile che si stacchi un frammento terminale della pala, dal momento che -per come la pala è costruita- non esistono giunzioni trasversali rispetto allo sviluppo della pala, ma esclusivamente la giunzione longitudinale tra i due semigusci. L’unica -remota- possibilità di danneggiamento riguarda una “separazione” parziale dei due semigusci. In questo scenario i rinforzi interni e

	WIND FARM PIETRAMONTECORVINO Calcolo Gittata Massima	Gennaio 2023
---	---	--------------

la parte di semiguscio non danneggiata tratterrebbero la parte di guscio ipoteticamente rovinata e la macchina andrebbe automaticamente in pausa (v. osservazione al paragrafo seguente), evitando categoricamente la possibilità di proiezione di un frammento di pala alla massima velocità.

Non è pertanto ipotizzabile la rottura improvvisa e di netto di un frammento della pala con proiezione dello stesso.

Inoltre, è doveroso precisare che **le turbine eoliche sono dotate di un sistema di sicurezza in grado di mandare in pausa la macchina a seguito di sbilanciamenti del rotore, eccessivo carico aerodinamico sulla pala o scostamenti sensibili tra velocità del vento e power curve.**


Il danneggiamento di una pala -che per quanto già spiegato evidentemente precede qualunque ipotesi di proiezione di un frammento della stessa- farebbe funzionare il rotore in condizioni non bilanciate, e porterebbe necessariamente il sistema di sicurezza a rilevare almeno una delle tipologie di errori codificate come di seguito:

- “*Tower Acceleration*”: dovuto a un forte sbilanciamento del rotore.
- “*Power Curve Error*”: dovuto a un forte scostamento rispetto alla Power Curve attesa (che potrebbe essere generato da una variazione del profilo pala);
- “*Tilt yaw Control*”: dovuto ad un eccessivo carico sulla pala misurato da un sensore.

Ciascuna di queste anomalie mette la macchina in pausa, e ferma quindi il rotore in attesa di un intervento tecnico. **Non è pertanto possibile che il rotore giri alla sua massima velocità se una delle pale è danneggiata, e quindi che scagli un frammento di pala alla massima velocità ipotizzabile.**

Si richiama inoltre il fatto che **il modello turbina eolica è dotato di un sistema di protezione contro le fulminazioni per la torre, per l’hub e per le pale.** In particolare, con riferimento alle pale, si riporta di seguito uno stralcio dal documento VESTAS “0059-1120 V02 - *Lightning protection and EMC*” che descrive il sistema di protezione dalle fulminazioni per macchine della stessa piattaforma delle V150.

PROPONENTE: SORGENIA Renewables		pag. 19
---------------------------------	--	---------

	<p style="text-align: center;">WIND FARM PIETRAMONTECORVINO</p> <p style="text-align: center;">Calcolo Gittata Massima</p>	<p style="text-align: right;">Gennaio 2023</p>
---	--	--

The V126 and V136 blade

The lightning protection system for the blade consists of 4 main elements: tip protection receptors, surface protection, down conductor, and lightning band.

The tip protection receptors consist of a solid metal tip and an array of lightning receptors. The array of lightning receptors has 4 lines of receptors along the leading and trailing edge of the windward and leeward shells. The solid metal tip and the lightning receptors preferentially attract lightning which results in few lightning attachment events to the fibreglass shells or to the main portion of the blade. The solid metal tip and receptors are connected with an insulated, high-voltage cable.

A portion of the windward and leeward shells between the array of lightning receptors and the root is covered with an expanded metal foil. As with the solid metal tip and array of lightning receptors, the expanded metal foil provides a preferred lightning attachment point to protect the uncovered portion of the blade from direct lightning strikes. The expanded metal foil is connected to the array of lightning receptors and the down conductor.

The down conductor consists of insulated high-voltage cable routed along the trailing edges of the blade. The high-voltage cable are chosen in accordance with IEC 61400-24.

The down conductors terminate at the blade band at the root of the blade. The blade band serves as the interface to the LCTU. See [section 3.6 Protection of the main bearings, page 10](#), for more information about the LCTU.

Figura 1.6-2.: Stralcio da “VESTAS 0059-1120 V02 - Lightning protection and EMC”.

Si evince che ciascuna pala è dotata:


- di un recettore in punta per i fulmini (solid metal tip);
- di un array di ricettori metallici (lightningreceptors);
- di una rete metallica (expanded metal foil);

che sono collegati ad un cavo di scarico dell’alta tensione (down conductor) che, secondo le indicazioni ricevute dal costruttore, per la V150 avrà una sezione di 50 mmq.

Pertanto, in caso di fulminazione di una delle pale del rotore, la corrente di fulminazione sarebbe scaricata a terra e non comporterebbe alcun danneggiamento della pala. Valgono, ovviamente, in caso di ipotetico danneggiamento da parte di un fulmine, le considerazioni fatte precedentemente.


Per quanto spiegato è del tutto evidente che, anche in caso di rottura del frammento di una pala, lo stesso rimarrebbe vincolato (sostanzialmente “appeso”) alla restante parte della pala e non sarebbe proiettato. Peraltro anche nella assolutamente remota ipotesi di distacco del frammento, la maggior parte dell’energia cinetica sarebbe spesa per rompere il vincolo del frammento alla pala.

<p>pag. 20</p>		<p style="text-align: right;">PROGETTISTA: Ing. Michele R.G. Curtotti</p> <p style="text-align: right;">Viale II Giugno, 385 71016 San Severo (FG) - ITALY</p>
----------------	---	---

	WIND FARM PIETRAMONTECORVINO Calcolo Gittata Massima	Gennaio 2023
---	---	--------------

Indicazioni fornite dal costruttore, che ha una flotta operativa di oltre 60.000 unità, mostrano che **il distacco di una parte di pala è un avvenimento la cui probabilità è trascurabile.**

Si ritiene pertanto di confermare che l'unica condizione di proiezione di frammento ipotizzabile (non perché plausibile, ma esclusivamente perché si è in presenza di una giunzione bullonata e, quindi, di una discontinuità strutturale) è il distacco della pala dal rotore, per la quale valgono le considerazioni esposte nella presente Relazione Tecnica specialistica, fermo restando che non sono stati rilevati ricettori sensibili nell'area di influenza con origine nel centro di ciascun aerogeneratore.

	WIND FARM PIETRAMONTECORVINO Calcolo Gittata Massima	Gennaio 2023
---	--	--------------

1.7. FONTI BIBLIOGRAFICHE

Si riporta di seguito l'elenco (non esaustivo) delle principali fonti bibliografiche di riferimento consultate ai fini della redazione della presente Relazione Tecnica specialistica:

1. Foglio di calcolo per la "Gittata massima" utilizzato dalla Unità Operativa Dirigenziale 500203 - Energia, efficientamento e risparmio energetico, Green Economy e Bioeconomia nelle istruttorie per gli impianti di produzione di energia da fonte rinnovabile eolica della Regione Campania;
2. Health effects and wind turbines: A review of the literature, Knopper L D and Ollson CA. – Environmental Health, 10:78; 2011;
3. Adverse health effects of industrial wind turbines: a preliminary report, Nissenbaum M, Aramini J, Hanning C – 10th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN); London, UK; 2011;
4. Wind Turbine Health Impact Study: Report of Independent Expert Panel (January 2012) Prepared for: Massachusetts Department of Environmental Protection; Massachusetts Department of Public Health;
5. Wind Turbine Syndrome. A Report on a Natural Experiment, Pierpont N.; 2009;
6. "VESTAS V80 BLADE THROW CALCULATION UNDER NORMAL OPERATING CONDITIONS", PB Power Ltd. (July 2001);
7. "VESTAS 0067-7060_V00 - General Description 4MW Platform", Par. 8.1., VESTAS;
8. "VESTAS 0065-1415 V00 - Technical description of a 67 m blade", VESTAS;