



Comune di Ascoli Satriano

Provincia di Foggia



PROPONENTE:

AME ENERGY S.r.l.

Via Pietro Cossa, 5 20122 Milano (MI)
ameenergysrl@legalmail.it P. IVA 12779110969

Progetto di un impianto eolico, denominato "Masserie Leone", costituito da n. 5 aerogeneratori della potenza unitaria di 6,6 MW, per una potenza complessiva di 33 MW, e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Ascoli Satriano (FG)

ELABORATO:

R005

OGGETTO DELL'ELABORATO:

Relazione Calcolo Della Gittata E Simulazione Grafica

PROGETTAZIONE:

sirmes
servizi integrati per l'energia

PROGETTISTA:

Ing. Federica SCARANO
Ing. Carlo RUSSO
Arch. Giovanni MAGGINO

Corso Romuleo n. 245
83044 Bisaccia (AV)
tel. 0827.89652
info@sirmes.it
sirmes@pec.it



EMISSIONE:

DATA:

CODICE PROGETTO:

REDATTO DA:

1a

settembre 2023

ASCOL003E33

Ing. F. Scarano

2a

Arch. G. Maggino

3a

Ing. C. Russo

4a

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	CALCOLO DELLA GITTATA	2
3	CONSIDERAZIONI SUL MODELLO UTILIZZATO E UTILIZZO DEL “MODELLO REALE”	3
3.1	DATI DEGLI AEROGENERATORI CONSIDERATI NELLO STUDIO.....	4
3.2	FORZE AGENTI SULLA TRAIETTORIA DELLA PALA	4
3.3	CONCLUSIONI DELLO STUDIO	6
4	VALORE DI GITTATA ANALIZZATO CON IL “MODELLO REALE”	6
5	POSSIBILITÀ DI ACCADIMENTO DEI FENOMENI DI GUASTO E ROTTURA.....	7
5.1	CADUTA DELLA TORRE	7
5.2	CADUTA DELLA NAVICELLA E/O DEL ROTORE	7
5.3	CADUTA DELLA NAVICELLA E/O DEL ROTORE	8
5.4	CONCLUSIONI DELLO STUDIO DI DEWI OCC	8
6	POSSIBILITÀ DI ACCADIMENTO DEI FENOMENI DI GUASTO E ROTTURA.....	8

1 PREMESSA

La presente relazione viene redatta con lo scopo di analizzare i valori stimati di gittata dell'impianto eolico da realizzarsi in agro del comune di Ascoli Satriano (FG). Nel presente studio si fa riferimento al layout con turbine del tipo SIEMENS-GAMESA SG 6,6-170 di potenza singola pari a 6,60 MW.

A maggior comprensione del fenomeno della rottura degli organi rotanti si illustreranno i risultati di due studi tecnico-scientifici sull'argomento commissionati da due tra le più importanti case costruttrici di aerogeneratori, la danese Vestas e la tedesca Enercon, rispettivamente all'ente scientifico di ricerca BP Power e alla società di certificazione internazionale DEWI-OCC, in merito alle reali probabilità di accadimento del fenomeno di rottura degli organi rotanti di un aerogeneratore.

I risultati che si ottengono dal calcolo, che tiene conto solo delle forze d'inerzia ed esclude le forze viscosse, sono in realtà molto cautelative; infatti, le distanze di gittata, considerando e comparando i risultati che si ottengono per analogia ad un modello più realistico che tiene conto invece delle forze viscosse e del moto della pala completo (*ref. Studio Vestas redatto nel giugno 2008 denominato "Calcolo della traiettoria di una pala eolica in condizioni nominali di funzionamento"*) risultano di entità molto ridotta.

2 CALCOLO DELLA GITTATA

Le caratteristiche dimensionali degli aerogeneratori di progetto sono di seguito riportate:

Tipo torre	Lunghezza pala [m]	Diametro rotore [m]	Altezza al mozzo [m]	Altezza totale [m]	Potenza [MW]	Aerogeneratori
SIEMENS-GAMESA SG 6,0-170	83,50	170	135	220	6,6	AS 01 AS 02 AS 03 AS 04 AS 05

Si riporta di seguito il valore massimo ottenuto e si rinvia all'allegato per la trattazione completa:

- Gittata intera pala: Angolo 70 – Gmax 100,80 – Vertice pala (gittata) 157,447 metri
- Gittata frammento di pala 5 metri: Angolo 55 – Gmax 395,00 – Vertice pala (gittata) 398,30 metri

3 CONSIDERAZIONI SUL MODELLO UTILIZZATO E UTILIZZO DEL "MODELLO REALE"

La trattazione del moto relativo al fenomeno di distacco della pala appena effettuato è stata applicato in assenza di forze viscosi. Quindi, come già anticipato, il valore reale della gittata della pala, ossia quello calcolato tenendo conto della resistenza dell'aria, è certamente inferiore.

Per tale valutazione si richiama a seguire lo studio della BP Power (per conto di Vestas) dove vengono valutati in maniera più completa i fattori che condizionano la gittata della pala nel caso di rottura intitolato, "Calcolo della traiettoria di una pala eolica in condizioni nominali di funzionamento" del 2008.

Questo ente aveva già condotto per Vestas nel 2001 un calcolo molto accurato e successivamente pubblicato con il titolo "*Blade throw calculation under normal operative condition V80 2MW*", in cui era stata studiata la possibilità del distacco e la gittata, non solo di una pala nel suo complesso, ma anche di una porzione di essa di lunghezza pari rispettivamente a 5 metri e 10 metri.

Il nuovo studio ricalca in toto le analisi svolte dal precedente ma, rispetto allo stesso, sottolinea una assunzione fondamentale, che si riporta di seguito testualmente:

"Dalle note operative esposte si può concludere che ha senso effettuare un calcolo di gittata della pala intera in quanto esiste un punto di discontinuità, l'attacco bullonato che unisce la pala al mozzo, ed esiste un'ipotesi, **seppur remota**, sulla possibilità di cedimento di tale attacco.

Il calcolo di gittata nei casi di distacco di frammenti o porzioni di guscio, per le ragioni spiegate in precedenza, risulta problematico e privo di basi computazionali, in quanto lo stabilire le dimensioni del pezzo di guscio distaccato è del tutto aleatorio e non dipende da una causa specifica come quelle collegabili ad una discontinuità, un difetto di progettazione o di realizzazione della pala.

Il caso di distacco di porzioni di pala si potrebbe trattare effettuando un'analisi del rischio che è dato dal prodotto fra la probabilità di occorrenza della specifica rottura e la gravità delle conseguenze. Una simile analisi comporterebbe comunque delle assunzioni arbitrarie fra le quali le dimensioni del pezzo di pala interessato al distacco e uno studio probabilistico sull'occorrenza e la gravità delle conseguenze. Per effettuare queste valutazioni è necessaria la conoscenza di tutta una serie di circostanze circa gli eventi di questo tipo e la base statistica degli eventi incidentali dovrebbe essere notevolmente ampia, la qual cosa non è verificata nella realtà".

Detto questo, la BP Power ha provveduto al calcolo della gittata su sei modelli di aerogeneratori prodotti dalla VESTAS, i modelli V52, V80, V82, V90 1.8 MW, V90 2 MW, V90 3 MW.

Per il solo modello V80 è stato effettuato il calcolo della traiettoria di una pala in caso di distacco nelle seguenti tre condizioni:

- caso 1: è la condizione più cautelativa in quanto include solo le forze di inerzia ed esclude le forze viscosi;
- caso 2: si includono nel calcolo le forze viscosi;
- caso 3: si considera il moto della pala completo, valutando la traiettoria della pala come risultante da un moto rotazionale complesso ("modello reale").

La prima condizione è quella che porta a stimare la maggiore gittata, ma in una condizione del tutto teorica, nel caso di distacco della pala (è il calcolo del moto del giavellotto), ma in realtà le forze di resistenza che si esercitano sulla pala fanno sì che i risultati ottenuti con la prima condizione siano da considerare **sovrastimati del 20%** rispetto ai risultati effettivamente attesi in caso di incidente.

Per tutti gli altri modelli di aerogeneratori lo studio è stato dunque ripetuto solamente in considerazione della prima condizione, escludendo dunque dai parametri di calcolo sia l'attrito dell'aria sia le caratteristiche del moto rotazionale complesso che caratterizza la traiettoria della pala una volta che questa si sia staccata del rotore in movimento.

Da un punto di vista teorico, se non si considerano le forze aerodinamiche la massima gittata si ottiene quando la pala

si distacca dal rotore con un angolo di 45° (135° in posizione azimutale).

Le forze di resistenza che agiscono sulla pala in realtà rendono minore il tempo di volo e quindi la gittata.

Il moto reale è molto più complesso, in quanto dipende dalle caratteristiche aerodinamiche e dalle condizioni iniziali (rollio, imbardata e beccheggio della pala).

Tutte le condizioni di rottura sono state assunte con una velocità del vento pari a 25 m/s.

Le velocità di rotazione al momento della rottura sono state incrementate rispetto alle velocità massime di progetto del: 16% per la V52; 5% per le V80 e V90 3 MW; 10% per le V82 e V90 1.8MW- 2MW (rif. Paragrafo seguente).

3.1 DATI DEGLI AEROGENERATORI CONSIDERATI NELLO STUDIO

Di seguito sono riportati i modelli degli aerogeneratori sui quali è stato condotto lo studio di Vestas con i dati necessari per i calcoli:

- V52: pala di lunghezza pari a 25 m; velocità di rotazione massima di 26 rpm; torre di altezza pari a 55 m. La velocità considerata al momento della rottura: 31 rpm.
- V80: pala di lunghezza pari a 39 m; velocità di rotazione massima di 19,2 rpm; torre di altezza pari a 67 m. La velocità considerata al momento della rottura: 20 rpm.
- V82: pala di lunghezza pari a 40 m; velocità di rotazione massima di 14,4 rpm; torre di altezza pari a 78 m. La velocità considerata al momento della rottura: 15,84 rpm.
- V90 da 1.8 MW: pala di lunghezza pari a 44 m; velocità di rotazione massima di 14,9 rpm; torre di altezza pari a 80 m. La velocità considerata al momento della rottura: 16,39 rpm.
- V90 da 2 MW: pala di lunghezza pari a 44 m; velocità di rotazione massima di 14,9 rpm; torre di altezza pari a 80 m. La velocità considerata al momento della rottura: 16,39 rpm.
- V90 3 MW: pala di lunghezza pari a 44 m; velocità di rotazione massima di 16.1 rpm posto su una torre di altezza pari a 80 m. La velocità considerata al momento della rottura: 15,7 rpm.

La velocità di distacco della pala dal rotore è stata incrementata del 16% passando da 26 a 31 rpm per la V52, del 5% per la V80, passando così da 19 a 20 rpm; per la V82 e V90 1.8 MW - 2 MW, invece, è stata incrementata del 10% passando così da 14,4 a 15,84 e da 14,9 a 16,39 rpm rispettivamente, per la V90 3 MW è stata incrementata del 5% passando da 14,9 a 15,7 rpm).

Nella tabella seguente è riportata una sintesi dei dati di input per il calcolo.

	(Outboard) Section of blade	Plan area Plane XY	Plan area Plane XZ	Plan area Plane YZ	Mass
		m ²	m ²	m ²	kg
V90 1,8MW	44	87.84	25.69	2.37	6660
V82	40	86	23.2	2.08	6200
V80	39	81.46	22.8	2.38	6300
V52	25.3	53.83	14.67	1.55	1900
V90 2MW	44	87.84	25.69	2.37	6660
V90 3MW	44	87.84	25.69	2.37	6700

Per il caso in esame si è valutato con il modello teorico la condizione peggiore di gittata, in assenza di attrito.

3.2 FORZE AGENTI SULLA TRAIETTORIA DELLA PALA

Le ipotesi fatte nello studio Vestas considerano il caso peggiore; esso accade quando la pala si distacca dal rotore con un angolo di 45° sul piano verticale (cioè 135° azimuth).

Per il progetto esaminato si è valutato con il modello teorico proprio questa condizione ottenendo i risultati riportati al capitolo 2. Si precisa che la determinazione delle forze e dei momenti agenti sulla pala a causa di una rottura

istantanea, durante il moto rotatorio, è molto complessa. La traiettoria iniziale è determinata principalmente dall'angolo di lancio e dalle forze generalizzate inerziali agenti sulla pala. Queste includono anche, per esempio, oltre all'impulso, i momenti di "flapwise", "edgewise" e "pitchwise" agenti al momento del distacco (rif. figura seguente).

La pala, quindi, quando inizierà il suo moto continuerà a ruotare (conservazione della quantità di moto). L'unica forza inerziale agente in questo caso è la forza di gravità. La durata del volo considerato è determinata considerando la velocità verticale iniziale applicata al centro di gravità. Il tempo risultante è usato per calcolare la distanza orizzontale (gittata) nel piano e fuori dal piano. La gittata è determinata dalla velocità orizzontale al momento del distacco iniziale.

Le forze inerziali sono modellate considerando un flusso irrotazionale e stazionario.

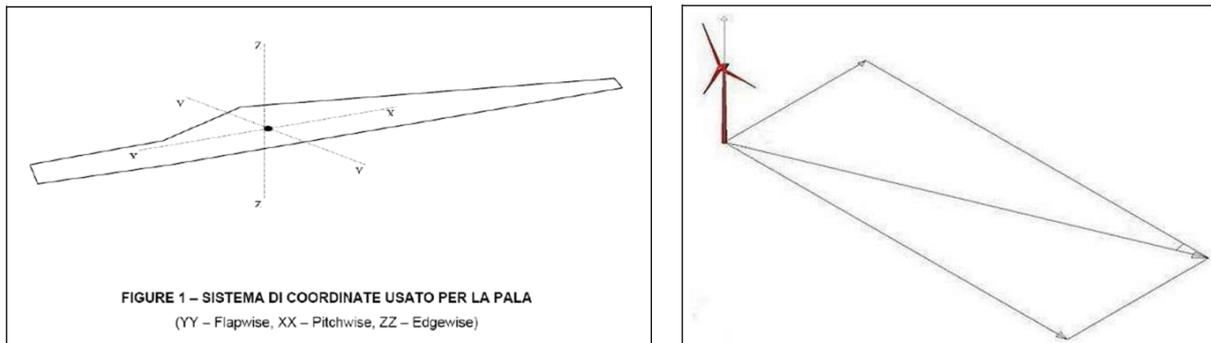


Figura 2: Sistema di riferimento per il calcolo della gittata.

Sono state calcolate tre traiettorie nelle seguenti ipotesi:

Caso 1: Moto irrotazionale

Assenza di moti intorno agli assi XX, YY e ZZ. L'asse XX è allineato con la traiettoria. L'asse YY giace sul piano verticale. Questa ulteriore assunzione fa sì che questo caso sia il peggiore ipotizzabile, in quanto definisce la condizione ideale di massima gittata.

Caso 2: Moto irrotazionale

L'asse XX è allineato con la traiettoria. L'asse YY giace sul piano orizzontale. Quando la pala ha raggiunto questa posizione non ci sono ulteriori moti intorno agli assi XX, YY e ZZ. In questo caso la traiettoria risultante è del tipo "a giavellotto". Questa ulteriore assunzione fa sì che questo caso sia il caso teorico peggiore ipotizzabile, in quanto definisce la condizione ideale di massima gittata.

Inoltre:

La traiettoria in alto è aumentata dalla forza di portanza generata dalla pala, per cui la gittata è maggiore che in assenza di portanza.

Sono stati modellati tre casi:

- Caso 2a. L'effetto della portanza sul tempo di volo è zero. La soluzione (approssimata) per questo è data dal caso 1 solo nella direzione in-plane.
- Caso 2b. L'effetto della portanza sul tempo di volo è aumentato del 5%.
- Caso 2c. L'effetto della portanza sul tempo di volo è aumentato del 10%, in questo caso si ottiene il maggior tempo di volo.

Caso 3: Moto rotazionale complesso ("modello reale")

In questo caso si studia il moto della pala al distacco del rotore nel suo complesso considerando anche i moti di rotazione intorno agli assi XX, YY e ZZ. Questo caso è quello più reale della traiettoria di una pala. La rotazione della pala intorno all'asse ZZ è causato dalla conservazione del momento della quantità di moto. L'incidenza del vento out-of-plane sulla pala genera un momento intorno all'asse YY (centro di massa e centro aerodinamico della pala

non sono coincidenti). Il vento incidente out-of-plane sulla pala genera ancora un momento intorno all'asse XX (centro di massa della sezione di pala lungo la corda non coincide con il centro aerodinamico).

La resistenza della pala sia in-plane che out-of-plane è generata dalla rotazione intorno agli assi XX e YY. Per semplificare lo studio si è assunta l'area della pala pari alla stessa in direzione XY moltiplicata per il quadrato del coseno di 45°. La portanza in-plane è generata dalla rotazione intorno al piano XX. In questo caso si è assunto un aumento del 10% del tempo di volo dovuto alla portanza.

Tre casi sono stati modellati per tener conto dell'effettivo valore della resistenza:

- Caso 3a. Cd (in-plane e out-of-plane) = 0,5;
- Caso 3b. Cd (in-plane e out-of-plane) = 1,0;
- Caso 3c. Cd (in-plane e out-of-plane) = 1,5.

In definitiva, nella relazione di Vestas il moto a giavellotto (che è quello assimilabile allo studio teorico proposto per le pale di progetto) viene considerato dagli stessi autori estremamente improbabile; rappresenta un mero esercizio matematico. Difatti nello studio è riportata la seguente affermazione:

“l'esperienza pratica su tutta la flotta operativa di 4.959 unità (giugno 2007) ha mostrato che in caso di distacco di pala o parti di essa il moto è stato di tipo “rotazionale complesso” e le distanze raggiunte sono normalmente risultate inferiori a quelle stimate con i calcoli semplificati di seguito riportati. Frammenti di pala, solitamente di piccole dimensioni, per la maggior parte staccatisi a causa di azioni esterne (tipica la fulminazione atmosferica) o imperizia umana, sono stati ritrovati a non più di 40-50 m dalla base dell'aerogeneratore”;

ed ancora si afferma:

“Il distacco di una pala completa dal rotore dell'aerogeneratore può essere determinato dalla rottura della giunzione bullonata fra la pala ed il mozzo.

In occasione di tali tipi di evento, la pala ha raggiunto il terreno ad una distanza inferiore ai cento metri. Questo tipo di incidente si è quasi sempre manifestato in concomitanza di fulminazioni di natura atmosferica”.

3.3 CONCLUSIONI DELLO STUDIO

Nella tabella successiva vengono riportati i risultati relativi al modello del moto irrotazionale.

Caso 1	Pala V80	Pala V90 1.8 MW	Pala V82	Pala V52	Pala V90 2 MW	Pala V90 3 MW
Velocità di rotazione	20	16.39	15.84	31	16.39	15.7
Tempo di volo	6.27	5.44	4.56	4.92	5.44	4.52
Distanza in plane	104.4	86.37	94.91	60.88	86.37	81.81
Distanza out of plane	80.1	64.73	45.31	79.95	64.73	50.82
Distanza vettoriale	131.6	108	105	100.5	108	96.3

Tabella 1: Sintesi dello studio.

Il caso più realistico da considerare è, come detto, il caso tre. Pertanto, dallo studio emerge che la gittata di una pala di un aerogeneratore:

- V52 è di circa 80,4 m
- V80 è di circa 106 m
- V82 è di circa 84 m
- V90 1.8 MW – 2 MW è di circa 87 m
- V90 3 MW è di circa 77 m

Ossia circa il 20% in meno della gittata nel caso ideale, caso 1.

4 VALORE DI GITTATA ANALIZZATO CON IL “MODELLO REALE”

Come si osserva dallo studio riportato nel precedente capitolo, valutando un maggior numero di elementi nel calcolo, quali le forze viscosive e il moto rotazione complesso, il caso cosiddetto "reale" in media presenta un valore di gittata ridotto di circa il 20% rispetto a quello teorico.

Pertanto, in merito a quanto appena esposto, si può analogamente asserire che i valori di gittata ottenuti con il modello teorico nel caso specifico degli aerogeneratori in esame, per tenere in conto anche in questo caso di altri fattori e avvicinarsi al caso "reale", vanno opportunamente ridotti di almeno il 20 % ottenendo così i seguenti valori:

Gittata pala = 157,45 m

Gittata frammento di pala 5 metri = 398,30 m

Si ribadisce che dall'analisi della flotta di aerogeneratori dell'appena citato studio Vestas si può assumere che il fenomeno di rottura degli organi rotanti di un aerogeneratore risulta altamente improbabile per il distacco intero della pala, e che per effetto della fulminazione atmosferica frammenti di pala, solitamente di piccole dimensioni, sono stati ritrovati a non più di 40 – 50 m dalla base dell'aerogeneratore.

Al fine di illustrare le reali possibilità di distacco della pala e la possibilità di arrecare danni a cose e persone si richiamano ulteriori studi in merito alle probabilità di accadimento dei fenomeni di guasti e rotture di vario genere sugli aerogeneratori (DEWI "Independent expertise on expected failure rates of ENERCON wind turbines" maggio del 2007), e i criteri di progettazione adottati anche dalla casa costruttrice Vestas per la realizzazione degli aerogeneratori (IEC 61400-1 Ed.3 – AMD 1).

5 POSSIBILITÀ DI ACCADIMENTO DEI FENOMENI DI GUASTO E ROTTURA

La DEWI ha fornito il documento "Independent expertise on expected failure rates of ENERCON wind turbines" nel maggio del 2007 nel quale sono analizzati i casi di collasso della torre, caduta della navicella e/o del rotore, rottura delle pale e/o di parti delle pale.

Per la determinazione della possibilità di rottura di una pala del rotore o di una parte di esso, è stato analizzato un database dei danni occorsi alle pale relativo a tutti gli aerogeneratori Enercon installati, dati dal 1984. Di seguito si presentano i risultati della perizia.

5.1 CADUTA DELLA TORRE

Si è accertato che, in generale, la caduta della torre è il risultato di una progettazione industriale sbagliata e/o della cattiva manutenzione delle strutture della torre o della fondazione.

La probabilità annuale di accadimento è stata valutata inferiore a 10^{-6} (sul numero totale di eventi stimati).

5.2 CADUTA DELLA NAVICELLA E/O DEL ROTORE

Per quanto riguarda il caso della caduta della navicella e/o del rotore di una pala eolica, il valore atteso di accadimento per turbina e per anno è risultato di $5,8 \times 10^{-5}$. Il 95% del massimo consentito dell'occorrenza di questo scenario è $1,3 \times 10^{-4}$.

Lo studio riporta il risultato di uno studio olandese che attestava il valore atteso per questo evento pari a $2,0 \times 10^{-4}$.

Siccome il valore desunto dalla DEWI deriva dall'analisi di un database di danni occorsi alle pale eoliche che sono state installate anche prima del riconoscimento degli standard di sicurezza descritti al paragrafo 1, i valori attesi sono considerati cautelativi rispetto alle effettive probabilità di guasto.

In conformità con il livello di sicurezza dimostrato dal produttore con la certificazione della turbina alla IEC 61400,

DEWI OCC afferma che la probabilità realistica annua di caduta della navicella e/o del rotore è sicuramente inferiore a $2,0 \times 10^{-4}$.

5.3 CADUTA DELLA NAVICELLA E/O DEL ROTORE

Gli eventi di rottura registrati nel database di Enercon sono classificati in base alle dimensioni dei frammenti. Applicando le regole della statistica (in particolare il processo di Poisson), gli eventi di rottura sono stati correlati al numero totale di pale in funzione per anno. L'analisi porta ad un valore atteso di rottura, per turbina e per anno, di $5,3 \times 10^{-4}$.

Lo studio, inoltre, ha messo in relazione le rotture che possono essere state indotte da uno scorretto posizionamento della turbina rispetto alle condizioni climatiche dei siti di installazione e il numero totale delle rotture; l'analisi chiarisce come la metà delle rotture accorse al parco turbine installate è dipesa da una stima erronea delle condizioni climatiche del sito di installazione (come ad es. la velocità massima del vento).

DEWI OCC, in definitiva, stima un tasso di rottura medio annuo per turbina non superiore a $4,2 \times 10^{-4}$.

5.4 CONCLUSIONI DELLO STUDIO DI DEWI OCC

Le percentuali dei guasti annuali stimate vanno da un valore minore di 10^{-6} per lo scenario della caduta della torre, ad un valore atteso di $2,0 \times 10^{-4}$ per la caduta della navicella e/o del rotore e infine di al valore di $4,2 \times 10^{-4}$ per la rottura delle pale e/o di parti di esse.

Tali valori, per come sono stati ricavati, possono ritenersi oltre che molto bassi anche decisamente cautelativi; infatti, il parco turbine su cui sono state fatte le statistiche comprende anche installazioni molto datate (anche ante 1984). Oggi i metodi di progettazione e costruzione degli aerogeneratori sono decisamente migliorati e rispondono a riconosciuti standard internazionali. **Pertanto, la possibilità di rottura delle pale e/o delle parti delle pale è da ritenersi altamente improbabile.**

Quindi in riferimento anche al capitolo precedente (cap.5) si può assumere che il fenomeno della gittata presenta rischio quasi nullo di accadimento, essendo la progettazione delle turbine eseguita applicando una progettazione strutturale e industriale corretta e prevedendo una giusta manutenzione delle strutture della torre e della fondazione, anche in fase d'esercizio.

6 POSSIBILITÀ DI ACCADIMENTO DEI FENOMENI DI GUASTO E ROTTURA

In un intorno di ampiezza pari a 157,45 m che rappresenta il valore di gittata reale stimato non ricade nessun punto sensibile.

Sulla base dell'esperienza pratica della Vestas su tutta la propria flotta operativa (4.959 unità al giugno 2007) si è dimostrato che in caso di distacco di pala le distanze raggiunte sono normalmente risultate inferiori a quelle stimate con i calcoli semplificati in precedenza riportati.

Lo studio ha analizzato un database riportante i danni accorsi alle pale di tutti gli aerogeneratori installati, inclusi quelli installati prima dell'emissione delle norme della serie IEC 61400 e quindi progettati e costruiti secondo norme sicuramente meno severe e controllate di quelle alle quali sono sottoposti gli aerogeneratori da circa 20 anni a questa parte.

La DEWI OCC per Enercon inoltre ha stimato un tasso di rottura medio annuo per turbina non superiore a $4,2 \times 10^{-4}$. Lo studio evidenzia che la metà delle rotture è dipesa da una stima erronea delle condizioni climatiche del sito di installazione (come ad es. la velocità massima del vento).

s2	$\frac{V_g \sin \vartheta}{g}$	$V_g \cos \vartheta$	$\sqrt{V_g^2 \cos^2 \vartheta + 2(H + R_g \sin(\vartheta))g}$		$R_g \cos \vartheta$
1	0	18,3301	2984,693	54,63234	28,33333
2412	0,162769	18,26042	3030,568	55,0506	28,22563
9877	0,37063	20,63075	3170,81	56,30995	27,90332
3079	0,483367	17,70615	3106,014	55,73162	27,36887
3136	0,638758	17,22577	3135,464	55,99521	26,62634
1563	0,789293	16,61442	3159,561	56,20997	25,68137
5023	0,933826	15,87676	3178,594	56,37902	24,54115
1301	1,07126	15,01839	3192,962	56,5063	23,21434
7173	1,200549	14,04584	3203,161	56,59647	21,71104
0398	1,320711	12,9665	3209,754	56,65469	20,04267
3612	1,430831	11,78857	3213,356	56,68647	18,22192
9447	1,530073	10,52102	3214,603	56,69747	16,26263
5046	1,617682	9,173476	3214,129	56,69328	14,17969
9047	1,692992	7,756188	3212,54	56,67927	11,98895
7376	1,75543	6,27993	3210,395	56,66035	9,707059
7319	1,804522	4,755927	3208,181	56,64081	7,351366
0396	1,839895	3,195765	3206,299	56,62419	4,939781
7727	1,861278	1,611306	3205,044	56,61311	2,49064
E-07	1,868511	0,014597	3204,6	56,60919	0,022563
7451	1,861538	-1,58222	3205,029	56,61297	-2,44569
9852	1,840411	-3,16701	3206,27	56,62393	-4,89534
6524	1,805292	-4,72773	3208,143	56,64047	-7,30778
6353	1,756448	-6,2525	3210,354	56,65998	-9,66465
7827	1,694249	-7,72973	3212,504	56,67896	-11,948
9081	1,61917	-9,14819	3214,108	56,6931	-14,1406
7951	1,53178	-10,4971	3214,608	56,69751	-16,2257
2043	1,432744	-11,7662	3213,398	56,68684	-18,1873
8806	1,322814	-12,9458	3209,845	56,65549	-20,0107
5604	1,202828	-14,0271	3203,311	56,5978	-21,682
9804	1,073697	-15,0016	3193,184	56,50827	-23,1884
4885	0,936403	-15,8622	3178,897	56,3817	-24,5186
0342	0,791989	-16,6021	3159,953	56,21346	-25,6623
2111	0,641554	-17,2158	3135,951	55,99956	-26,6109
2281	0,486241	-17,6986	3106,601	55,73689	-27,3572
6933	0,327231	-18,0468	3071,742	55,4233	-27,8955
2133	0,165734	-18,2579	3031,356	55,05776	-28,2217
9997	0,002976	-18,3301	2985,577	54,64043	-28,3333

Angolo	Gmax	Vertice pala
0	-28,3	28,333
5	-16,3	40,374
10	0,6	57,280
15	8,1	64,795
20	20,1	76,811
25	31,8	88,465
30	42,9	99,600
35	53,4	110,074
40	63,1	119,765
45	71,9	128,573
50	79,8	136,421
55	86,6	143,253
60	92,4	149,038
65	97,1	153,766
70	100,8	157,447
75	103,4	121,771
80	105,1	161,789
85	105,9	162,548
90	105,8	162,446
95	104,9	161,554
100	103,3	159,945
105	101,0	157,692
110	98,2	116,533
115	94,9	151,547
120	91,1	147,791
125	87,0	143,661
130	82,5	139,214
135	77,8	134,497
140	72,9	129,554
145	67,8	124,421
150	62,5	119,128
155	57,0	113,701
160	51,5	108,159
165	45,9	102,520
170	40,1	96,793
175	34,3	90,987
180	28,4	85,108

	$\frac{V_g \sin \vartheta}{g}$	$V_g \cos \vartheta$	$\sqrt{V_g^2 \cos^2 \vartheta + 2(H + R_g \sin(\vartheta))g}$				$R_g \cos \vartheta$
1	0	52,83381	5440,112	73,75711		81,66667	
2412	0,469158	52,63297	5558,509	74,55541		81,35622	
0877	1,068285	59,4651	6462,895	80,39213		80,42722	
3079	1,393234	51,03536	5667,808	75,28485		78,88675	
3136	1,841126	49,65074	5661,649	75,24393		76,74651	
1563	2,27502	47,88864	5618,861	74,95906		74,02277	
5023	2,691617	45,76244	5543,682	74,45591		70,73624	
1301	3,08775	43,28831	5441,213	73,76458		66,91192	
7173	3,460407	40,48507	5317,245	72,91944		62,57887	
0398	3,806755	37,37402	5178,063	71,95876		57,77004	
3612	4,124161	33,97882	5030,238	70,92417		52,52199	
9447	4,410211	30,32529	4880,403	69,85988		46,87463	
5046	4,662731	26,44119	4735,044	68,81165		40,87087	
9047	4,879801	22,35607	4600,281	67,82537		34,55639	
7376	5,05977	18,10098	4481,675	66,94531		27,97917	
7319	5,20127	13,70826	4384,044	66,21211		21,18923	
0396	5,303226	9,211323	4311,309	65,66056		14,23819	
7727	5,364861	4,644353	4266,367	65,31743		7,178904	
E-07	5,385708	0,042073	4251,001	65,1997	0,065033		
7451	5,365608	-4,56053	4265,818	65,31323	-7,04933		
9852	5,304714	-9,12845	4310,232	65,65235	-14,1101		
5524	5,203489	-13,627	4382,482	66,20032	-21,0636		
5353	5,062702	-18,0219	4479,691	66,93049	-27,8569		
7827	4,883424	-22,2798	4597,955	67,80822	-34,4385		
9081	4,667018	-26,3683	4732,47	68,79295	-40,7582		
7951	4,415129	-30,2563	4877,689	69,84046	-46,7681		
2043	4,129672	-33,9143	5027,5	70,90486	-52,4223		
2043	4,129672	-33,9143	5027,5	70,90486	-52,4223		
8806	3,812818	-37,3145	5175,421	71,9404	-57,678		
5604	3,466976	-40,431	5314,82	72,90281	-62,4952		
9804	3,094774	-43,24	5439,123	73,75041	-66,8373		
4885	2,699043	-45,7203	5542,039	74,44487	-70,6712		
0342	2,282791	-47,853	5617,765	74,95175	-73,9677		
2111	1,849184	-49,6219	5661,184	75,24084	-76,7019		
2281	1,401518	-51,0135	5668,045	75,28642	-78,853		
5933	0,943196	-52,0173	5635,108	75,06736	-80,4045		
2133	0,477703	-52,6256	5560,272	74,56723	-81,3448		
9997	0,008578	-52,8337	5442,657	73,77436	-81,6666		

Angolo	Gmax	Vertice pala
0	-81,7	-78,33
5	-21,7	-18,35
10	69,0	72,31
15	97,1	100,44
20	153,2	156,53
25	205,5	208,79
30	252,8	256,18
35	294,5	297,85
40	329,8	333,18
45	358,4	361,77
50	380,1	383,45
55	395,0	398,30
60	403,3	406,60
65	405,5	408,84
70	402,3	405,67
75	394,5	397,83
80	382,8	386,16
85	368,2	371,49
90	351,3	354,64
95	333,0	336,36
100	314,0	317,29
105	294,6	297,96
110	275,5	328,30
115	256,8	260,11
120	238,8	242,09
125	221,5	224,87
130	205,2	208,51
130	205,2	205,18
135	189,7	193,03
140	175,1	178,41
145	161,3	164,59
150	148,2	151,53
155	135,8	139,16
160	124,1	127,41
165	112,9	116,21
170	102,1	105,48
175	91,8	95,16
180	81,8	85,18

	Aerogeneratore SG170 - 6,6 MW
	Gittata intera pala 157,45 metri
	Gittata frammento 398,30 metri

Foglio 92



AS01

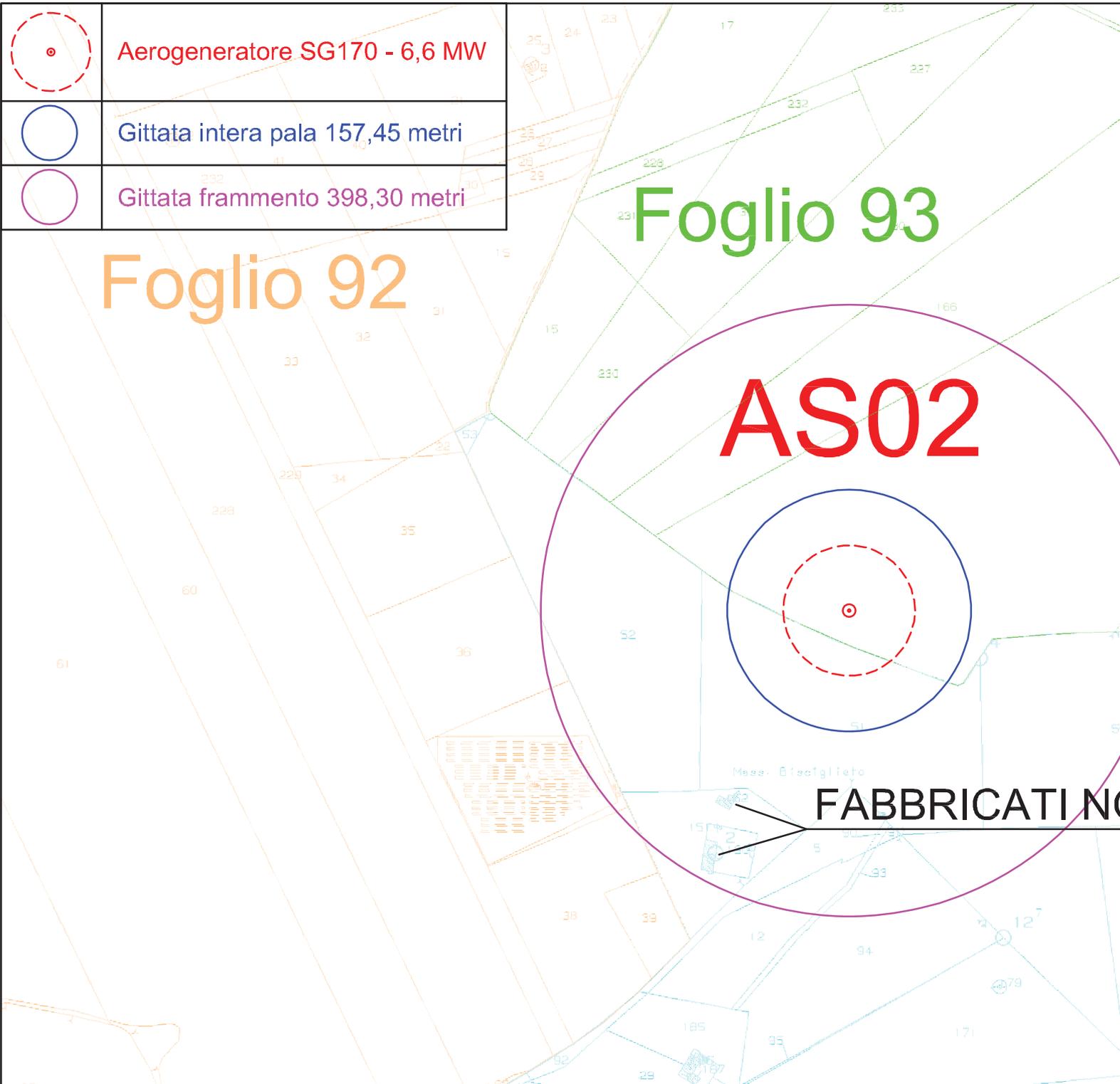
	Aerogeneratore SG170 - 6,6 MW
	Gittata intera pala 157,45 metri
	Gittata frammento 398,30 metri

Foglio 93

Foglio 92

AS02

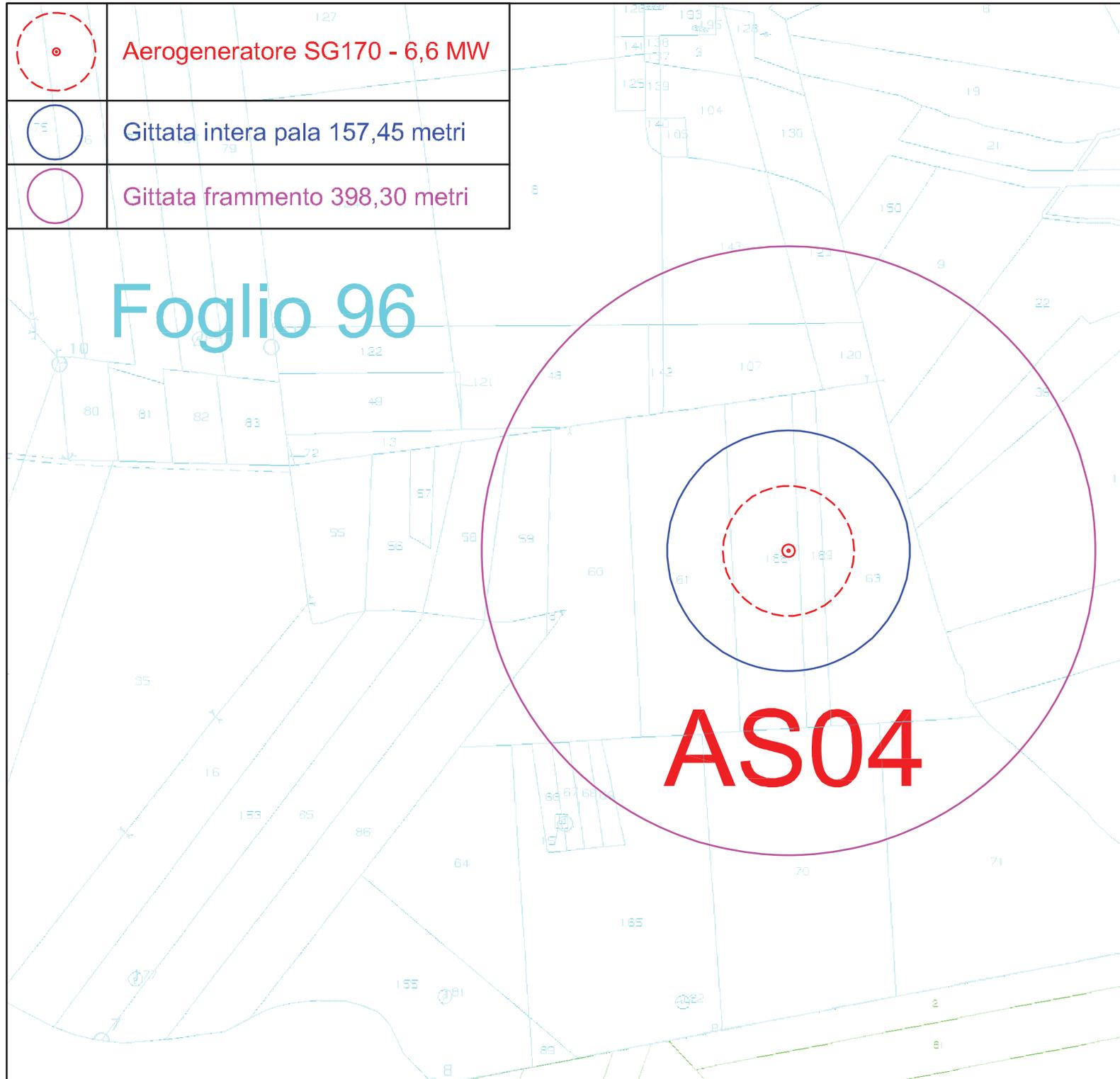
FABBRICATI NO



	Aerogeneratore SG170 - 6,6 MW
	Gittata intera pala 157,45 metri
	Gittata frammento 398,30 metri

Foglio 96

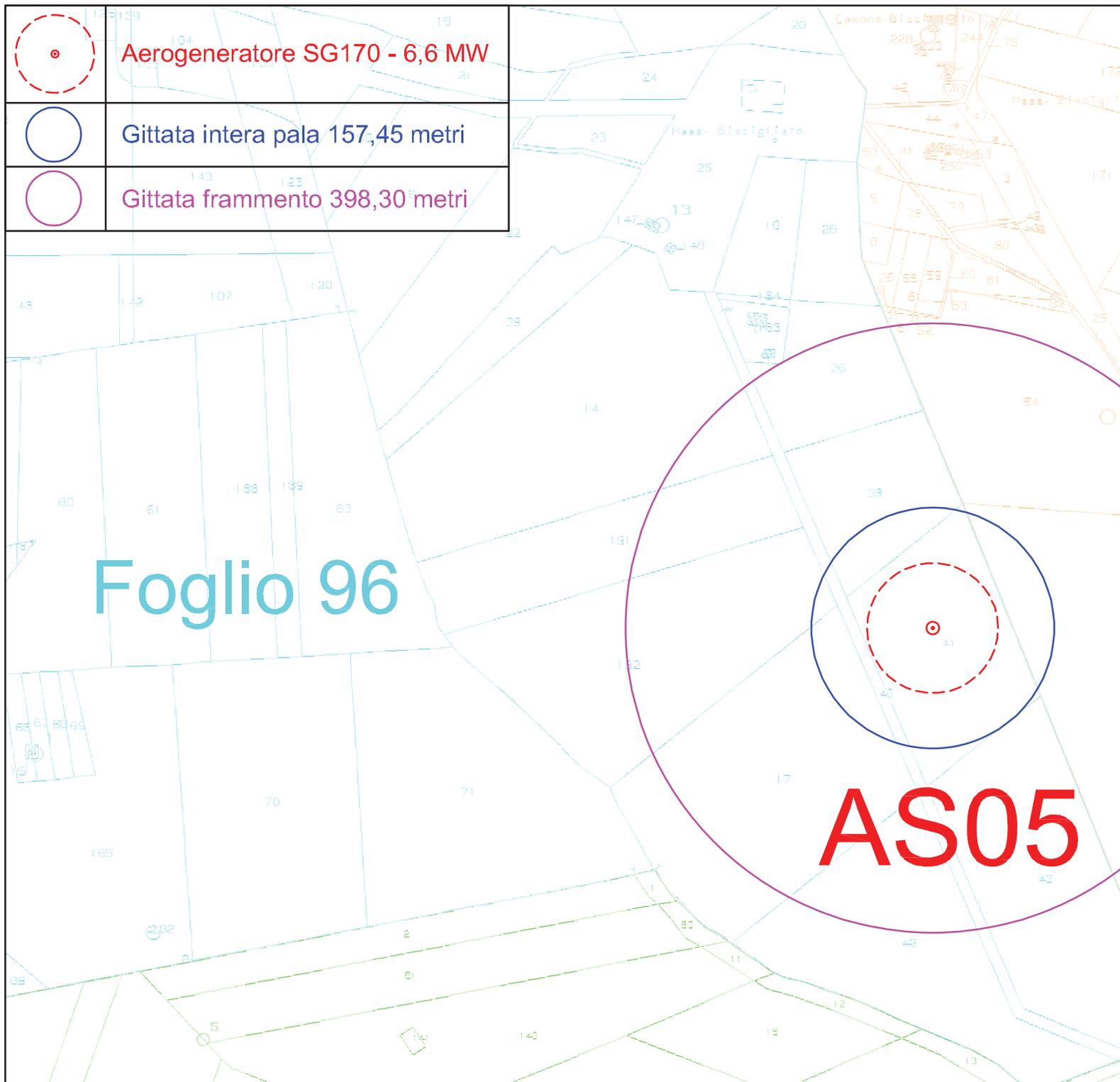
AS04



	Aerogeneratore SG170 - 6,6 MW
	Gittata intera pala 157,45 metri
	Gittata frammento 398,30 metri

Foglio 96

AS05



e di: FOGGIA Territorio

2021

ANO Codice: A463

ionali

Sub	Indirizzo	Zona cens	Categoria	Classe	Consistenza	Rendita	Partita	Altri Dati 
	LOCALITA' BISCIGLIETO Piano T	002	C06	01	193 m ²	R.Euro:418,64		
	LOCALITA' BISCIGLIETO Piano T	002	C02	03	76 m ²	R.Euro:141,30		

Indirizzo	Zona cens	Categoria	Classe	Consistenza	Rendita	Partita	Altri Dati
						Soppressa	
LOCALITA' BISCIGLIETO n. SN Piano T		F02			R.Euro:		
LOCALITA' BISCIGLIETO n. SN Piano T	002	C02	06	39 m ²	R.Euro:114,81		
LOCALITA' BISCIGLIETO n. SN Piano T	002	A03	02	2,5 vani	R.Euro:174,30		
LOCALITA' BISCIGLIETO n. SN Piano T	002	C02	06	64 m ²	R.Euro:188,40		
LOCALITA' BISCIGLIETO n. SN Piano T	002	C02	05	125 m ²	R.Euro:316,33		
LOCALITA' BISCIGLIETO n. SN Piano T		F02			R.Euro:		
LOCALITA' BISCIGLIETO n. SN Piano T		F02			R.Euro:		
LOCALITA' BISCIGLIETO n. SN Piano T		F02			R.Euro:		
LOCALITA' BISCIGLIETO n. SN Piano T		F02			R.Euro:		
LOCALITA' BISCIGLIETO n. SN Piano 1		F02			R.Euro:		
LOCALITA' BISCIGLIETO n. SN Piano 1		F02			R.Euro:		
LOCALITA' BISCIGLIETO n. SN Piano 1		F02			R.Euro:		
LOCALITA' BISCIGLIETO n. SN Piano T	002	C02	05	26 m ²	R.Euro:65,80		
LOCALITA' BISCIGLIETO n. SN Piano T		F02			R.Euro:		
LOCALITA' BISCIGLIETO n. SN Piano T					R.Euro:	Bene comune non censibile	
LOCALITA' BISCIGLIETO n. SN Piano T-1					R.Euro:	Bene comune non censibile	