

Comune di : ACERENZA

Provincia di : POTENZA

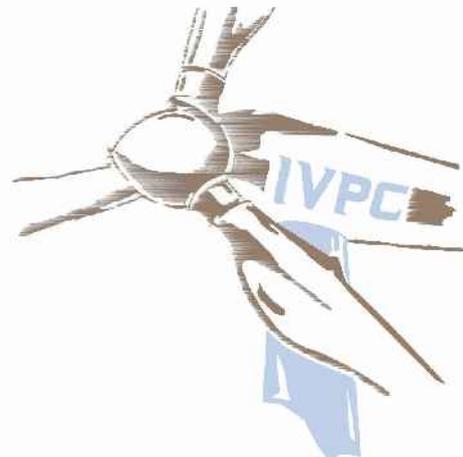
Regione : BASILICATA



PROponente



IVPC Power 8 S.p.A.
Società Unipersonale
Sede legale : 80121 Napoli (NA) - Vico Santa Maria a Cappella Vecchia 11
Sede Operativa : 83100 Avellino - Via Circumvallazione 108
Indirizzo email ivpcpower8@pec.ivpc.com
P.I. 02523350649
Amministratore Unico : Avv. Oreste Vigorito
Società del Gruppo IVPC



OPERA

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE
DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA DI POTENZA PARI A 36 MW
PROGETTO DEFINITIVO

RISCONTRO RICHIESTA INTEGRAZIONI DVA-D2-11-3346_2019-0102 del 08/04/2019

OGGETTO

TITOLO ELABORATO :

*Riscontro richiesta integrazioni di cui al punto 5
Gittata massima degli elementi rotanti in caso di incidente*

DATA : SETTEMBRE 2019

N°/CODICE ELABORATO :

5

SCALA :

Folder : Elaborati di Progetto

Tipologia : R (relazione)

Lingua : ITALIANO

ITECNICI

Ing. Alfonso Letizia



IVPC EOLICA S.r.l.
Società Unipersonale
Sede legale : 80121 Napoli (NA) -
Vico Santa Maria a Cappella Vecchia 11
Sede Operativa : 83100 Avellino -
Via Circumvallazione 108
GRUPPO IVPC



N° REVISIONE	DATA	OGGETTO DELLA REVISIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE
	SETT. 2019	Integrazioni al S.I.A. - Richiesta V.I.A. e A.U.	Syntastudio	Syntastudio	IVPC Power 8

Indice

1	PREMESSA	3
2	SPECIFICHE TECNICHE	3
3	DISTACCO DI UNA DELLE PALE DAL ROTORE	3
4	ROTTURA DELL'ESTREMITÀ DI UNA PALA	5
5	CALCOLO DELLA GITTATA	5
6	RECETTORI	8
7	CONCLUSIONI	18
8	RIFERIMENTI	18

Informazioni documento

Categoria documento	Relazione Tecnica
Progetto	Centrale eolica di Acerenza (PZ)
Titolo documento	Gittata massima degli elementi rotanti in caso di incidente
Numero di pagine	18
Data Registrazione	1/8/2019
Indice Revisione	Rev. 1

1 PREMESSA

La Società IVPC Power8 SpA intende realizzare un Parco Eolico nel Comune di Acerenza (PZ). La presente relazione si pone come obiettivo lo studio della gittata massima, in caso di rottura accidentale, degli elementi rotanti della turbina Vestas V120-2.0MW, corrispondente al modello di aerogeneratore previsto per l'installazione sull'area di progetto.

2 SPECIFICHE TECNICHE

L'aerogeneratore Vestas V120-2.0MW è dotato di un duplice sistema di regolazione proprietario (OptiSpeed e OptiTip) che, agendo abbinatamente sulla velocità di rotazione e sul passo delle pale, consente di operare sempre ai valori ottimali per le condizioni correnti del vento. Il diametro del rotore, il cui asse di rotazione si trova a 92 metri dal suolo, è pari a 120 metri.

La velocità del vento per cui si raggiunge la produzione nominale è 10 m/s con una velocità massima di rotazione di 14,9 rotazioni per minuto. La velocità massima del vento oltre la quale il rotore si ferma (velocità di cut-out) è 20 m/s.

Descrizione generale	
Modello	Vestas V120-2.0MW
Orientamento	Sopravvento
Controllo dell'imbardata	Attivo
Velocità del vento nominale	10,0 m/s
Velocità del vento di cut-out	20,0 m/s
Rotore	
Numero di pale	3
Diametro	120,0 m
Lunghezza della pala	59,0 m
Torre	
Altezza	92,0 m
Performance	
Potenza elettrica nominale	2,0 MW
Velocità massima del rotore	14,9 RPM

Tabella 1: Estratto delle specifiche tecniche Vestas V120-2.0MW

3 DISTACCO DI UNA DELLE PALE DAL ROTORE

Questo tipo di incidente, che comporta il distacco di una pala completa dal rotore dell'aerogeneratore, può essere determinato dalla rottura della giunzione bullonata fra la pala e il mozzo.

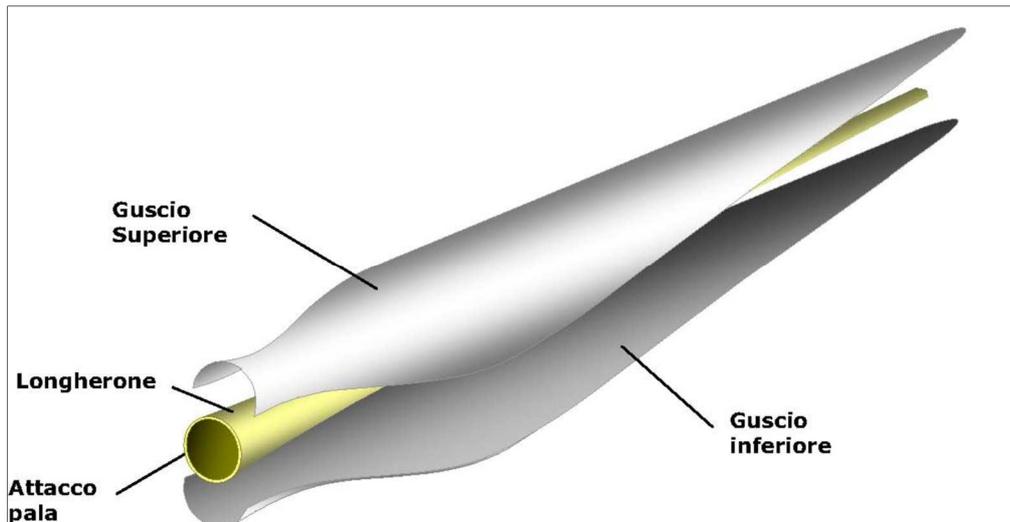


Figura 1: Schema strutturale di una pala eolica

Le pale sono costituite da una parte strutturale (longherone) posizionata all'interno della pala e da una parte esterna (guscio) che ha sostanzialmente compiti di forma. Le tre parti, il longherone e i due gusci, sono uniti fra loro mediante incollaggio e, alla fine del processo produttivo, costituiscono un corpo unico.

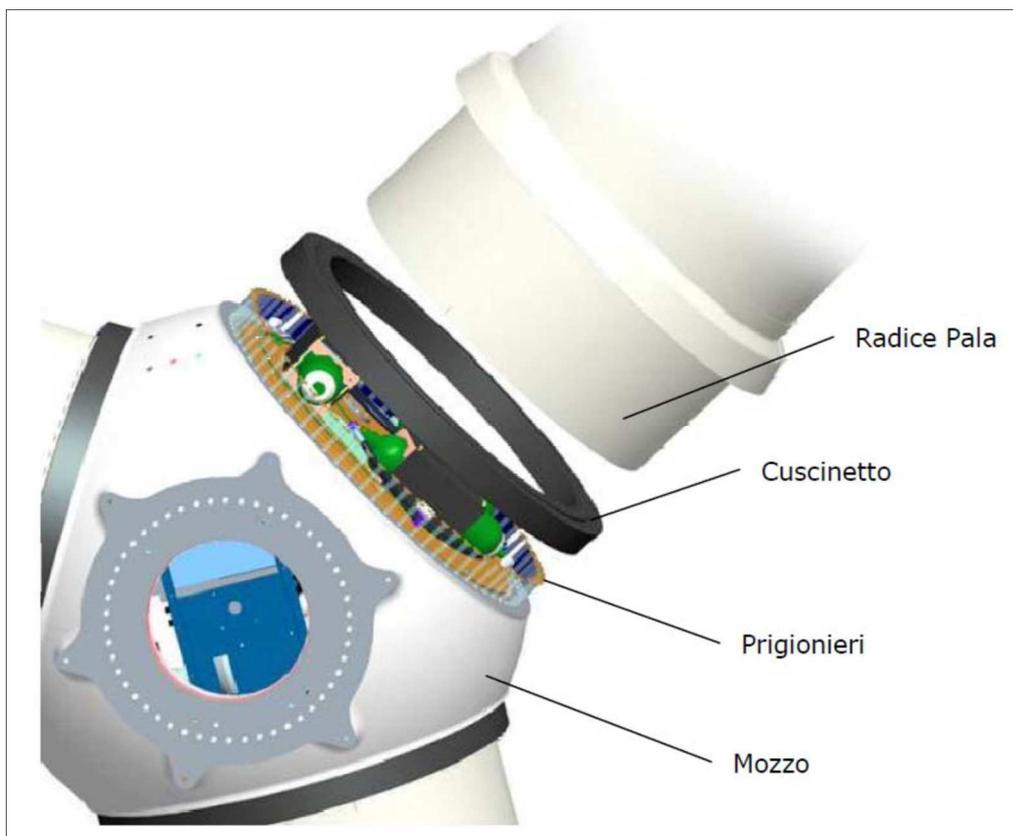


Figura 2: Schema strutturale di una pala eolica

Il longherone è dotato di attacchi filettati che consentono di collegarlo al mozzo con bulloni (prigionieri) serrati opportunamente durante l'installazione della turbina. Il precarico conferito ai prigionieri durante il serraggio ha un'influenza determinante sulla resistenza dei

prigionieri stessi ai carichi di fatica e, per questo motivo, è previsto un controllo di tale serraggio durante le operazioni di manutenzione programmata della turbina.

4 ROTTURA DELL'ESTREMITÀ DI UNA PALA

La rottura dell'estremità della pala si manifesta quasi sempre in concomitanza di fulminazioni di natura atmosferica. Tutte le pale prodotte dalla Vestas sono dotate di un sistema di drenaggio della corrente di fulmine costituito da recettori metallici posti all'estremità di pala e lungo l'apertura della pala, da un cavo che collega i recettori alla radice pala e da un sistema di messa a terra. In questo modo si riesce a drenare una buona parte delle correnti indotte dalle fulminazioni atmosferiche senza danni alle pale.

In qualche caso, in cui la corrente di un fulmine ecceda i limiti progettuali (fissati dalle norme internazionali) si può manifestare un danneggiamento all'estremità di pala che si apre per la separazione dei due gusci, ma che, normalmente, non si distacca dal corpo della pala. Eventuali residui o frammenti di guscio dovuti ad un evento ceramico hanno dimensioni e pesi così esigui da non permettere valutazioni circa eventuali traiettorie e gittate. Queste sono comunque determinate quasi esclusivamente dal trasporto degli stessi ad opera del vento.

Dalle note operative espone si può concludere che ha senso effettuare un calcolo di gittata della pala intera in quanto esiste un punto di discontinuità, ossia l'attacco bullonato che unisce la pala al mozzo, ed esiste un'ipotesi, seppur remota, sulla possibilità di cedimento di tale attacco. È da escludere invece, considerate le caratteristiche meccaniche della pala, l'effetto di distacco di una porzione della stessa, in quanto si tratta di una struttura monolitica con la trave di sostegno che rimane vincolata al mozzo attraverso un collegamento bullonato.

5 CALCOLO DELLA GITTATA

Qualora dovesse verificarsi il distacco della pala dal rotore, il moto della stessa può essere scomposto in un moto traslatorio del centro di massa e da un moto rotatorio intorno al centro stesso.

La determinazione delle forze agenti sulla pala al momento della rottura è estremamente complesso in quanto, oltre al moto rotatorio, sono da considerarsi anche le tensioni interne determinate dalla flessione della pala, la forza del vento non perfettamente ortogonale al piano del rotore e le sollecitazioni indotte dalla rotazione della navicella (yawing). Inoltre durante la fase di volo sarebbero da considerarsi anche i fenomeni resistivi dati dalla densità dell'aria e dalla portanza del profilo alare.

Per semplificare il problema rimanendo nelle condizioni conservative vengono fatte le seguenti ipotesi:

- moto irrotazionale: la pala non ruota intorno al proprio baricentro;
- forze resistenti nulle;
- forze inerziali: si considera solamente la forza di gravità.

Fatte tali ipotesi, la traiettoria dalla pala è una parabola dipendente dalle seguenti variabili:

- velocità di lancio (V): espressa come costante dalle caratteristiche dell'aerogeneratore;
- Angolo sotteso dalla pala con il piano (α);

- Altezza di lancio (h): funzione dell'altezza della torre e dell'angolo α .

La gittata massima sarà quindi calcolata in funzione dell'angolo α che ne massimizza l'effetto.

Tutte le considerazioni sono state svolte considerando una velocità di rotazione del rotore pari a 15,6 rpm, includendo un aumento della velocità nominale di rotazione pari al 5% per tener conto dei fenomeni transitori al momento del distacco.

Possiamo ritenere con buona approssimazione che il baricentro della pala (R), date le caratteristiche geometriche della pala e considerata la distribuzione dei pesi lungo il profilo della stessa, sia posizionato a circa un terzo della lunghezza della pala stessa, corrispondente a 20,7 m dal centro di rotazione.

La posizione e la velocità iniziale sono determinati dall'angolo α e dalla velocità tangenziale V al momento del distacco. Essi sono legati alla posizione ed alla velocità iniziale dalle seguenti relazioni:

$$x_0 = -R \cos(\alpha)$$

$$y_0 = H + R \sin(\alpha)$$

$$\omega = V * \left(\frac{2\pi}{60}\right) = 1,64 \text{ rad/s}$$

$$V = R\omega = 23,2 * 1,32 = 33,86 \text{ m/s}$$

$$v_x = V \sin(\alpha)$$

$$v_y = V \cos(\alpha)$$

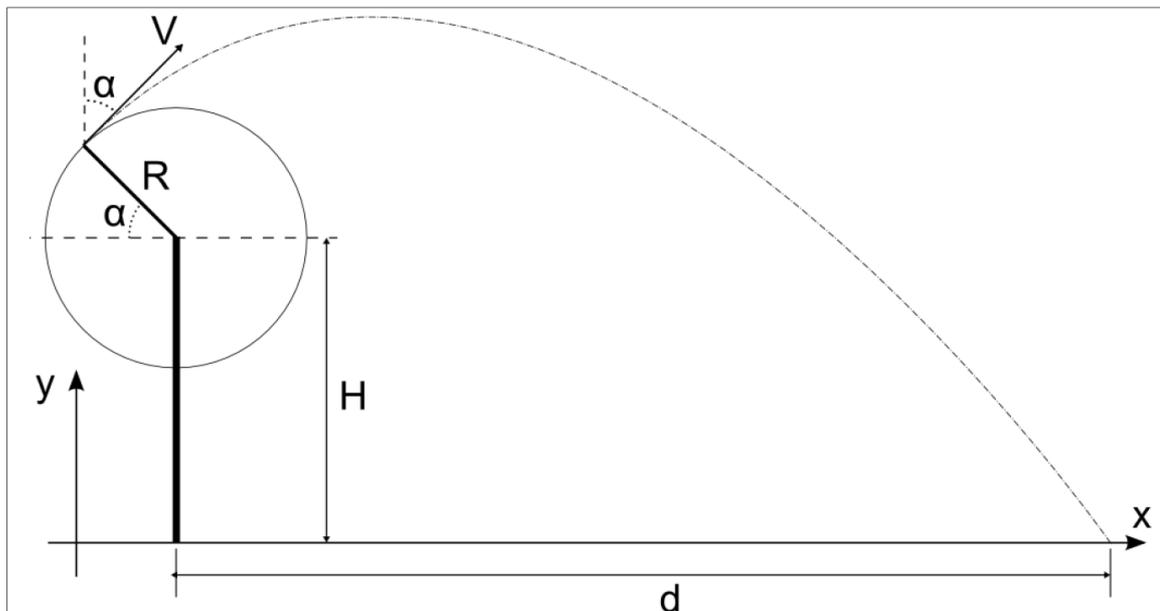


Figura 3: Traiettoria della pala in caduta

Considerando la legge del moto nel piano si ha:

$$\begin{aligned}x(t) &= x_0 + v_x t \\y(t) &= y_0 + v_y t - \frac{1}{2} g t^2 \\t &= \frac{v_y}{g} + \frac{1}{g} \sqrt{v_y^2 + 2y_0 g}\end{aligned}$$

È quindi possibile determinare la distanza di caduta (d) in funzione dell'angolo α :

$$d = \frac{V \sin(\alpha)}{g} \left[V \cos(\alpha) + \sqrt{V^2 \cos^2(\alpha) + 2(H + R \sin(\alpha))g} \right] - R \cos(\alpha)$$

Di seguito si riporta il grafico della gittata in funzione dell'angolo α e della distanza d.

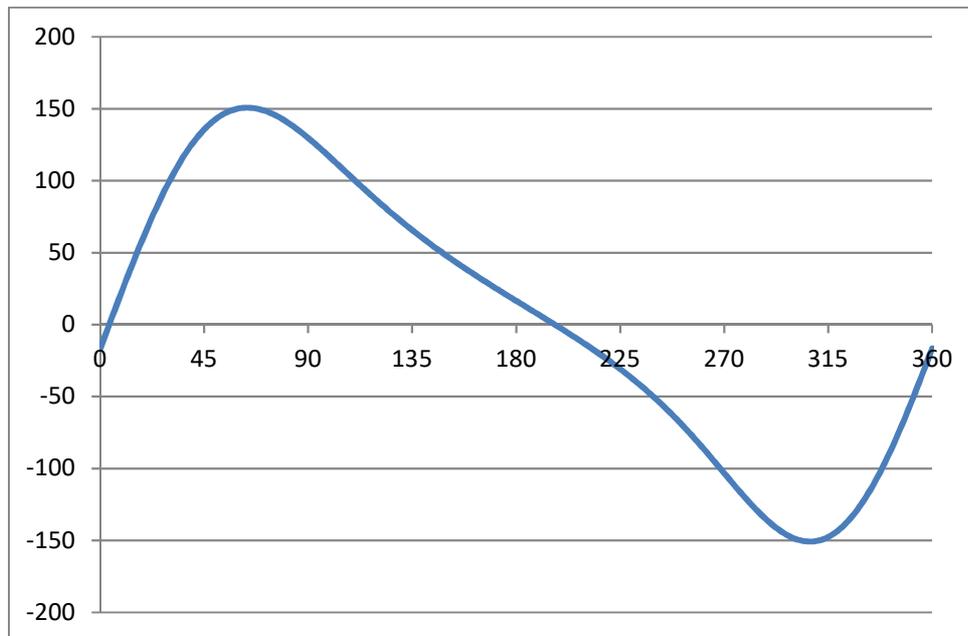


Figura 4: Grafico della gittata in funzione dell'angolo di distacco

Ipotizzando che il distacco avvenga, come detto, nelle condizioni più gravose, quindi per $\alpha=64^\circ$, si determina una gittata massima teorica pari a 188,5 m con un tempo di volo (t) pari a 6,5 secondi.

Lo studio, come specificato in precedenza, è stato effettuato senza tener conto degli effetti mitigativi quali attrito dell'aria, portanza, moto rotazionale della pala stessa. Da letteratura e dalle considerazioni sopra elencate è verosimile ritenere, con buona approssimazione, che nel caso reale i risultati siano minori di circa il 20% rispetto a quelli teorici ottenuti.

Nel caso reale i risultati possono quindi essere riassunti in:

- Tempo di volo: 5,7 s.
- Distanza nel piano: 150,8 m

6 RECETTORI

Di seguito sono riportati, per ogni turbina costituente la centrale eolica in progetto, i recettori (strade provinciali, strade comunali ed edifici registrati al catasto fabbricati) più vicini.

Turbina	Distanza minima [m]	Recettore	Distanza maggiore dalla gittata
Acr01	253	Strada Provinciale 10	SI
Acr01	201	Strada Comunale dell'incoronatella	SI
Acr02	208	Strada Provinciale 10	SI
Acr02	231	Strada Comunale dell'incoronatella	SI
Acr03	210	Strada Provinciale 10	SI
Acr04	93	Fabbricato Cat. D/1 (F.3 P.809)	NO
Acr04	244	S.P. 10	SI
Acr05	241	Fabbricato Cat. C/2 (F.4 P.109)	SI
Acr05	257	Strada Provinciale 6	SI
Acr05	204	Strada Provinciale 10	SI
Acr09	200	Strada Comunale del Finocchiaro	SI
Acr13	212	Strada Comunale San Procopio	SI
Acr14	201	Strada Comunale Acerenza-Genzano	SI
Acr15	233	Strada Comunale Acerenza-Genzano	SI
Acr15	248	Fabbricato Cat. F/2 (F.5 P.122)	SI
Acr16	126	Fabbricato Cat. F/2 (F.15 P.115)	NO
Acr16	200	Strada Provinciale 122	SI
Acr17	326	Strada Comunale del Finocchiaro	SI
Acr17	358	Fabbricato Cat. D/10 (F.32 P.151)	SI
Acr18	213	Strada Comunale del Finocchiaro	SI

Tabella 2: Recettori nei pressi delle turbine

Di seguito sono riportati gli estratti planimetrici delle singole turbine con evidenza delle distanze dai recettori già riportati in tabella 1 e della distanza massima di gittata degli elementi rotanti (cerchio rosso)

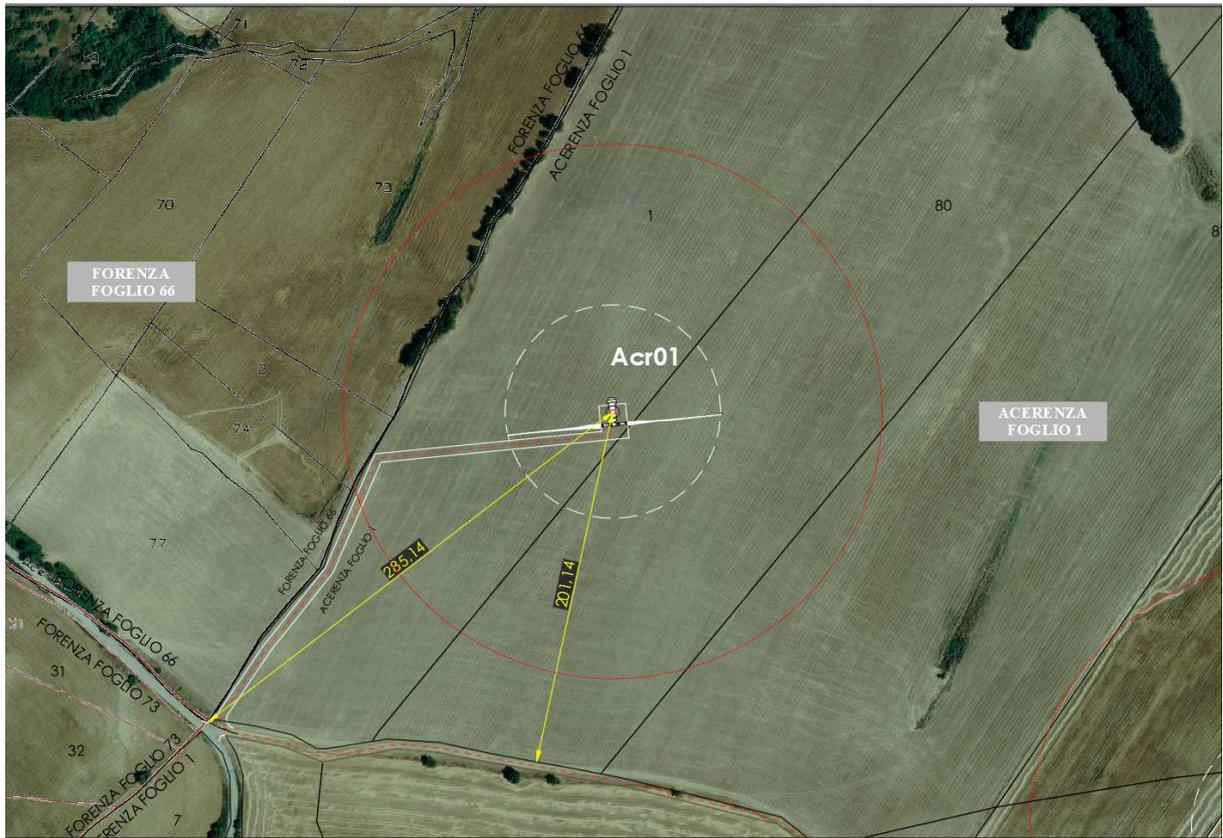


Figura 5: Estratto planimetrico turbina Acr01 (scala 1:4000)



Figura 6: Estratto planimetrico turbina Acr02 (scala 1:4000)



Figura 7: Estratto planimetrico turbina Acr03 (scala 1:4000)

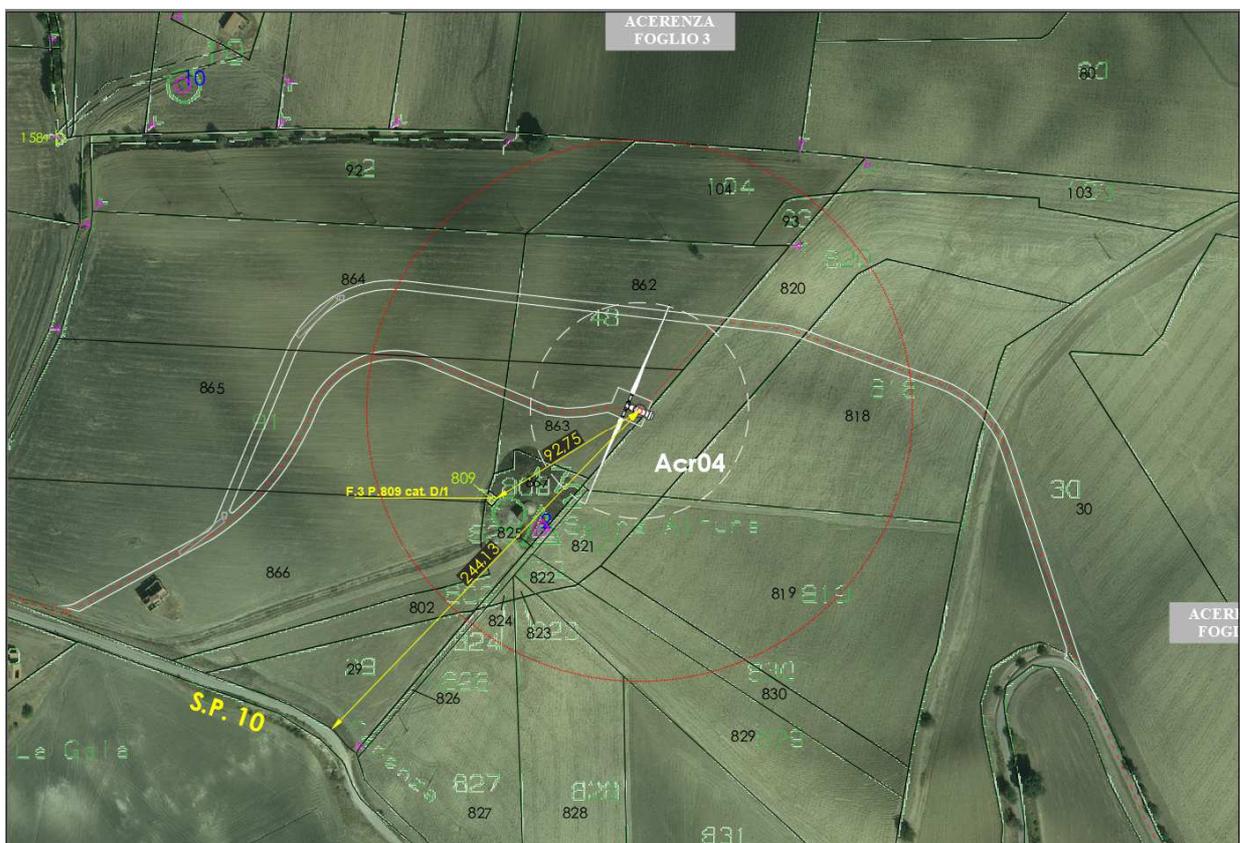


Figura 8: Estratto planimetrico turbina Acr04 (scala 1:4000)



Figura 11: Estratto planimetrico turbina Acr07 (scala 1:4000)

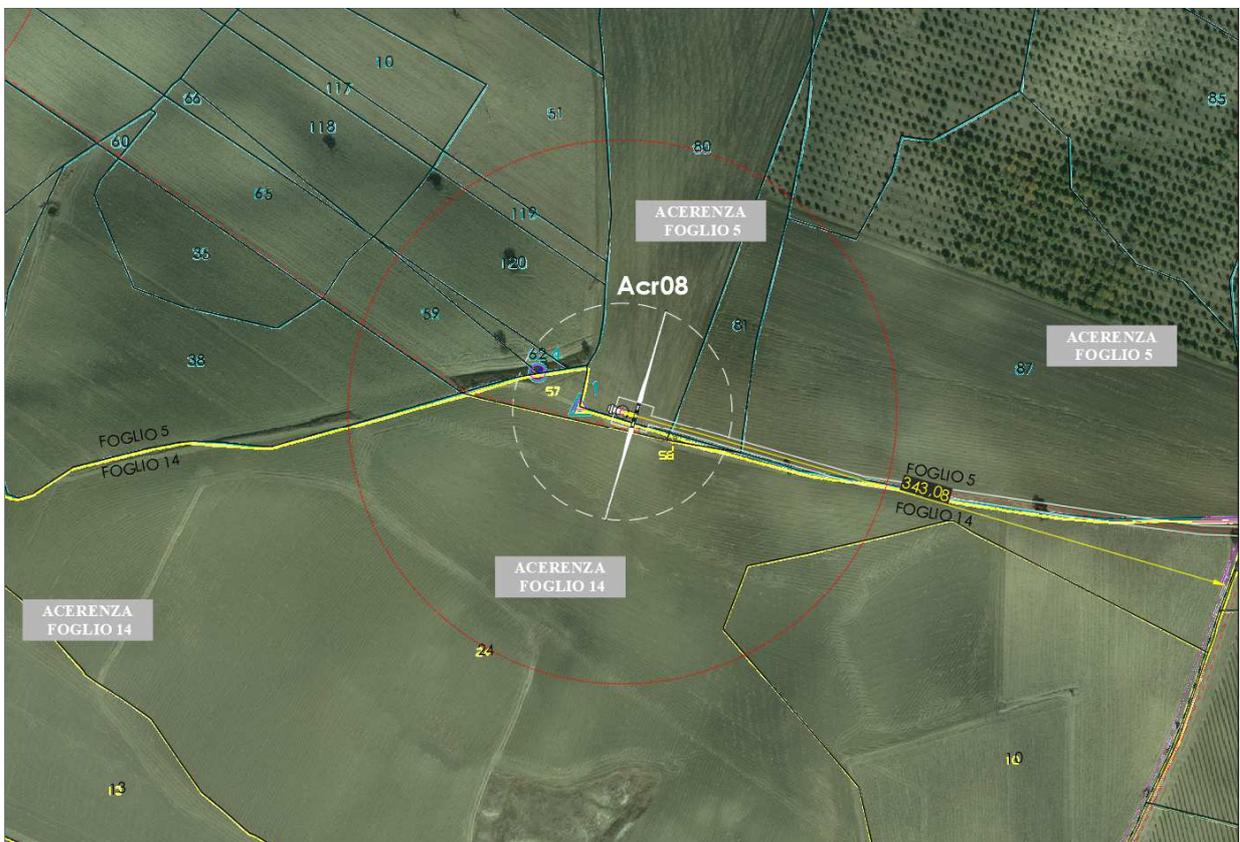


Figura 12: Estratto planimetrico turbina Acr08 (scala 1:4000)

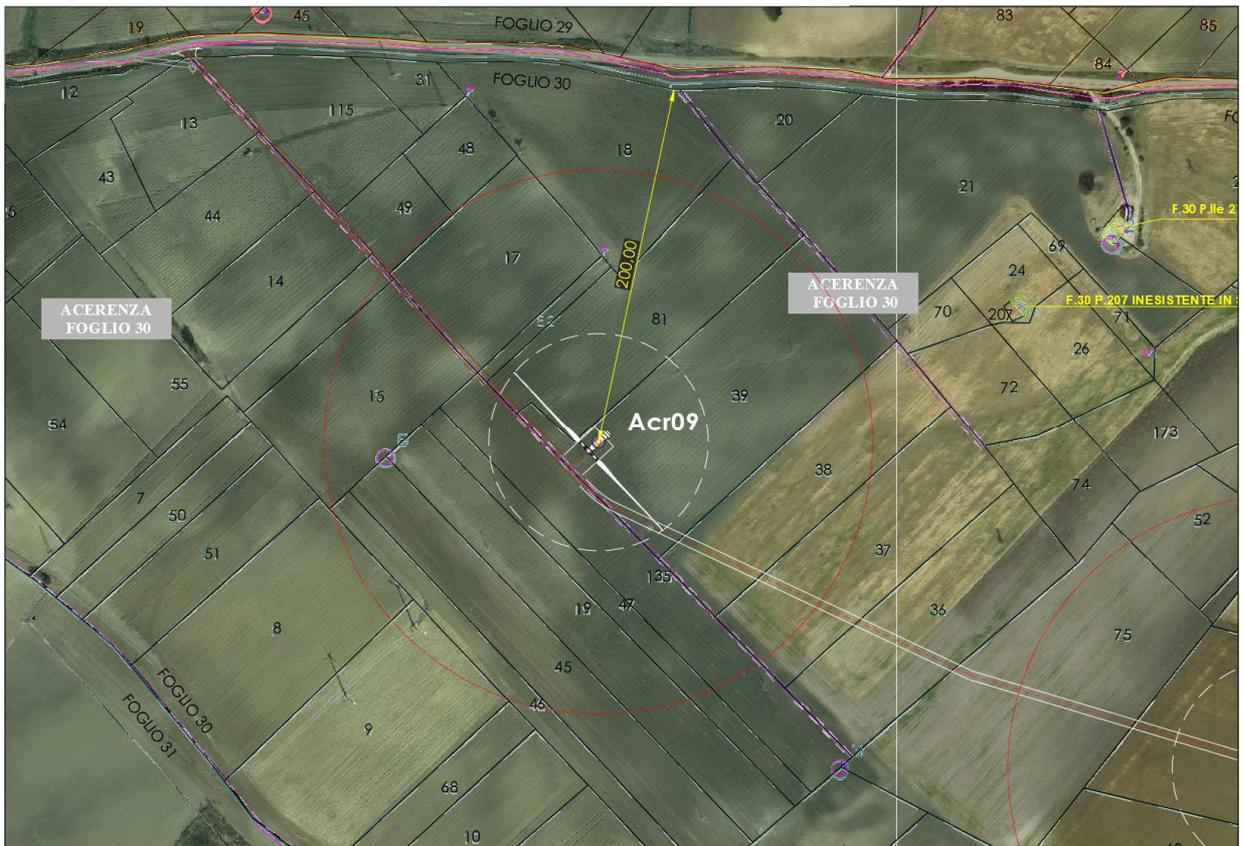


Figura 13: Estratto planimetrico turbina Acr09 (scala 1:4000)



Figura 14: Estratto planimetrico turbina Acr10 (scala 1:4000)

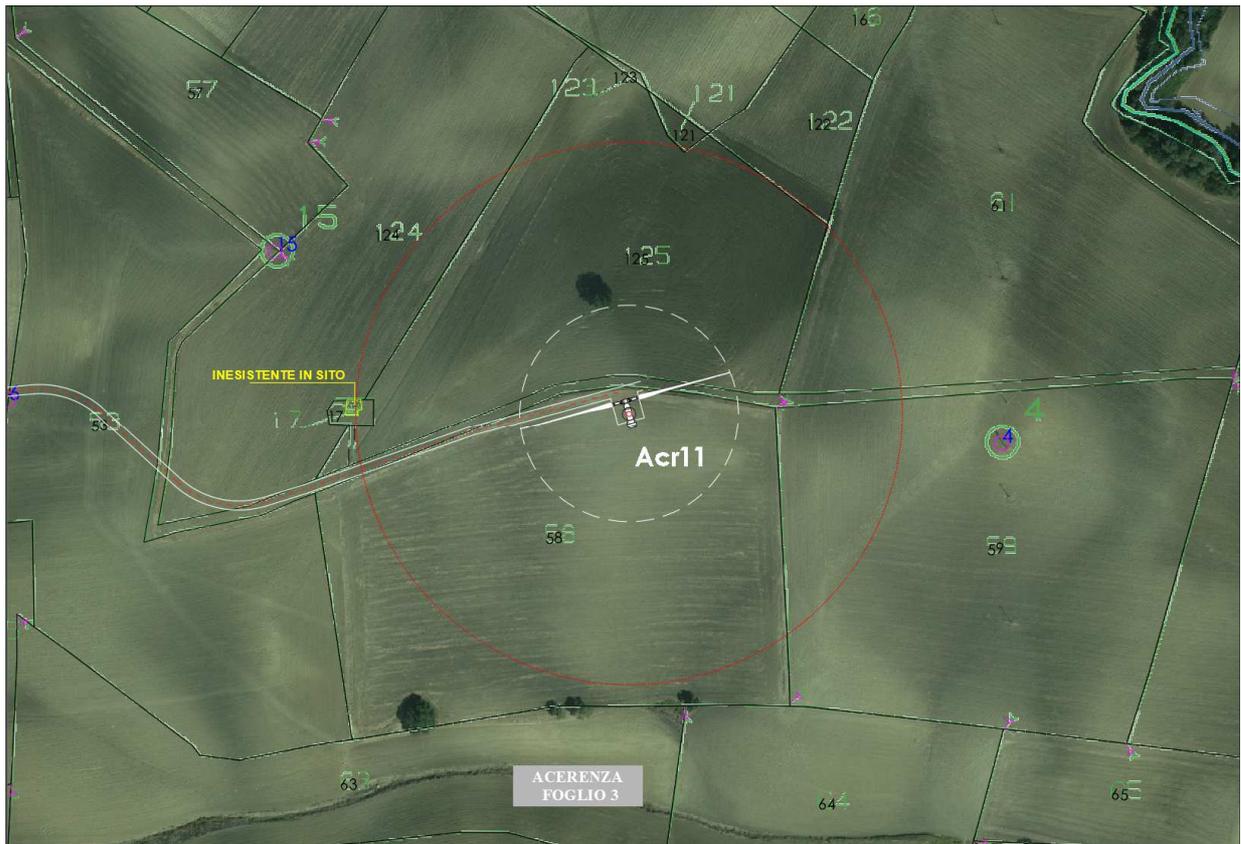


Figura 15: Estratto planimetrico turbina Acr11 (scala 1:4000)

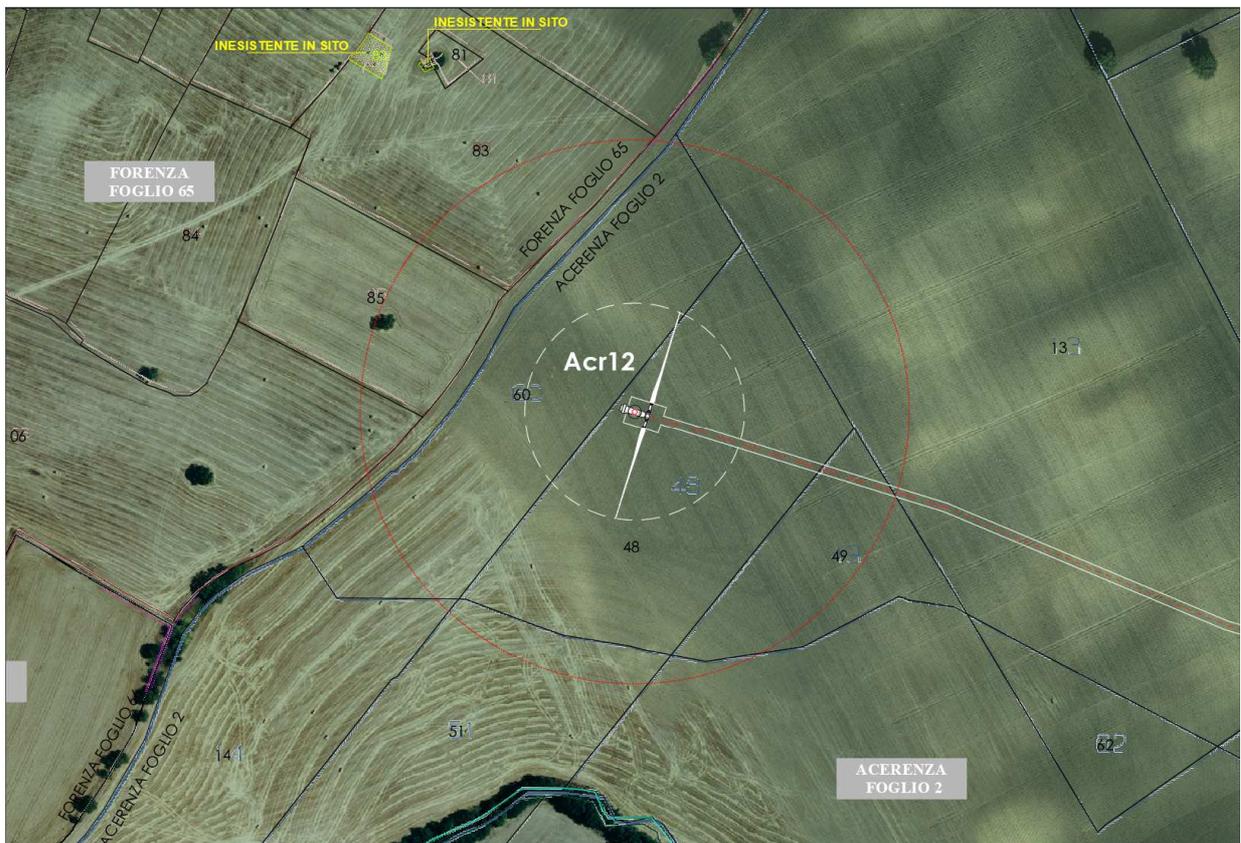


Figura 16: Estratto planimetrico turbina Acr12 (scala 1:4000)



Figura 17: Estratto planimetrico turbina Acr13 (scala 1:4000)

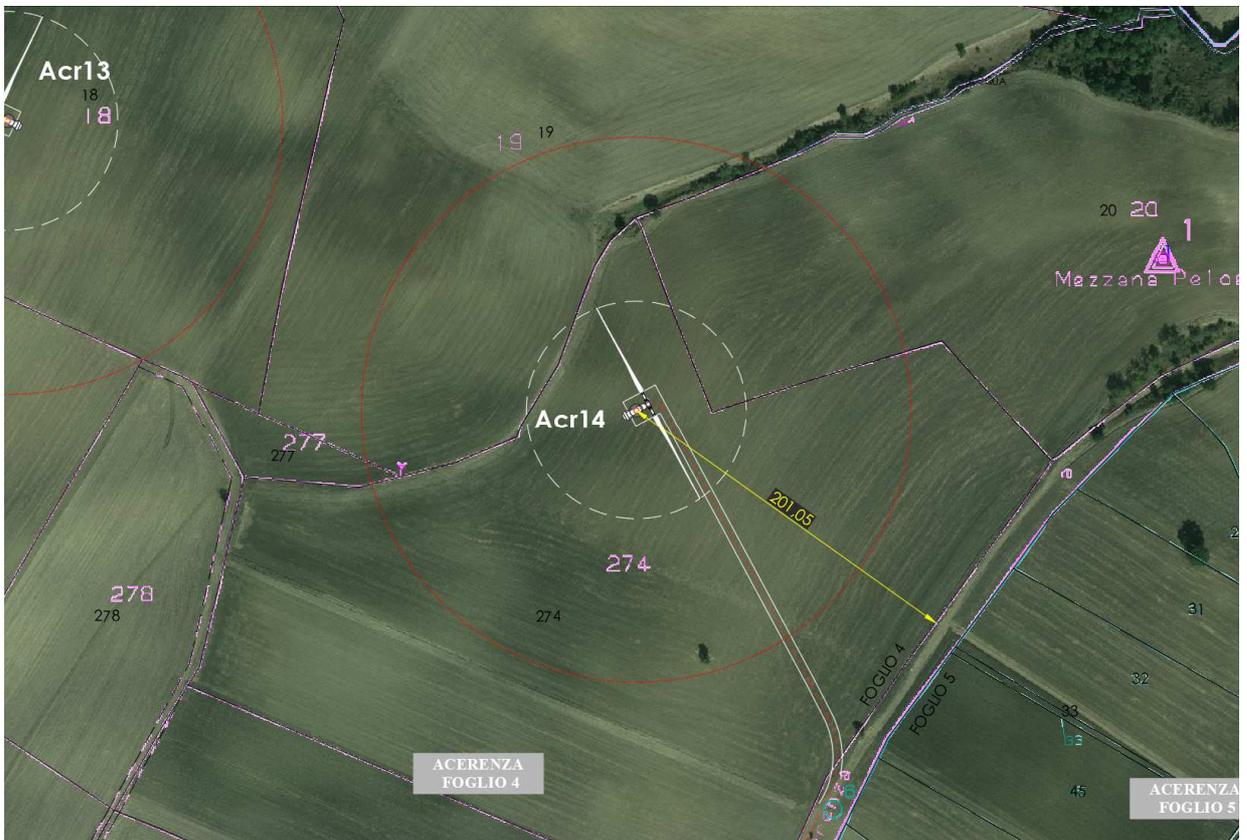


Figura 18: Estratto planimetrico turbina Acr14 (scala 1:4000)



Figura 19: Estratto planimetrico turbina Acr15 (scala 1:4000)

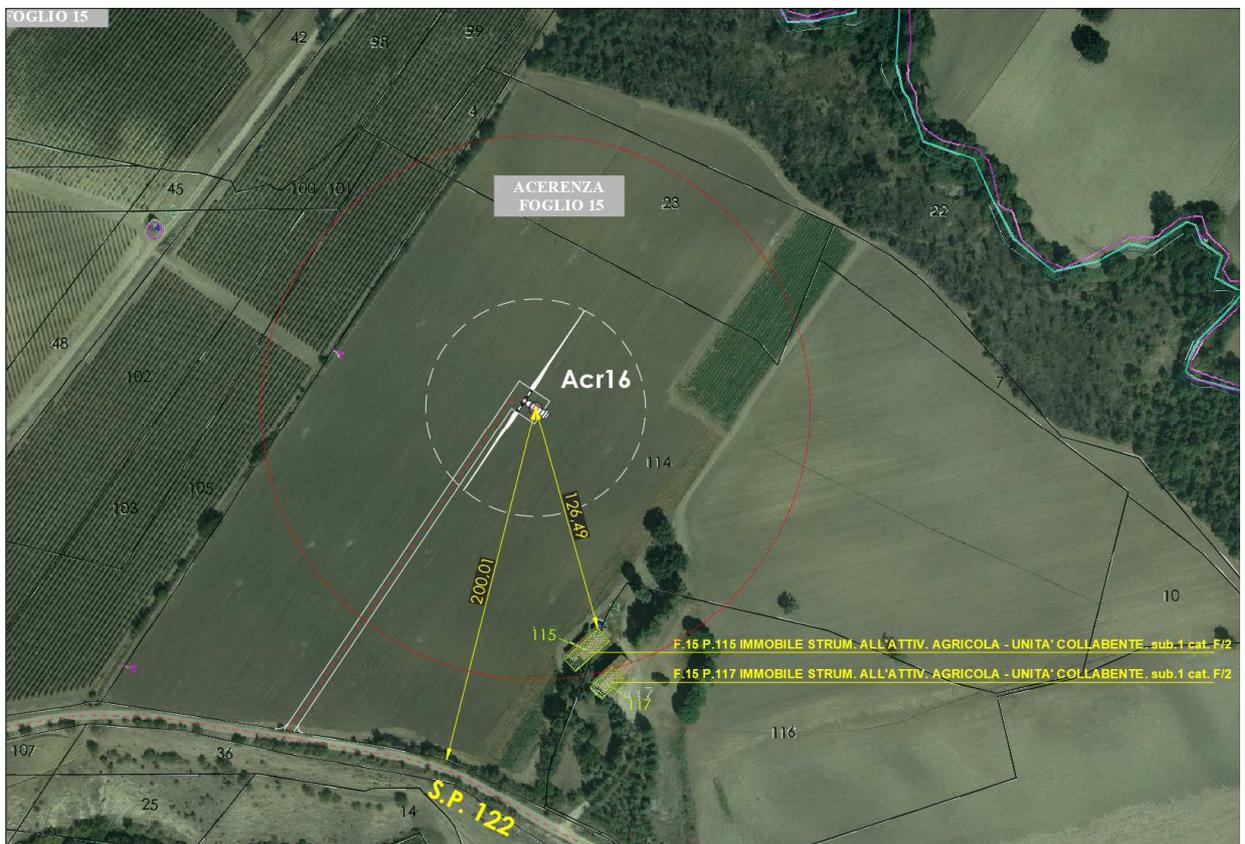


Figura 20: Estratto planimetrico turbina Acr16 (scala 1:4000)

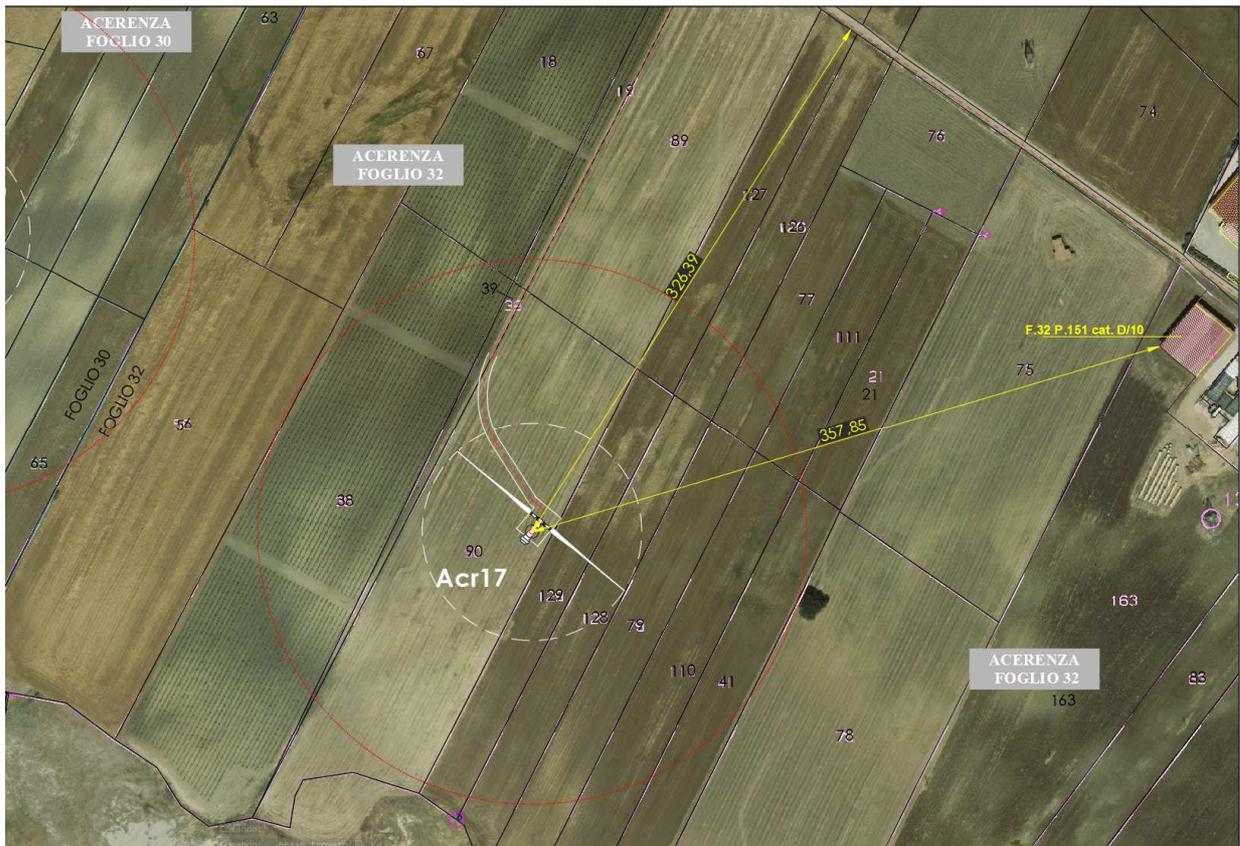


Figura 21: Estratto planimetrico turbina Acr17 (scala 1:4000)



Figura 22: Estratto planimetrico turbina Acr18 (scala 1:4000)

7 CONCLUSIONI

A seguito delle ipotesi e dei calcoli effettuati nei paragrafi precedenti, si può concludere che, per l'aerogeneratore Vestas V120-2.0MW di altezza mozzo pari a 92 m, nelle condizioni reali, alla velocità massima di rotazione di 14,9 rpm, la distanza massima del punto d'impatto del baricentro di una pala distaccatasi dal rotore è, con buona approssimazione, circa 150 m.

8 RIFERIMENTI

“Calcolo della traiettoria di una pala eolica in condizioni nominali di funzionamento”, Rev.9 – 08/11/2012, Vestas Italia.