

Parco Eolico "San Leone"

Comune di Crotone, Cutro, Scandale (KR)

Proponente



Renantis Italia Srl
 Corso Italia 3, 20122 Milano
 P.IVA/CF: 10500140966
www.renantis.com



ANALISI DEGLI EFFETTI DELLA ROTTURA DEGLI ORGANI ROTANTI

Progettista



Tiemes Srl
 Via Riccardo Galli, 9 – 20148 Milano
 tel. 024983104/ fax. 0249631510
www.tiemes.it

0	21/03/23	Prima emissione	AH	VDA		
Rev.	Data emiss	Descrizione	Preparato	Approvato		
Origine File: 22048 SCN.PD.R.09-00		CODICE ELABORATO				
		Commessa	Proc.	Tipo doc	Num	Rev
		22048	SCN	PD	R	09
Proprietà e diritti del presente documento sono riservati – la riproduzione è vietata / Ownership and copyright are reserved – reproduction is strictly forbidden						

INDICE

1	Premessa	3
2	Scopo	4
3	Struttura e ipotesi dell'analisi	4
4	Forze agenti sulla traiettoria della pala	5
5	Modello di calcolo	6
5.1	Intera pala.....	6
5.2	Frammento di pala	8
6	Conclusioni.....	9
6.1	Intera Pala	9
6.2	Frammento di pala	10
6.3	Analisi dei ricettori	11

1 Premessa

La società Renantis Italia Srl, d'ora in avanti il Proponente, intende realizzare un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nella provincia Crotona (KR), in agro dei comuni di Crotona, Cutro e Scandale.

L'impianto, denominato parco eolico "San Leone", sarà costituito da 12 aerogeneratori di potenza unitaria nominale fino a 6,2 MW, per una potenza installata complessiva fino a 74,4 MW, abbinato a un sistema di accumulo elettrochimico di potenza nominale pari a 10 MW e capacità 40 MWh.

Data la potenza dell'impianto, superiore ai 10.000 kW, il servizio di connessione sarà erogato in alta tensione (AT), ai sensi della Delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 23 luglio 2008 n.99 e s.m.i.

Gli aerogeneratori forniscono energia elettrica in bassa tensione (690V) e sono pertanto dotati di un trasformatore MT/BT ciascuno, alloggiato all'interno dell'aerogeneratore stesso e in grado di elevare la tensione a quella della rete del parco. La rete del parco è costituita da un elettrodotto interrato a 36 kV, tramite il quale l'energia elettrica viene convogliata dagli aerogeneratori alla sottostazione elettrica (SSE) di raccolta di proprietà del Proponente che sarà collegata a una nuova Stazione Elettrica a 380/150/36 kV di proprietà di Terna Spa da inserire in entra – esce alla linea RTN a 380 kV "Belcastro - Scandale" (nel seguito "nuova SE").

Le opere progettuali sono quindi sintetizzate nel seguente elenco:

- parco eolico composto da 12 aerogeneratori, da 6,2 MW ciascuno, con torre di altezza fino a 125 m e diametro del rotore fino a 170 m, e dalle relative opere civili connesse quali strade di accesso, piazzole e fondazioni;
- impianto di utenza per la connessione alla RTN, consistente nella rete di terra, nella rete di comunicazione in fibra ottica, nell'elettrodotto a 36 kV di collegamento tra aerogeneratori interamente interrato e sviluppato principalmente sotto strade esistenti, nella SSE di raccolta di proprietà del Proponente e nell'elettrodotto interrato a 36 kV di collegamento tra la SSE e la nuova SE.
- Impianto di rete per la connessione alla RTN, consistente in una nuova SE a 380/150/36 kV della RTN da inserire in entra – esce alla linea RTN a 380 kV "Belcastro - Scandale" e nello stallo di arrivo produttore a 36 kV della nuova SE.

I progetti del tipo in esame rispondono a finalità di interesse pubblico (riduzione dei gas ad effetto serra, risparmio di fonti fossili scarse ed importate) e in quanto tali sono indifferibili e urgenti, come stabilito dalla legge 1° giugno 2002, n. 120, concernente "Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, stipulato a Kyoto l'11 dicembre 1997" e dal D.Lgs. 29 dicembre 2003, n.387 "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità" e s.m.i..

2 Scopo

Scopo del presente documento è analizzare gli effetti in caso di rottura degli organi rotanti per il parco eolico "San Leone", che la società Renantis Italia Srl propone di realizzare in agro dei comuni di Crotone, Cutro e Scandale (KR) definendo la distanza che una pala del generatore raggiungerebbe in caso di distacco dal mozzo durante il funzionamento della macchina.

Per l'individuazione di tale distanza si fa riferimento alla teoria dei corpi rigidi che, se applicata ad una pala del rotore che subisce un distacco accidentale, considera essa come un insieme di punti materiali le cui reciproche distanze restano invariate durante il moto.

3 Struttura e ipotesi dell'analisi

L'obiettivo del presente studio è valutare la distanza che una pala raggiungerebbe a seguito del distacco dal mozzo e verificare gli effetti che tale evento potrebbe generare su eventuali recettori. Allo scopo si è utilizzato come aerogeneratore di riferimento avente le caratteristiche indicate nella seguente tabella.

Tabella 3.1 – Caratteristiche dell'aerogeneratore di riferimento

Produttore		Siemens Gamesa
Modello		SG 170
Potenza	kW	6200
Velocità di rotazione	rpm	10.5
Numero di pale	n°	3
Altezza della torre	m	115
Diametro del rotore	m	170
Lunghezza della pala	m	83.5
Classe	IEC	IEC IIIA/IIIB

È opportuno evidenziare come per la taglia di aerogeneratori scelta per il progetto siano previsti dei sistemi di sicurezza volti a garantire il normale funzionamento e la sicurezza pubblica.

È altresì utile sottolineare come storicamente si siano verificati pochi danni causati dalla rottura e dal distacco accidentale delle pale. Questo può essere infatti considerato un evento raro grazie alla tecnologia costruttiva e ai materiali impiegati per la realizzazione delle stesse pale.

Le pale degli aerogeneratori di riferimento del progetto sono realizzate in fibra di vetro rinforzata con materiali plastici quali fibre epossidiche: tali materiali permettono di limitare fortemente la probabilità di distacco. Anche in caso di rottura le fibre che compongono la pala la mantengono unita ed i sistemi di sicurezza e controllo riducono la velocità di rotazione tempestivamente.

Per stimare la gittata di una pala distaccatasi da un aerogeneratore è possibile ipotizzare tre differenti condizioni di moto:

1. Presenza delle forze di inerzia ed esclusione delle forze viscosse
2. Presenza delle forze di inerzia e delle forze viscosse

3. Valutazione del moto completo della pala (considerando altre caratteristiche aerodinamiche quali rollio, imbardata e beccheggio della pala)

Tra le tre condizioni, la prima risulta essere quella che dà luogo alla massima gittata e quindi la più cautelativa. Questa condizione non tiene conto delle forze di resistenza che si esercitano sulla pala (attrito) e porta ad una sovrastima di circa il 20% rispetto ai valori che si otterrebbero considerando anche l'attrito e che quindi sono più vicini alle condizioni reali.

Le stime riportate nei successivi paragrafi terranno quindi conto della condizione di moto maggiormente cautelativa, con la presenza delle forze inerziali e l'assenza di forze viscosi. Si sottolinea che l'ipotesi di distacco dell'intera pala è ragionevole, in quanto esiste un punto di discontinuità presso l'attacco bullonato che unisce la pala al mozzo e l'ipotesi di un cedimento di tale attacco, seppur remota, non è da escludere.

Ipotizzare invece il distacco di frammenti di pala o porzioni di guscio comporterebbe invece l'assunzione di ipotesi arbitrarie sulla tipologia del pezzo di pala che si distacca e sulle sue dimensioni. Inoltre, il distacco di frammenti non è imputabile alla presenza di discontinuità, difetti di progettazione o di realizzazione della pala, ma è quasi esclusivamente legato a fulminazioni di natura atmosferica, rendendo la probabilità di accadimento ancora minore rispetto al caso di distacco dell'intera pala.

A titolo cautelativo nelle analisi sotto illustrate, si è considerata una velocità di rotazione degli aerogeneratori pari al valore massimo.

4 Forze agenti sulla traiettoria della pala

La traiettoria iniziale che assume la pala al momento del distacco è determinata principalmente dall'angolo di lancio e dalle forze inerziali che agiscono sulla stessa che includono, oltre all'impulso, i momenti di flapwise, edgewise e pitchwise. La pala quindi, per la conservazione della quantità di moto, manterrà la sua rotazione all'inizio del moto derivante dal distacco dal rotore, subendo come forza inerziale dominante la forza di gravità. La velocità verticale al momento del distacco iniziale determinerà la durata del volo. Utilizzando tale tempo e la velocità orizzontale al momento iniziale è possibile calcolare la distanza orizzontale percorsa (gittata).

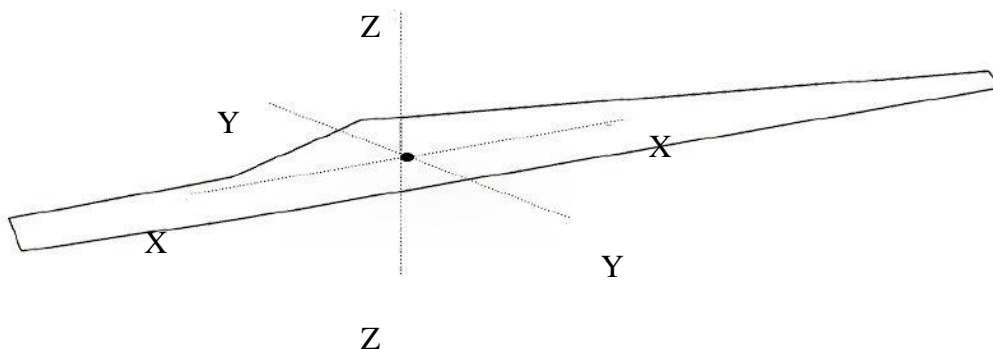


Figura 4-1 – Sistema di coordinate usato per la pala (YY – flapwise, XX – pitchwise, ZZ edgewise)

Nell'analisi condotta le forze inerziali sono modellate considerando cautelativamente un regime di moto irrotazionale e stazionario.

Il moto irrotazionale è caratterizzato dall'assenza di rotazione: ne deriva quindi un'assenza di moto intorno agli assi XX, YY e ZZ. In questo caso l'asse XX viene ipotizzato allineato con la traiettoria, mentre l'asse YY giace sul piano verticale. Con questa ipotesi il caso modellizzato si trova nella condizione ideale di massima gittata.

Si sottolinea che, nel caso di moto rotazionale complesso (che più si avvicina al caso di reale traiettoria), si dovrebbe tenere in considerazione il movimento di rotazione della pala distaccata intorno agli assi XX, YY, ZZ. La rotazione intorno all'asse ZZ è dovuta alla conservazione del momento della quantità di moto, mentre le rotazioni XX e YY sono dovute all'azione del vento sulla pala distaccata. Queste ultime generano forze resistenti al moto, causando una riduzione della gittata massima fino al 20% del valore, calcolato con ipotesi di moto irrotazionale.

5 Modello di calcolo

5.1 Intera pala

In accordo con quanto riportato al paragrafo precedente, lo studio della gittata è riconducibile allo studio del regime di moto parabolico bidimensionale. Il sistema di riferimento considerato è di tipo cartesiano "xy" con origine degli assi coincidente con il centro della base dell'aerogeneratore.

A partire dalla velocità di rotazione ω viene calcolata la velocità tangenziale al baricentro della pala, ipotizzato a 1/3 della sua lunghezza. Tale velocità viene valutata lungo le direzioni X e Y, sulla base dell'angolo α definito tra l'asse orizzontale X e la direzione della velocità tangenziale della pala al momento di rottura.

$$V_0 = \frac{1}{3} \cdot r_{\text{pala}} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot \omega}{60}$$

$$V_{0x} = V_0 \cdot \cos(\alpha)$$

$$V_{0y} = V_0 \cdot \sin(\alpha)$$

Considerando momentaneamente la sola componente verticale è possibile calcolare il tempo di volo, dalla relazione:

$$h_{\text{suolo}} = h_{\text{mozzo}} + D_{0y} + V_{0y} \cdot t_{\text{volo}} - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t_{\text{volo}}^2$$

dove l'altezza al suolo (h_{suolo}) viene considerata pari a 0, ovvero alla stessa quota dell'origine del sistema di riferimento, e g è l'accelerazione di gravità pari a 9,81m/s²

Una volta ottenuto il valore di tempo di volo (t_{volo}), è possibile calcolare la distanza percorsa dalla pala in volo lungo la direzione orizzontale X.

$$D_x = V_{0x} \cdot t_{\text{volo}}$$

La distanza (G) a cui cade il baricentro della pala è data quindi dalla posizione della pala al momento del distacco sommata alla distanza percorsa.

$$G = D_{ox} + D_x$$

dove D_{ox} è calcolato come lo scostamento del baricentro in direzione X , rispetto all'origine del sistema di riferimento.

La gittata massima della pala (G_{max}) risulta dunque pari alla somma di G e la distanza tra il baricentro e l'estremità della pala.

$$G_{max} = G + \frac{2}{3} \cdot r_p$$

Come evidente nelle formule sopra indicate, la gittata è dipendente dal valore dell'angolo α , ovvero dalla posizione della pala al momento del distacco. A tal proposito il modello di calcolo utilizzato valuta iterativamente l'angolo di α , determinandone il valore per il quale si ottiene la gittata massima.

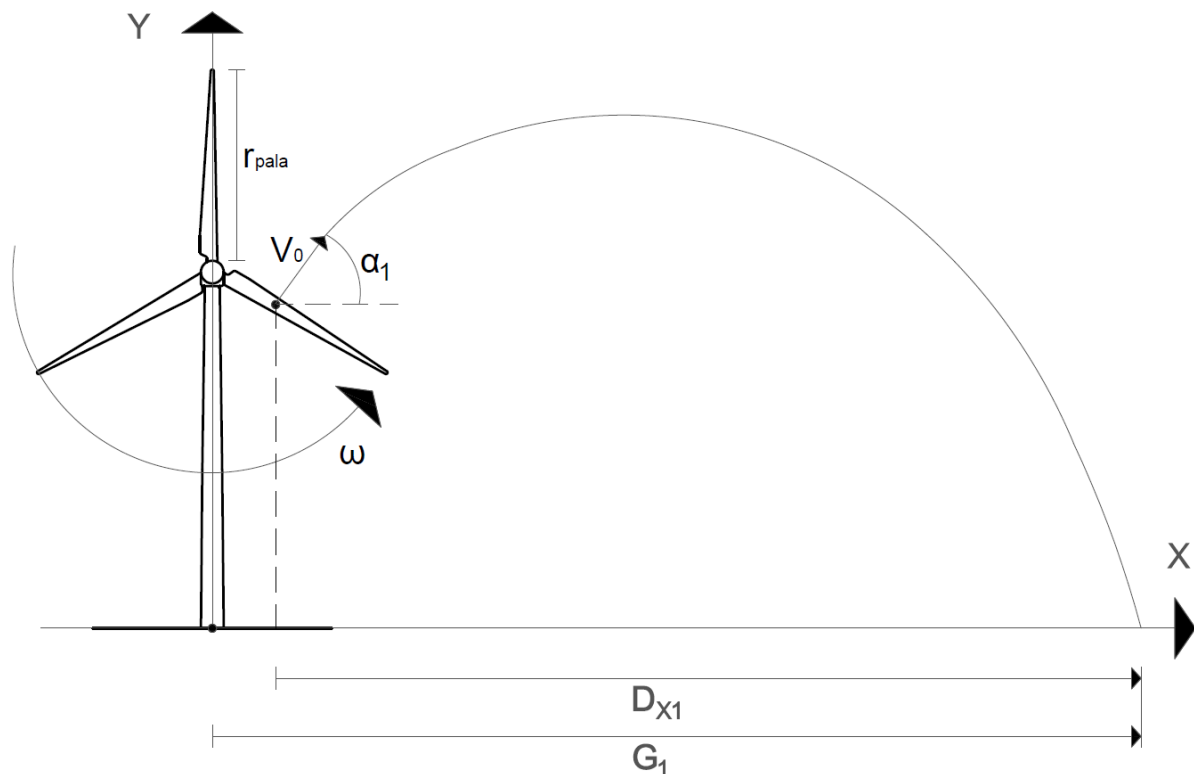


Figura 5-1 – Rappresentazione grafica della gittata in caso di $D_x < G$ (Caso 1)

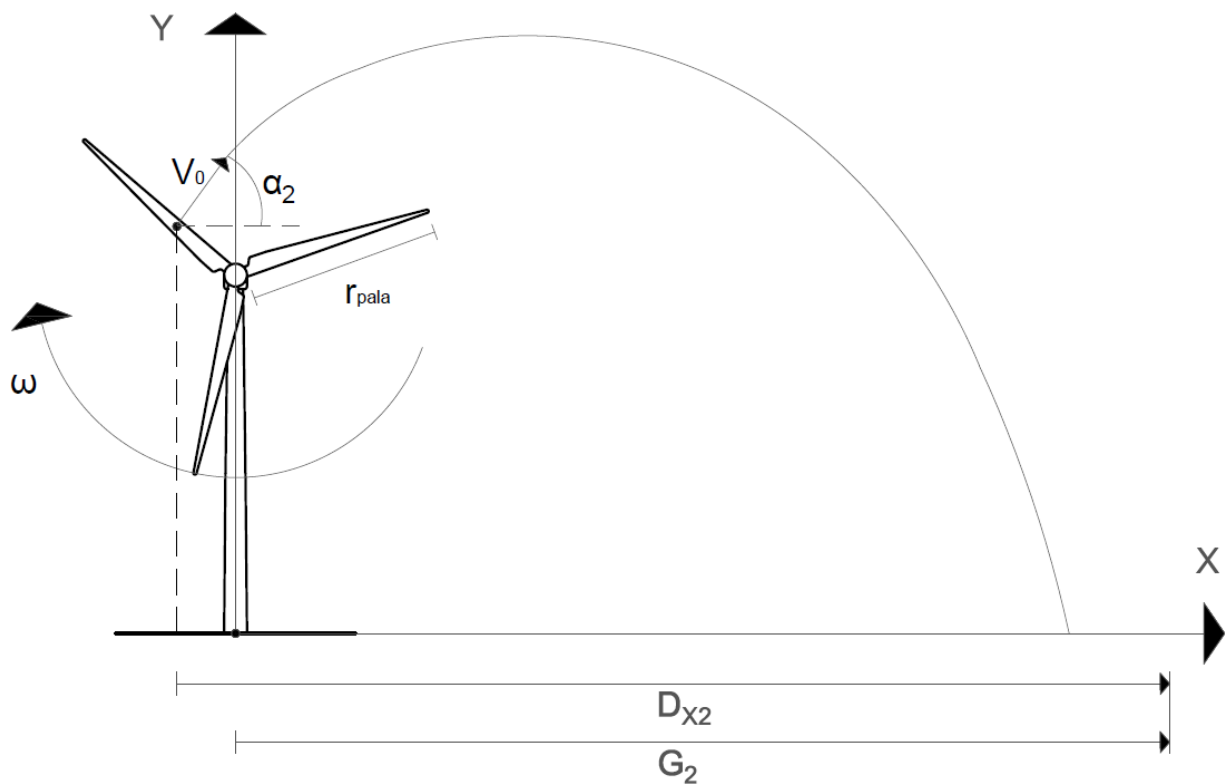


Figura 5-2– Rappresentazione grafica della gittata in caso di $D_x > G$ (Caso 2)

5.2 Frammento di pala

Per l'analisi della gittata nel caso di rottura di un frammento della pala si è applicato un metodo iterativo basato sul moto parabolico con introduzione dell'influenza dell'attrito dell'aria lungo le direzioni x e y. Infatti, nel moto di un frammento di pala di dimensioni e peso ridotti il contributo della forza di attrito dell'aria risulta rilevante, e quindi non trascurabile.

Nel bilancio di forza applicato al moncone di pala, che deve essere nullo, si introduce la componente di attrito viscoso dell'aria (R)

$$\begin{aligned} \sum F &= 0 \\ R &= \Lambda \cdot v^2 \\ \Lambda &= \frac{1}{2} \cdot C_r \cdot \rho \cdot S \end{aligned}$$

Dove: v è la velocità del frammento espressa in m/s, C_r è il coefficiente di forma adimensionale, ρ è la densità del fluido in cui è immerso il frammento (aria) e S è la sezione del frammento rispetto al moto espressa in m^2 .

Scomponendo lungo x e y si ottiene:

$$\begin{aligned} m \cdot a_y &= m \cdot g + R_y \\ m \cdot a_x &= R_x \end{aligned}$$

$$R_y = \Lambda_y \cdot v_y^2 = \frac{1}{2} \cdot C_r \cdot \rho \cdot S \cdot (v \cdot \sin \alpha)^2$$

$$R_x = \Lambda_x \cdot v_x^2 = \frac{1}{2} \cdot C_r \cdot \rho \cdot S \cdot (v \cdot \cos \alpha)^2$$

Metodo iterativo, valutando: $t_{i+1} = t_i + t_e$
 con $t_e \rightarrow 0$

$$a = \frac{\Delta v}{t_e}$$

$$v_{y,i+1} = v_{y,i} - g \cdot t_e - \frac{R_{y,i}}{m} \cdot t_e = v_i \cdot \sin \alpha_i - g \cdot t_e - \frac{1}{2} \cdot \frac{C_r \cdot \rho \cdot S \cdot (v_i \cdot \sin \alpha_i)^2}{m} \cdot t_e$$

$$v_{x,i+1} = v_{x,i} - \frac{R_{x,i}}{m} \cdot t_e = v_i \cdot \cos \alpha_i - \frac{1}{2} \cdot \frac{C_r \cdot \rho \cdot S \cdot (v_i \cdot \cos \alpha_i)^2}{m} \cdot t_e$$

$$\alpha_{i+1} = \tan^{-1} \left(\frac{v_{y,i+1}}{v_{x,i+1}} \right)$$

$$v_{i+1} = \sqrt{v_{x,i+1}^2 + v_{y,i+1}^2}$$

$$y_{i+1} = y_i + v_{y,i} \cdot t_e - \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta v_y}{t_e} \cdot t_e^2$$

$$x_{i+1} = x_i + v_{x,i} \cdot t_e - \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta v_x}{t_e} \cdot t_e^2$$

Sono analizzati i casi di moncone di pala distaccato di lunghezza pari a:

- A. 5 m (con massa ipotizzata pari a 350 kg e Superficie 5,4 mq)
- B. 10 m (con massa ipotizzata pari a 500 kg e Superficie 8,0 mq)

In entrambi i casi il coefficiente di forma C_r è stato ipotizzato pari a 0,5.

6 Conclusioni

6.1 Intera Pala

I risultati dell'analisi descritta ai precedenti paragrafi sono riportati nelle tabelle seguenti.

Tabella 6.1 – Risultati del calcolo della gittata sotto l'ipotesi di moto irrotazionale, caso n.1

Caso 1 – moto irrotazionale $D_{x1} < G_1$					
ω	V_0	α_1	t_{volto}	D_{x1}	G_1
[rpm]	[m/s]	[deg]	[s]	[m]	[m]
10,5	32,3	35	6,6	190,9	246,5

Tabella 6.2 – Risultati del calcolo della gittata sotto l'ipotesi di moto irrotazionale, caso n.2

Caso 2 –moto irrotazionale $D_{x2}>G_2$					
ω	V_0	α_2	t_{volo}	D_{x2}	G_2
[rpm]	[m/s]	[deg]	[s]	[m]	[m]
10,5	32,3	20	6,6	191,0	246,6

Si stima dunque che la distanza massima che una pala raggiungerebbe in caso di distacco dal mozzo è pari a 246,6 m.

Tale valore è stato determinato sulla base di assunzioni cautelative che trascurano gli effetti di forze viscosi e della rotazione della pala intorno ai propri assi e possono portare a una sovrastima della gittata superiore al 20%.

6.2 Frammento di pala

I risultati dell'analisi della gittata in caso di distacco di un frammento di pala descritta ai precedenti paragrafi sono riportati nelle tabelle seguenti.

Tabella 6.3 – Risultati del calcolo della gittata sotto l'ipotesi di moto irrotazionale, e frammento lungo 5 m. Caso A

α	ω	V_0	t_{volo}	G	G_{max}
[deg]	[rpm]	[m/s]	[s]	[m]	[m]
15	10,5	89,8	9,9	309,3	312,6
20	10,5	89,8	10,8	312,1	315,4
25	10,5	89,8	11,7	312,7	316,0
30	10,5	89,8	12,6	311,1	314,5
35	10,5	89,8	13,5	307,5	310,8
40	10,5	89,8	14,3	300,4	303,8
45	10,5	89,8	15,3	292,3	295,6

Tabella 6.4 – Risultati del calcolo della gittata sotto l'ipotesi di moto irrotazionale, e frammento lungo 10 m. Caso B

α	ω	V_0	t_{volo}	G	G_{max}
[deg]	[rpm]	[m/s]	[s]	[m]	[m]
15	10,5	86,1	9,7	304,0	310,6
20	10,5	86,1	10,6	307,3	314,0
25	10,5	86,1	11,4	307,0	313,7
30	10,5	86,1	12,3	306,1	312,8
35	10,5	86,1	13,1	301,7	308,3
40	10,5	86,1	13,9	295,1	301,8
45	10,5	86,1	14,7	286,3	293,0

La distanza massima, alla quale si prevede venga scagliato un frammento di pala, è stimata in 316,0 m.

In conclusione si rammenta che l'evento di rottura di un frammento di pala risulta assai poco frequente. Per avere un'indicazione di probabilità di accadimento di tale evento si fa riferimento allo studio "Recommendations of Risk assessment of ice throw and Blade Failure in Ontario – Canadian Wind Energy Association – M.P. Leblanc – Garrad Hassan", secondo il quale la probabilità che un frammento di pala staccatosi dall'aerogeneratore sia lanciato oltre i 50 m dalla torre è dell'ordine di $2 \cdot 10^{-5}$.

Le pale degli aerogeneratori di riferimento nel progetto sono realizzate in fibra di vetro rinforzato con materiali plastici quali fibre epossidiche, tali materiali permettono di limitare fortemente la probabilità di distacco. Anche in caso di rottura le fibre che compongono la pala la mantengono di fatto unita, e i sistemi di sicurezza e controllo riducono la velocità di rotazione tempestivamente. Come già indicato ipotizzare il distacco di frammenti della pala o porzioni di guscio è quasi esclusivamente legato a fulminazioni di natura atmosferica. Per questo motivo gli aerogeneratori saranno dotati di un sistema antifulminazione, in grado di convogliare la corrente di fulminazione a terra evitando danni alle pale o altri componenti.

6.3 Analisi dei ricettori

Nelle seguenti figura sono illustrate le aree di gittata degli aerogeneratori sovrapposte ai fabbricati presenti nel sito di progetto. Quest'ultimi sono identificabili per mezzo di un numero progressivo, e di un segnaposto di colore:

- verde per i ricettori non sensibili (fabbricati diruti, magazzini, ecc)
- rosso per i ricettori sensibili (abitazioni, scuole, ecc).



Figura 6-1 – Gittata dell'intera pala (246,6 m) in colore giallo e gittata del frammento di pala (316,0 m) in colore verde, da aerogeneratore D01



Figura 6-2 – Gittata dell'intera pala (246,6 m) in colore giallo e gittata del frammento di pala (316,0 m) in colore verde, da aerogeneratore D02

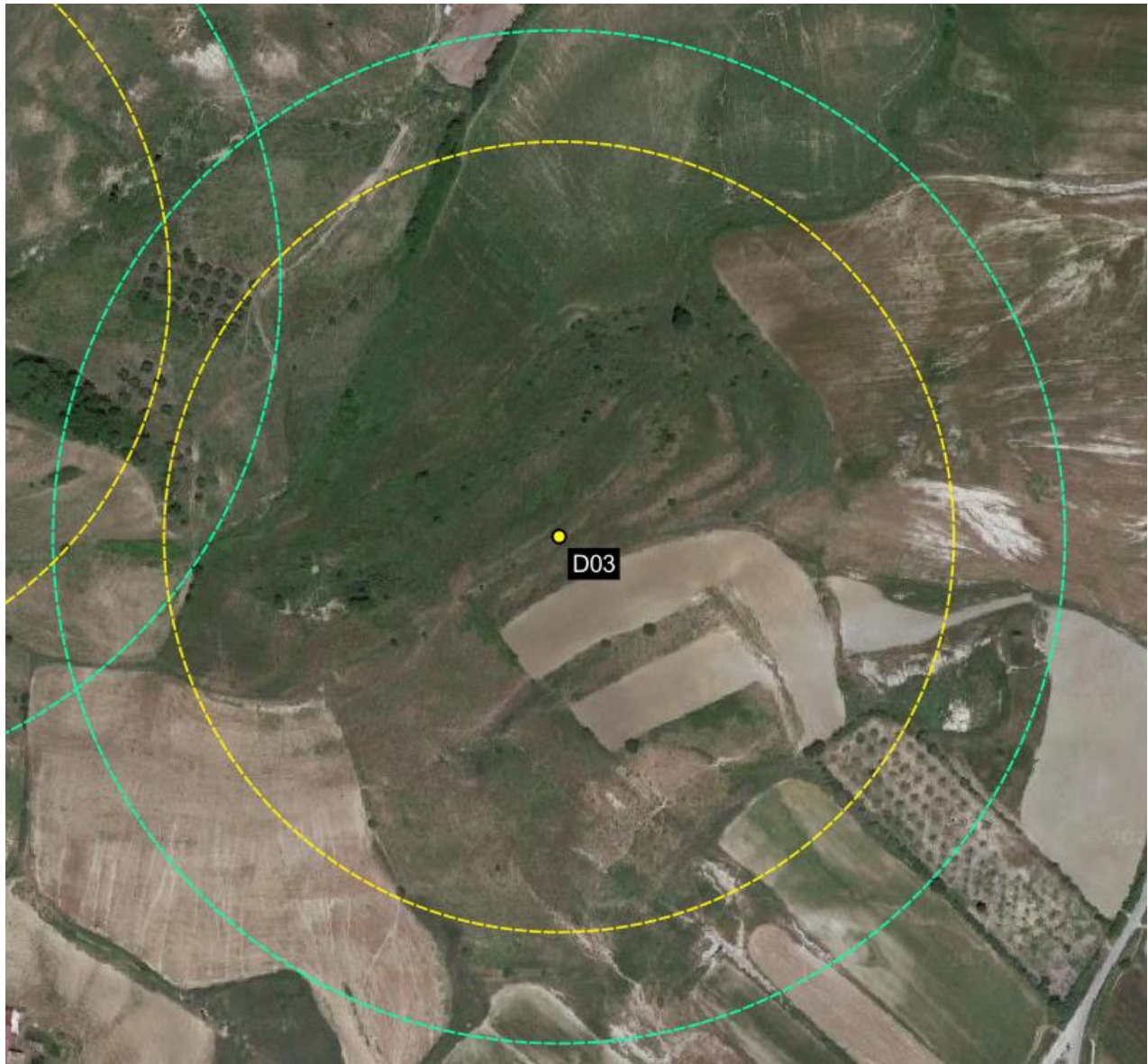


Figura 6-3 – Gittata dell'intera pala (246,6 m) in colore giallo e gittata del frammento di pala (316,0 m) in colore verde, da aerogeneratore D03

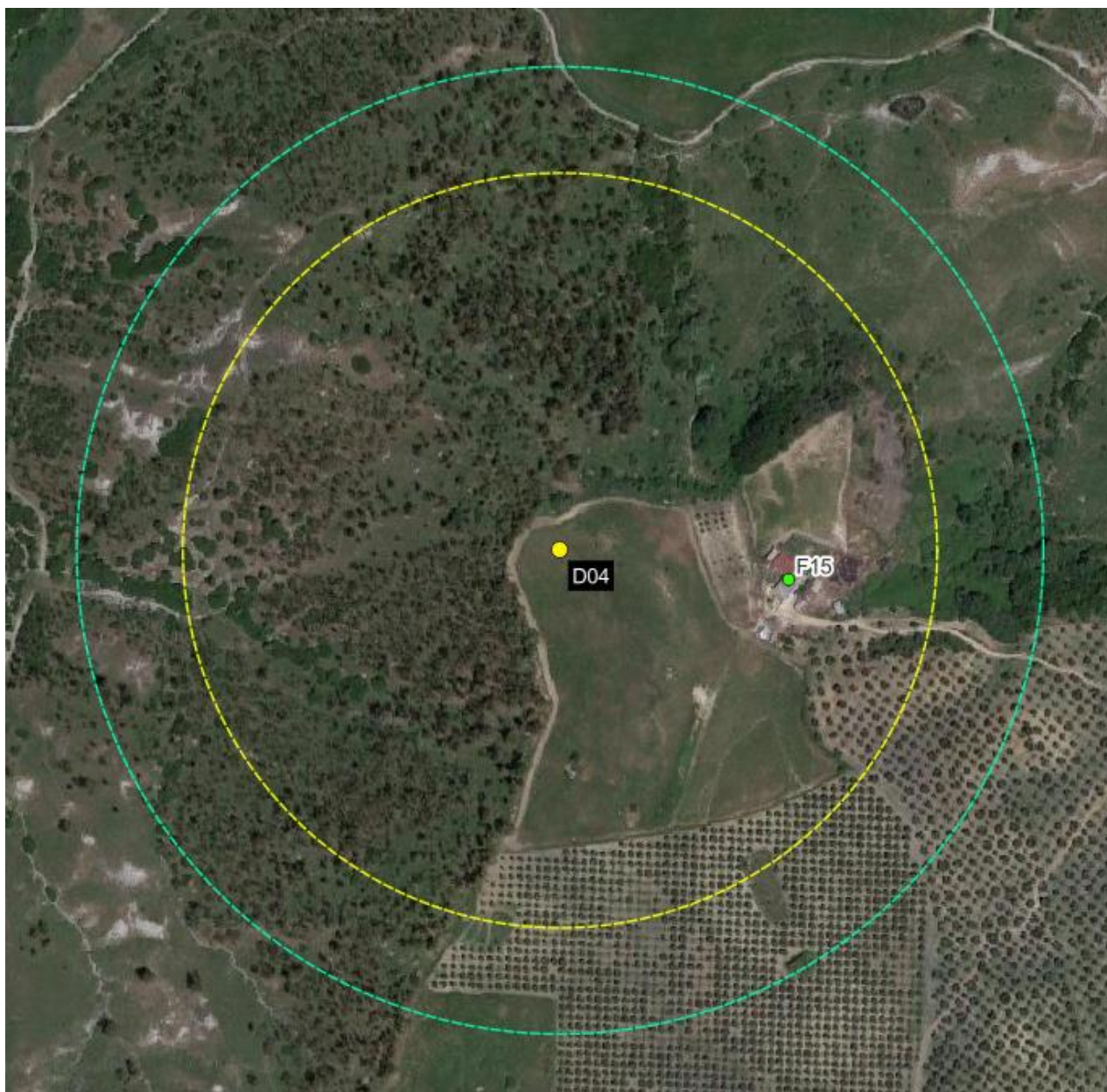


Figura 6-4 – Gittata dell'intera pala (246,6 m) in colore giallo e gittata del frammento di pala (316,0 m) in colore verde, da aerogeneratore D04

Tabella 6.5 – Scheda fabbricato F15

	<p>Fabbricato F15 (a)</p> <p>Comune di Scandale</p> <p>Foglio 17, Particella 3</p> <p><u>Categoria:</u> Fabbricato rurale.</p>
	<p>Fabbricato F15 (b)</p> <p>Comune di Scandale</p> <p>Foglio 17, Particella 65</p> <p><u>Categoria:</u> Non censito al catasto urbano.</p>
	<p>Fabbricato F15 (c)</p> <p>Comune di Scandale</p> <p>Foglio 17, Particella 65</p> <p><u>Categoria:</u> Non censito al catasto urbano.</p>

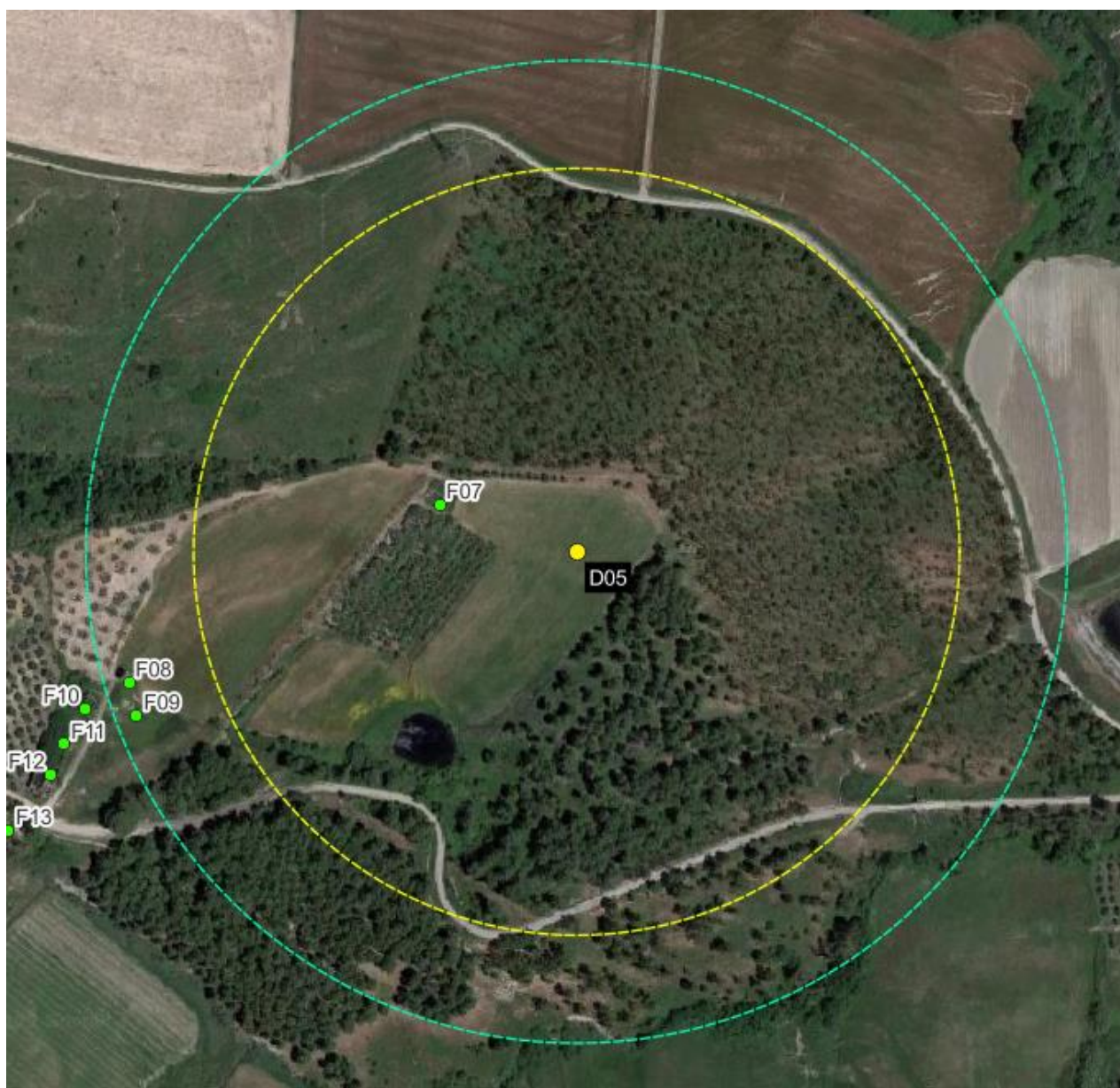


Figura 6-5 – Gittata dell'intera pala (246,6 m) in colore giallo e gittata del frammento di pala (316,0 m) in colore verde, da aerogeneratore D05

Tabella 6.6 – Scheda fabbricato F07


	<p>Fabbricato F07</p> <p>Comune di Scandale</p> <p>Foglio 17, Particella 7</p> <p><u>Categoria:</u> Fabbricato diruto</p>
---	--

Tabella 6.7 – Scheda fabbricato F08

	<p>Fabbricato F08</p> <p>Comune di Scandale</p> <p>Foglio 17, Particella 49</p> <p><u>Categoria:</u> Fabbricato diruto.</p>
--	--

Tabella 6.8 – Scheda fabbricato F09

	<p>Fabbricato F09</p> <p>Comune di Scandale</p> <p>Foglio 17, Particella 14</p> <p><u>Categoria:</u> Fabbricato diruto.</p>
---	--

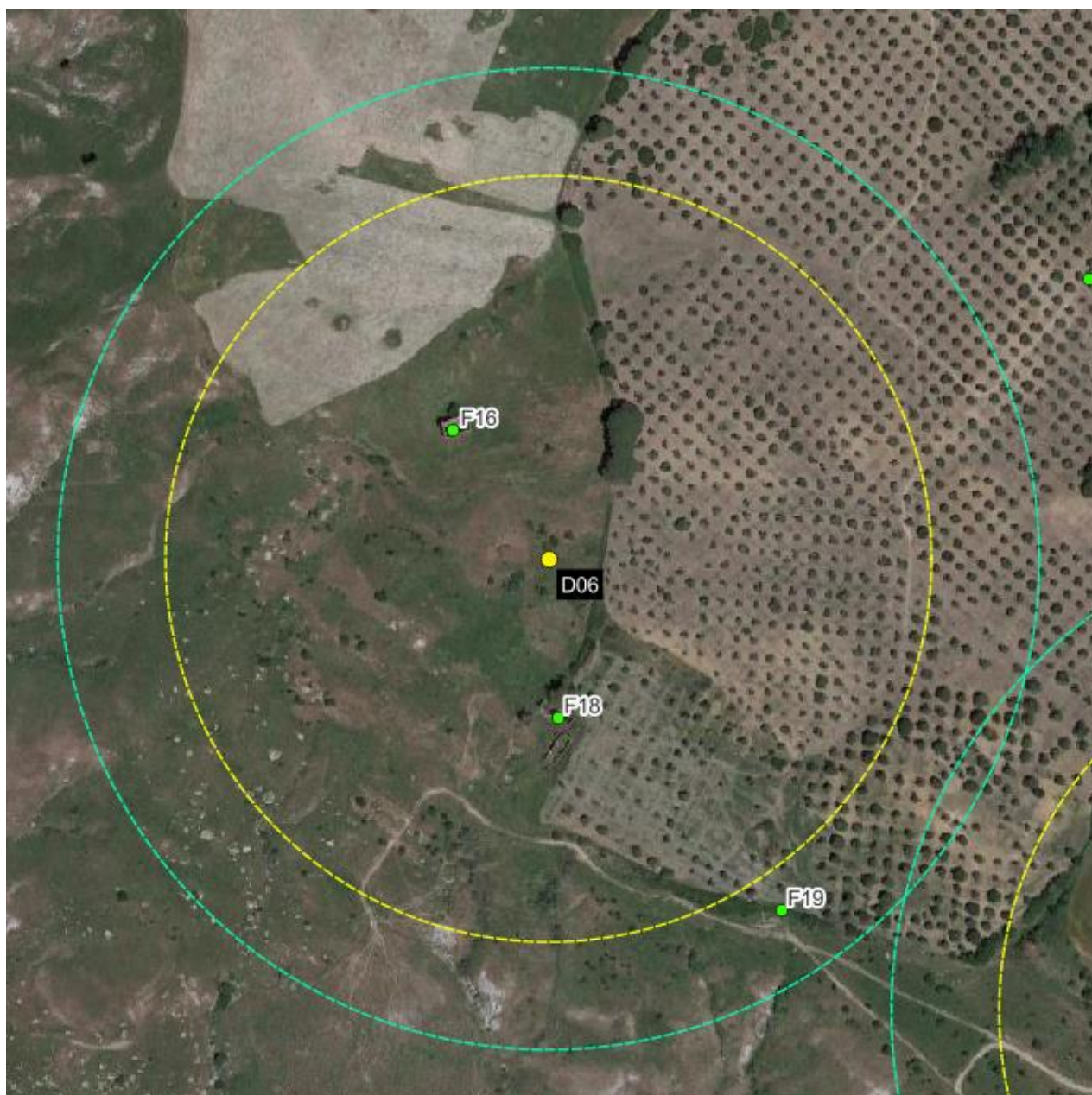


Figura 6-6 – Gittata dell'intera pala (246,6 m) in colore giallo e gittata del frammento di pala (316,0 m) in colore verde, da aerogeneratore D06

Tabella 6.9 – Scheda fabbricato F16

	<p>Fabbricato F35</p> <p>Comune di Scandale</p> <p>Foglio 17, Particella 62</p> <p><u>Categoria:</u> Unità collabente</p>
---	--

Tabella 6.10 – Scheda fabbricato F18

	<p>Fabbricato F18</p> <p>Comune di Scandale</p> <p>Foglio 1, Particella 5</p> <p><u>Categoria:</u> Non censito a catasto</p>
---	---

Tabella 6.11 – Scheda fabbricato F19


	<p>Fabbricato F19</p> <p>Comune di Scandale</p> <p>Foglio 1, Particella 8</p> <p><u>Categoria:</u> Unità collabente</p>
---	--



Figura 6-7 – Gittata dell'intera pala (246,6 m) in colore giallo e gittata del frammento di pala (316,0 m) in colore verde, da aerogeneratore D07



Figura 6-8 – Gittata dell'intera pala (246,6 m) in colore giallo e gittata del frammento di pala (316,0 m) in colore verde, da aerogeneratore D08

Si evidenzia la presenza del fabbricato A07, in corrispondenza del valore massimo di gittata di un frammento di pala. Tale ricettore, considerato sensibile in quanto censito a catasto come abitazione di tipo economico (categoria A/3), da indagini in campo risulta non permanentemente abitato. Come già illustrato si rammenta che l'evento di rottura di un frammento di pala risulta assai poco frequente. Un'indicazione di probabilità di accadimento di tale evento la si ritrova nello studio *"Recommendations of Risk assessment of ice throw and Blade Failure in Ontario – Canadian Wind Energy Association – M.P. Leblanc – Garrad Hassan"*, secondo il quale la probabilità che un frammento di pala staccatosi dall'aerogeneratore sia lanciato oltre i 50 m dalla torre è dell'ordine di $2 \cdot 10^{-5}$.

Tabella 6.12 – Scheda fabbricato A07

	<p>Fabbricato A07</p> <p>Comune di Scandale</p> <p>Foglio 17, Particella 61</p> <p><u>Categoria:</u> Abitazione di tipo economico, non permanentemente abitato</p>
	

Tabella 6.13 – Scheda fabbricato F05


	<p>Fabbricato F05</p> <p>Comune di Cutro</p> <p>Foglio 1, Particella 23</p> <p><u>Categoria:</u> Fabbricato diruto</p>
---	---



Figura 6-9 – Gittata dell'intera pala (246,6 m) in colore giallo e gittata del frammento di pala (316,0 m) in colore verde, da aerogeneratore D09

Tabella 6.14 – Scheda fabbricato F05

	<p>Fabbricato F10</p> <p>Comune di Scandale</p> <p>Foglio 17, Particella 13</p> <p><u>Categoria:</u> Fabbricato diruto</p>
---	---



Figura 6-10 – Gittata dell'intera pala (246,6 m) in colore giallo e gittata del frammento di pala (316,0 m) in colore verde, da aerogeneratore D10

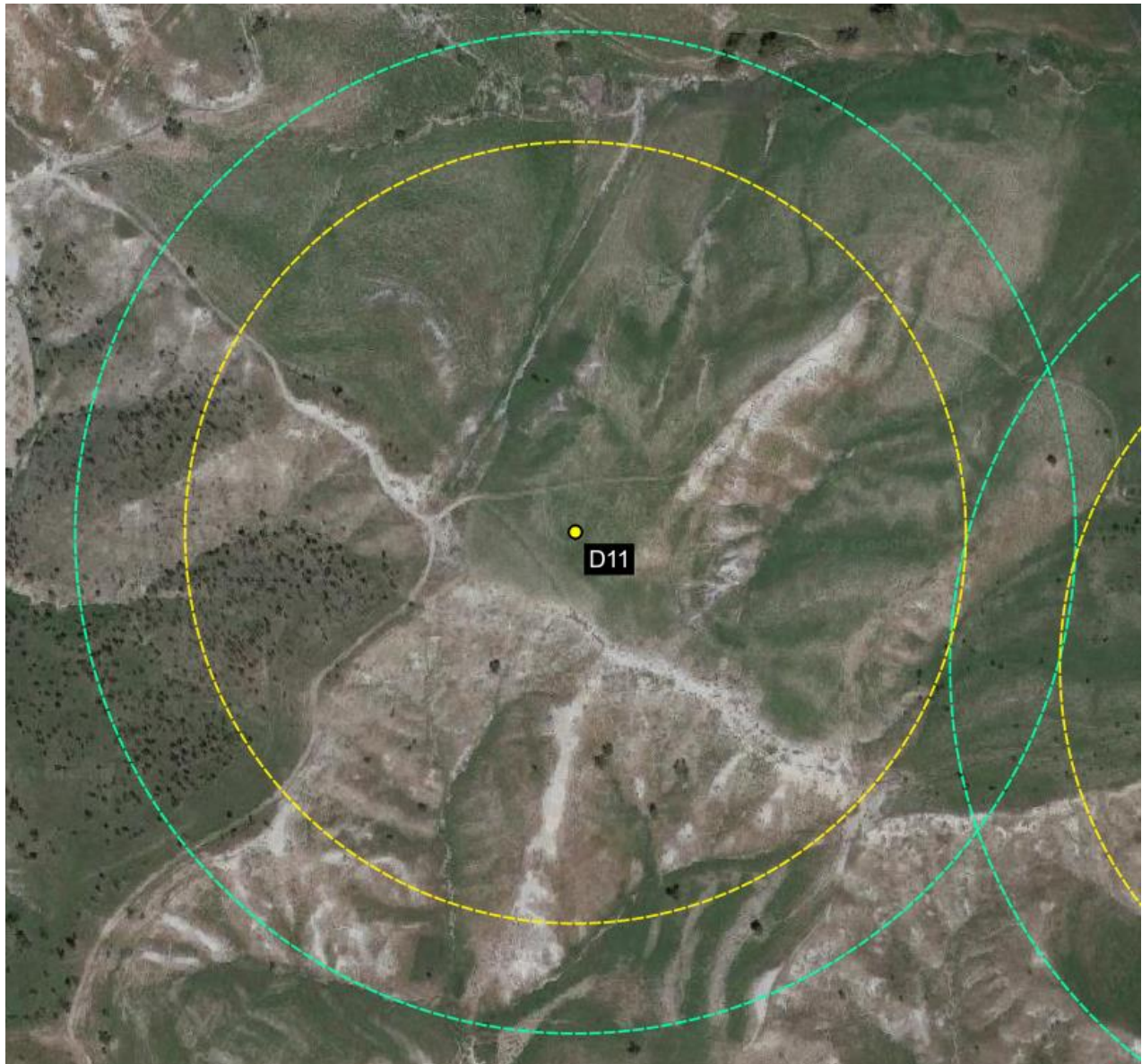


Figura 6-11 – Gittata dell'intera pala (246,6 m) in colore giallo e gittata del frammento di pala (316,0 m) in colore verde, da aerogeneratore D11

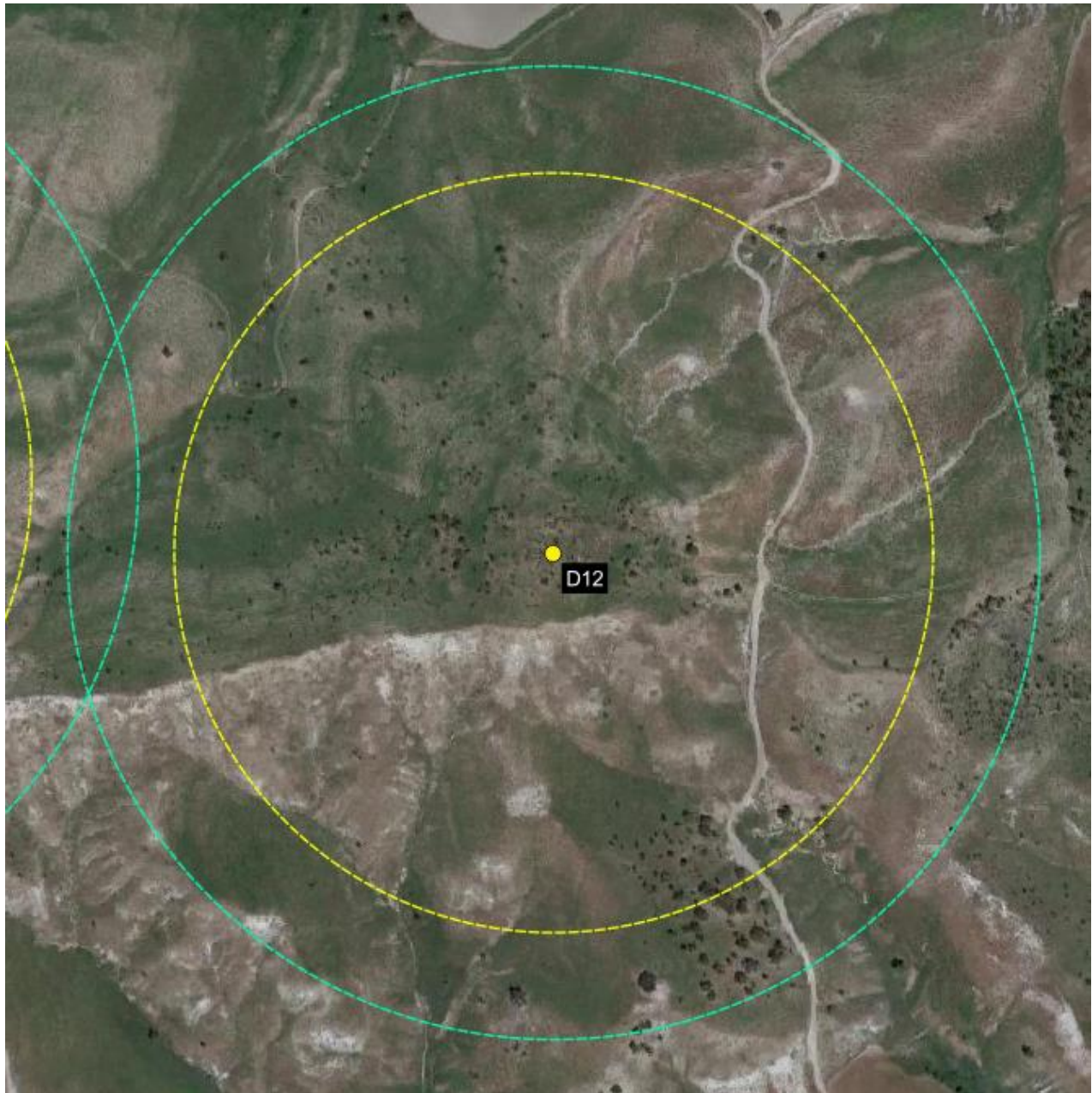


Figura 6-12 – Gittata dell'intera pala (246,6 m) in colore giallo e gittata del frammento di pala (316,0 m) in colore verde, da aerogeneratore D12