

Regione Puglia

COMUNE DI GUAGNANO(LE) - SALICE SALENTINO(LE) - CAMPI SALENTINO(LE)
SAN DONACI(BR) - CELLINO SAN MARCO(BR)

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI IMPIANTO PER LA
PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTI RINNOVABILI,
NONCHE' OPERE CONNESSE ED INFRASTRUTTURE, DI POTENZA
NOMINALE PARI A 36 MW ALIMENTATO DA FONTE EOLICA,
CON ANNESSO SISTEMA DI ACCUMULO INTEGRATO DI POTENZA
PARI A 24 MW, PER UNA POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 60MW
DENOMINATO IMPIANTO "NEXT1"**

PROGETTO PARCO EOLICO "NEXT1"



Codice Regionale AU: O3Q5NM4

Tav.:	Titolo:
R32	CALCOLO GITTATA ELEMENTI ROTANTI

Scala:	Formato Stampa:	Codice Identificatore Elaborato
s.c.	A4	O3Q5NM4_NPDI2_GUA_R32_CalcoloGittata

Progettazione:	Committente:
QMSOLAR s.r.l. Via Guglielmo Marconi scala C n.166 - Cap 72023 MESAGNE (BR) P.IVA 02683290742 - qmsolar.srls@pec.it Amm.re unico Ing. Francesco Masilla Gruppo di progettazione: MSC Innovative Solutions s.r.l.s - Via Milizia 55 - 73100 LECCE (LE) P.IVA 05030190754 - msc.innovativesolutions@gmail.com Ing. Santo Masilla - Responsabile Progetto	NPD Italia II s.r.l. Galleria Passarella, 2, Cap - 20122 MILANO P.IVA 11987560965 - email: npditalia@legalmail.it
Indagini Specialistiche :	

Data Progetto	Motivo	Redatto:	Controllato:	Approvato:
15/06/2023	Prima versione	F.M.	S.M.	NPD Italia II srl

	RELAZIONE CALCOLO GITTATA		
	Elaborato: O3Q5NM4_CalcoloGittata_R32	Rev. 0	

Sommario

1.	INTRODUZIONE	2
1.1	DESCRIZIONE E LOCALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO	2
2.	CONTENUTI DELLA RELAZIONE.....	5
3.	GLI AEROGENERATORI E IL LORO FUNZIONAMENTO	5
4.	ANALISI STORICA DEGLI INCIDENTI PER ROTTURA DI PALA EOLICA.....	8
4.1	Introduzione all'energia eolica e alle pale delle turbine eoliche.....	8
4.2	L'importanza dell'analisi degli incidenti per rottura di pala eolica	9
4.3	Una panoramica degli incidenti storici e delle cause principali	9
4.4	La tecnologia e le innovazioni per prevenire le rotture delle pale eoliche	10
4.5	L'impatto degli incidenti sul settore dell'energia eolica	11
4.6	Le misure di sicurezza e i protocolli di manutenzione per prevenire gli incidenti.....	12
4.7	Il futuro delle pale eoliche: nuove soluzioni per garantire la sicurezza e l'efficienza.	13
5.	ROTTURA PALA E CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA – MODELLO DI CALCOLO	15
5.1	L'AEROGENERATORE DI PROGETTO	17
5.2	CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA.....	22
5.3	FRAMMENTO DI PALA.....	27
5.3.1	GITTATA MASSIMA DEL FRAMMENTO DI PALA	27
6.	CONCLUSIONI.....	29
7.	Allegati Report fabbricati	31

1. INTRODUZIONE

La società NPD ITALIA II S.r.l. è proponente di un progetto di produzione di energia rinnovabile da fonte eolica nei comuni di Salice Salentino e Guagnano in provincia di Lecce, San Donacie Cellino San Marco in provincia di Brindisi con opere di connessione e cavidotto nei Comuni di Salice Salentino (LE), Guagnano (LE), Campi Salentina (Le), San Donaci (BR), Cellino San Marco (BR) con opere di connessione alla RTN da ubicare nel comune di Cellino San Marco (BR).

L'ipotesi progettuale prevede l'installazione di n.6 aerogeneratori della potenza nominale di 6,0 MW per una potenza complessiva di impianto pari a 36 MW. Gli aerogeneratori saranno collegati tra loro attraverso cavidotto interrato in MT a 30kV che collegheranno il parco eolico alla stazione di trasformazione utente 30/150 kV. È previsto che la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale avvenga in corrispondenza della futura Stazione Elettrica 150/380 kV di proprietà di TERNA S.p.a., denominata Terna Cellino San Marco in agro di Cellino San Marco, la cui distanza dagli aerogeneratori varia da 1,6 Km a 4 km circa. L'area si presenta del tutto pianeggiante e degrada da quota 60 m a nord fino a 50m a sud su una distanza di 15km.

La presente relazione si riferisce al calcolo della gittata massima in caso di rottura di una pala dell'aerogeneratore e di un frammento di pala.

1.1 DESCRIZIONE E LOCALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO

L'Area di Intervento ricade in parte nell'area d'ambito "Campagna Brindisina" e in parte nell'area d'ambito "Tavoliere Salentino"; entrambe le aree presentano le caratteristiche tipiche del "mosaico" del Tavoliere Salentino.

Rispetto all'area di impianto gli abitati più vicini sono¹:

- San Donaci (BR) Km 1,70 a Nord dell'aerogeneratore N6
- Cellino San Marco (BR) 5,00 Km a Nord dell'aerogeneratore N6
- Squinzano (LE) 7,50 km a Est dell'aerogeneratore N6;
- Guagnano (LE) 1,60 km a Est dell'aerogeneratore N4 e N3;
- San Pancrazio Salentino (BR) 6,60 km a Ovest dell'aerogeneratore N1;
- Salice Salentino (LE) 1,80 a Est dell'aerogeneratore N3
- Veglie (LE) 5,60 Km a Sud dall'aerogeneratore N3

La distanza dalla costa Ionica è di circa 10,30 km dal più vicino aerogeneratore N3.

¹ b) DM 10/9/2010 – art. 5.3 b) Misure di Mitigazioni: minima distanza di ciascun aerogeneratore dai centri abitati individuati dagli strumenti urbanistici vigenti non inferiore a 6 volte l'altezza massima dell'aerogeneratore (1200 m);

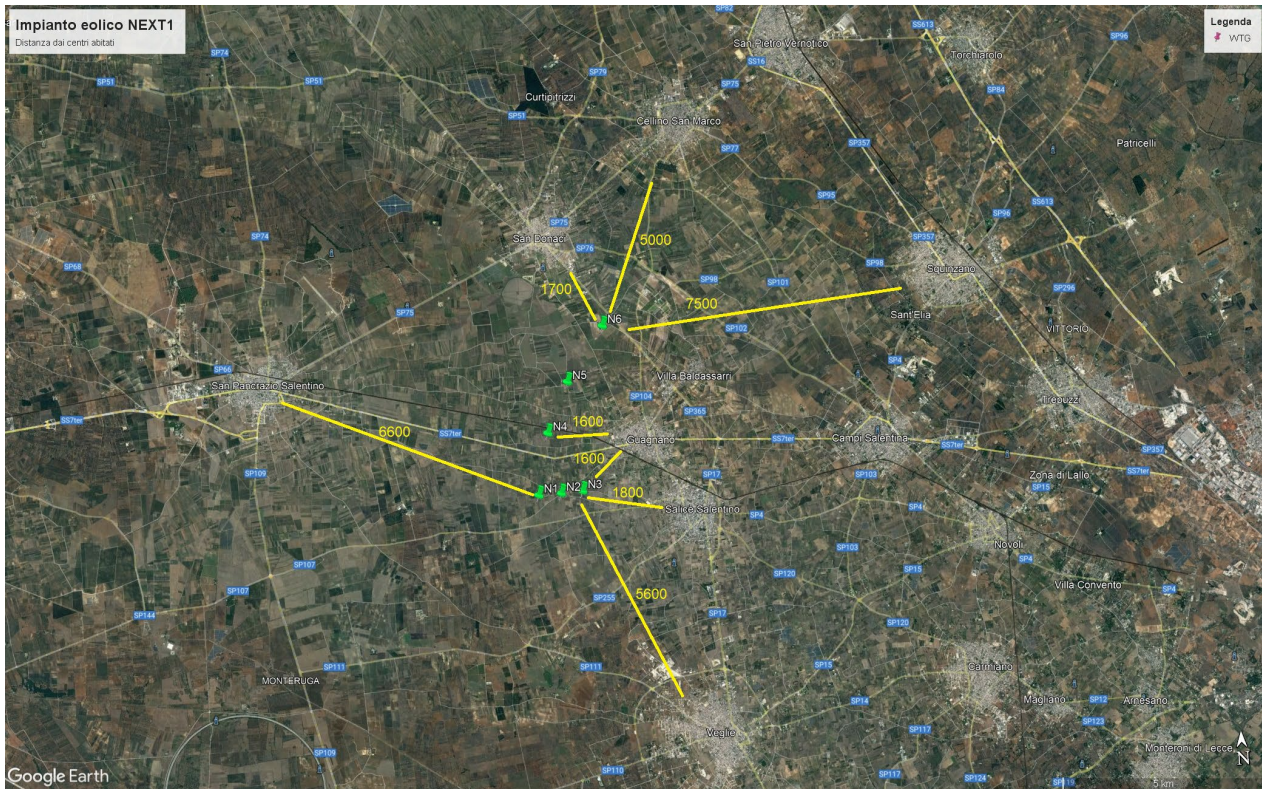


Fig.1 Distanza dai centri abitati

Le masserie più vicine all'area di impianto sono:

1. *Masseria Nardo di Prato, in agro di San Donaci: 500 m dall'aerogeneratore n. N06*
2. *Masseria Gaetano, in agro di Guagnano: 970 m dall'aerogeneratore N06;*
3. *Masseria Paduli, in agro di San Donaci: 1800 m dall'aerogeneratore N06;*
4. *Masseria Castello Monaci, in agro di Salice S.no: 3000m dall'aerogeneratore N01;*
5. *Masseria San Giovanni, in agro di Salice S.no: 2400 m dall'aerogeneratore N01;*
6. *Masseria La Caseaute, in agro di Salice S.no: 2050m dall'aerogeneratore N01;*
7. *Masseria Ursi, in agro di Salice S.no: 2150m dall'aerogeneratore N01;*
8. *Masseria Palombaro, in agro di Salice S.no: 2700m dall'aerogeneratore N01;*
9. *Masseria San Chirico, in agro di Salice S.no: 770m dall'aerogeneratore S10 di progetto;*

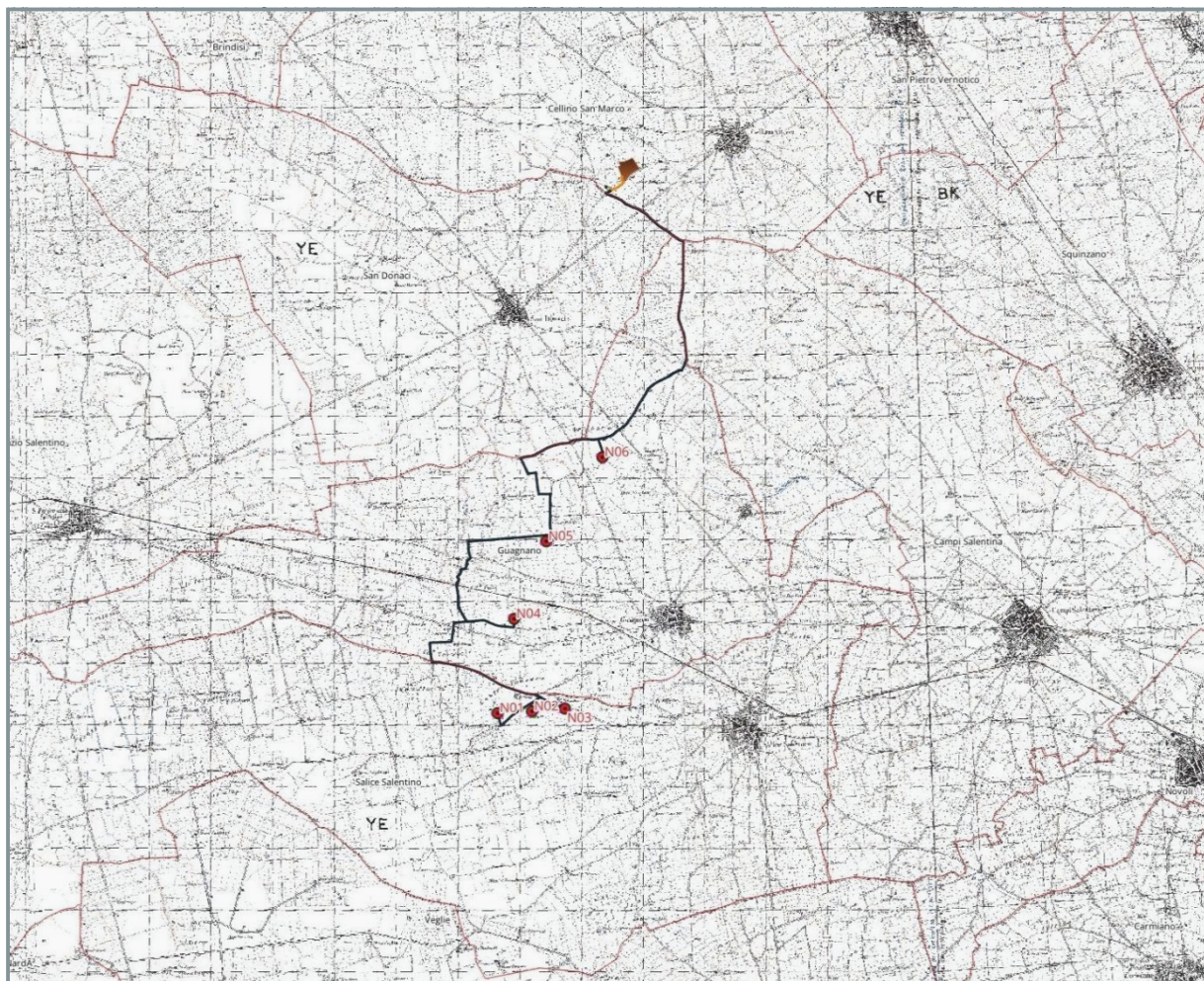




Figura 2 Inquadramento territoriale su cartografia IGM

Il layout in progetto prevede come precedentemente anticipato la realizzazione di n. 6 aerogeneratori della potenza unitaria di 6,0 MW, di produzione Siemens Gamesa SG170, ciascuno avente altezza al mozzo pari a 115 metri, rotore pari a 170 m e altezza totale pari a 200 metri, per una potenza complessiva di 36 MW.

WTG	X	Y	Z	Comune	Provincia	Foglio	P.lla
N01	747584	4474992	49,0	Salice S.no	Lecce	18	38
N02	748142	4475022	47,0	Salice S.no	Lecce	18	76
N03	748676	4475066	46,0	Salice S.no	Lecce	29	25
N04	747852	4476521	46,0	Guagnano	Lecce	23	195
N05	748374	4477779	42,0	Guagnano	Lecce	22	71
N06	749284	4479142	41,0	Guagnano	Lecce	10	161

Coordinate WGS84 Aerogeneratori ed opere connesse

	RELAZIONE CALCOLO GITTATA		
	Elaborato: O3Q5NM4_RelazioneCalcoloGittata_R32	Rev. 0	

2. CONTENUTI DELLA RELAZIONE

La presente relazione si propone di presentare i risultati del calcolo della gittata massima ottenuta attraverso il movimento di una pala staccatasi da un aerogeneratore. Il Capitolo 2 fornisce una panoramica del sito e del layout dei nuovi aerogeneratori. Nel Capitolo 3 vengono descritte in modo dettagliato le caratteristiche tecniche e costruttive di un moderno aerogeneratore di grandi dimensioni e se ne spiega brevemente il funzionamento. Nel Capitolo 4 viene condotta un'analisi storica e statistica degli incidenti che coinvolgono gli aerogeneratori, focalizzandosi sulle pale. Il Capitolo 5 illustra il metodo di calcolo della gittata massima, mentre nel Capitolo 6 si espongono le conclusioni relative alla posizione dei nuovi aerogeneratori nel sito di costruzione.

Gli aerogeneratori che verranno installati nel nuovo impianto di Guagnano(Le)-Salice Salentino(Le) saranno selezionati sulla base delle più innovative tecnologie disponibili sul mercato. La potenza nominale delle turbine previste sarà pari a massimo 6,0 MW. Il tipo e la taglia esatta dell'aerogeneratore saranno comunque individuati in fase di acquisto della macchina e verranno descritti in dettaglio in fase di progettazione esecutiva. Ai soli fini della valutazione della gittata massima, è stato considerato un aerogeneratore tipo Siemens Gamesa SG 6.0 – 170.

3. GLI AEROGENERATORI E IL LORO FUNZIONAMENTO

Un generatore eolico, noto anche come turbina eolica, è composto dai seguenti sottosistemi principali, che lavorano insieme per generare energia elettrica da fonte eolica in modo efficiente e sostenibile:

1. Il rotore eolico: Questa componente essenziale converte l'energia cinetica del vento in energia meccanica utilizzando pale appositamente sagomate. Le pale possono essere montate su un asse orizzontale o verticale rispetto al terreno, a seconda del tipo di generatore eolico. Nel caso di perente studio le pale sono montate con asse orizzontale.

2. L'apparato di conversione dell'energia:
Il sistema di generazione si basa su un generatore elettrico rotante che viene alimentato dall'energia meccanica del rotore eolico attraverso un sistema di trasmissione. Spesso, un moltiplicatore di giri è incluso per garantire che il generatore operi alla velocità ottimale.

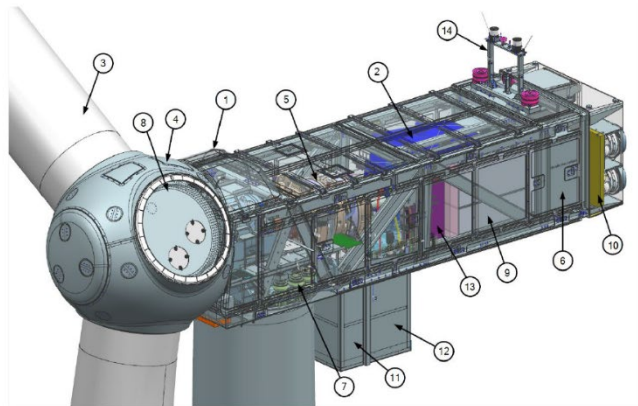
3. Il convertitore statico di frequenza e tensione: Talvolta è necessario un convertitore per ottenere la potenza elettrica con caratteristiche diverse da quelle prodotte dal generatore. Questo componente regola la frequenza e la tensione in uscita per adattarle alle specifiche richieste di utilizzo. Le turbine eoliche ad asse orizzontale, come quelle discusse in questa relazione, di solito presentano tre pale realizzate in vetroresina con rinforzi in fibra di carbonio. Le pale sono progettate con un angolo di calettamento variabile grazie a un sistema di controllo del generatore che ne regola il passo. Oltre al rotore, i generatori eolici ad asse orizzontale includono altri componenti strutturali principali:

- La navicella o gondola: In questa struttura sono alloggiati gli alberi di trasmissione, il moltiplicatore di giri, il generatore e altri componenti elettrici,

Disposizione della navicella

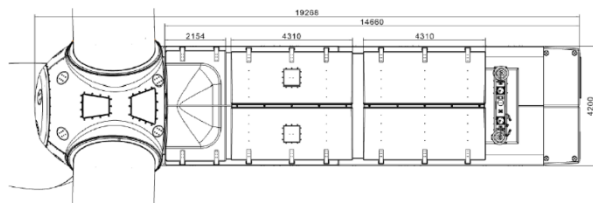
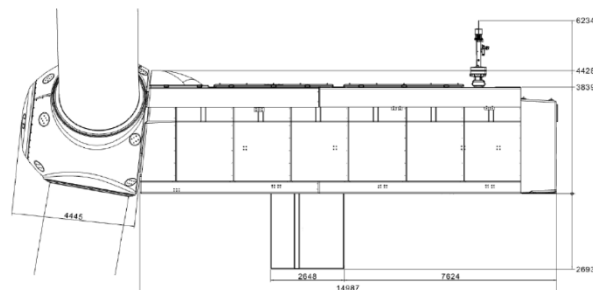
Il design e il layout della navicella sono preliminari e possono essere soggetti a modifiche durante lo sviluppo del Prodotto.

Articolo	Descrizione	descrizione dell'articolo
1	Balsacchino	7 Ingranaggi di immissione
2	Generatore	8 Cuscinetto lama
3	lame	9 Convertitore
4	Spinner/mozzo	10 magnetostatico
5	Riduttore	11 Trasformatore
6	Pannello di controllo	12 Armadio statore.
		13 Armadio di controllo anteriore
		14 struttura aeronautica



DIMENSIONI NAVICELLA

Il design e le dimensioni della navicella sono preliminari e possono subire modifiche durante le fasi di sviluppo del prodotto.



nonché le apparecchiature ausiliarie e di controllo. La navicella è orientata dal sistema di controllo per mantenere l'asse del rotore allineato con la direzione del vento.

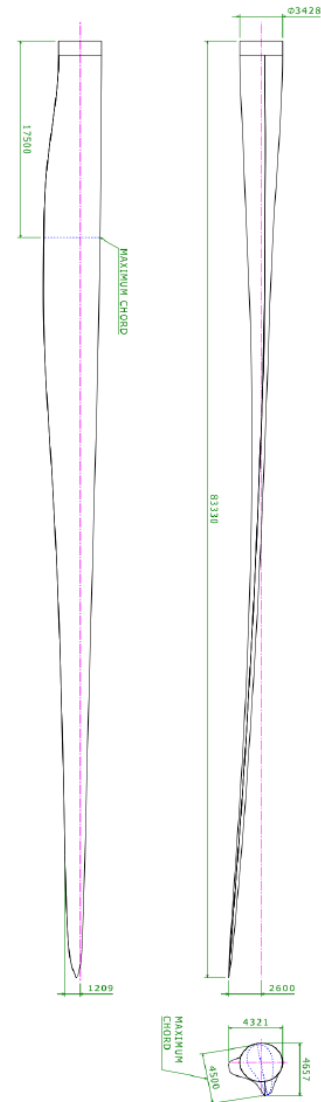
- Il sostegno: Di solito realizzato in metallo con una struttura tubolare o a traliccio, il sostegno ha il compito di mantenere il rotore ad un'adeguata altezza dal suolo, poiché la velocità del vento tende ad aumentare con l'aumentare dell'altezza. Il sostegno è fissato su una fondazione in calcestruzzo armato.

L'utilizzo efficace dei generatori eolici richiede la progettazione e l'integrazione accurata di tutti questi componenti, garantendo un funzionamento affidabile e sicuro degli aerogeneratori.

Il meccanismo di funzionamento della macchina è il seguente: la vena fluida del vento impatta contro le pale della turbina, azionando il moto rotatorio del rotore; quest'ultimo, che è calettato al generatore elettrico attraverso l'albero lento, il moltiplicatore di giri e l'albero veloce, trasferisce l'energia cinetica al generatore, il quale a sua volta la converte in energia elettrica.



Il trasformatore presente in navicella innalza la tensione dell'energia prodotta e attraverso un sistema di cavidotti l'energia prodotta viene immessa nella rete elettrica nazionale.

Disegno della lama



Dimensioni in millimetri

D2056872/018
© Siemens Gamesa Renewable Energy SA, 2020.

	RELAZIONE CALCOLO GITTATA		
	Elaborato: O3Q5NM4_RelazioneCalcoloGittata_R32	Rev. 0	

4. ANALISI STORICA DEGLI INCIDENTI PER ROTTURA DI PALA EOLICA

L'energia eolica rappresenta una delle fonti rinnovabili più promettenti per il futuro dell'industria energetica. Le pale delle turbine eoliche svolgono un ruolo fondamentale nel convertire l'energia del vento in elettricità. Tuttavia, la rottura delle pale può causare gravi incidenti, mettendo a rischio la sicurezza degli operatori e compromettendo l'efficienza del sistema. L'analisi storica degli incidenti per rottura di pala eolica riveste un'importanza cruciale per comprendere le cause principali di tali eventi e per sviluppare tecnologie e innovazioni in grado di prevenirli. In questo articolo esploreremo gli aspetti chiave di questa analisi, l'impatto degli incidenti sul settore dell'energia eolica e le misure di sicurezza adottate per prevenirli.

4.1 Introduzione all'energia eolica e alle pale delle turbine eoliche



L'energia eolica è una forma di energia rinnovabile ottenuta dalla conversione dell'energia cinetica del vento in energia meccanica o elettrica. Questo processo avviene attraverso l'utilizzo di turbine eoliche, le quali sono costituite da varie componenti, tra cui le pale. Le pale delle turbine eoliche sono elementi fondamentali per il corretto funzionamento del sistema e sono progettate per catturare l'energia del vento in modo efficiente.

Le pale delle turbine eoliche sono realizzate in materiali leggeri e resistenti come fibra di vetro o carbonio, in grado di sopportare le sollecitazioni del vento. La forma e la lunghezza delle pale variano in base alle caratteristiche del sito e alla potenza della turbina. Le pale sono progettate in modo da catturare il massimo flusso d'aria possibile, utilizzando una curvatura aerodinamica che sfrutta il principio di Bernoulli.

Tuttavia, nonostante la loro robustezza e l'attenzione posta nella progettazione, le pale delle turbine eoliche possono subire rotture a causa di vari fattori. Tra le cause più comuni di rottura delle pale troviamo le forti raffiche di vento, i fenomeni atmosferici estremi come tempeste o uragani, i difetti di fabbricazione o di installazione, l'usura e la mancanza di manutenzione adeguata.

La rottura di una pala eolica può causare danni significativi, sia in termini di sicurezza che di efficienza. Gli incidenti possono provocare la caduta delle pale, con conseguente pericolo per gli operatori e per le strutture circostanti. Inoltre, una pala rotta può compromettere l'equilibrio del sistema e ridurre la produzione di energia.

Per questo motivo, l'analisi degli incidenti per rottura di pala eolica riveste un'importanza cruciale. Attraverso lo studio delle cause principali degli incidenti passati, è possibile sviluppare nuove tecnologie e innovazioni volte a prevenire tali eventi e garantire la sicurezza e l'efficienza del sistema. Nelle prossime sezioni esploreremo gli incidenti storici più significativi e le misure di sicurezza adottate per prevenirli.

	RELAZIONE CALCOLO GITTATA		
	Elaborato: O3Q5NM4_RelazioneCalcoloGittata_R32	Rev. 0	

4.2 L'importanza dell'analisi degli incidenti per rottura di pala eolica

L'analisi degli incidenti per rottura di pala eolica riveste un ruolo fondamentale nel settore dell'energia eolica, in quanto consente di identificare le cause principali di tali eventi e di adottare misure preventive per evitare che si ripetano. Questa analisi offre una panoramica dettagliata delle circostanze che portano alla rottura delle pale e consente di valutare l'efficacia delle attuali soluzioni tecniche.

Uno dei principali obiettivi dell'analisi degli incidenti è quello di identificare i fattori di rischio associati alla rottura delle pale delle turbine eoliche. Ciò comprende l'individuazione di difetti di progettazione, di fabbricazione o di installazione, così come la valutazione dell'impatto di fenomeni atmosferici estremi o di forti raffiche di vento sulla resistenza strutturale delle pale.



Inoltre, l'analisi degli incidenti permette di valutare l'efficacia delle misure di sicurezza attualmente adottate e di individuare eventuali aree di miglioramento. Questo può includere l'implementazione di nuove tecnologie o l'adozione di protocolli di manutenzione più rigidi al fine di ridurre al minimo il rischio di rotture delle pale.

Un'altra importante dimensione dell'analisi degli incidenti è l'aspetto economico. Gli incidenti per rottura di pala eolica possono comportare costi significativi, sia in termini di riparazione o sostituzione delle pale danneggiate, sia in termini di perdita di produzione di energia. Attraverso l'analisi storica di tali incidenti, è possibile valutare l'impatto finanziario che questi eventi possono avere sul settore dell'energia eolica e sviluppare strategie per minimizzarne gli effetti negativi.

In conclusione, l'analisi degli incidenti per rottura di pala eolica è un processo di fondamentale importanza per l'industria dell'energia eolica. Attraverso questa analisi è possibile identificare le cause principali degli incidenti, valutare l'efficacia delle misure di sicurezza attualmente adottate e sviluppare nuove soluzioni tecniche per prevenire la rottura delle pale delle turbine eoliche.

4.3 Una panoramica degli incidenti storici e delle cause principali

Una panoramica degli incidenti storici legati alla rottura delle pale delle turbine eoliche fornisce preziose informazioni sulla frequenza, l'entità e le cause principali di tali eventi. L'analisi di questi incidenti evidenzia che le rotture possono verificarsi in diverse circostanze e per vari motivi. Uno dei fattori più comuni che porta alla rottura delle pale è rappresentato dalle forti raffiche di vento. Queste condizioni meteorologiche estreme possono esercitare una pressione eccessiva sulle pale, superando i limiti di resistenza strutturale e causando la loro rottura. Altri fenomeni atmosferici come tempeste o uragani possono avere lo stesso effetto.

	RELAZIONE CALCOLO GITTATA		
	Elaborato: O3Q5NM4_RelazioneCalcoloGittata_R32	Rev. 0	

Tuttavia, non sono solo gli eventi atmosferici estremi a causare la rottura delle pale. Anomalie nella progettazione o nella fabbricazione delle pale possono creare punti di debolezza strutturale, predisponendole alla rottura. Ad esempio, difetti nella laminazione o nella connessione delle sezioni delle pale possono comprometterne l'integrità.

Anche la manutenzione inadeguata delle pale può contribuire alla rottura. L'usura naturale nel tempo e la mancanza di ispezioni e riparazioni regolari possono rendere le pale più vulnerabili ai danni strutturali. È fondamentale adottare protocolli di manutenzione adeguati al fine di individuare e risolvere tempestivamente eventuali problemi.

L'analisi storica degli incidenti ha evidenziato anche l'importanza di una corretta installazione delle pale. Errori durante il montaggio o la regolazione delle pale possono causare tensioni eccessive sulla struttura, aumentando il rischio di rottura.

In conclusione, una panoramica degli incidenti storici per rottura di pala eolica ha identificato una serie di cause principali che contribuiscono a tali eventi. Queste includono forti raffiche di vento, difetti di progettazione o di fabbricazione, mancanza di manutenzione adeguata e errori nell'installazione delle pale. Comprendere queste cause è fondamentale per sviluppare nuove soluzioni tecniche e protocolli di sicurezza che riducano al minimo il rischio di rottura delle pale delle turbine eoliche.

Diversi studi condotti a livello internazionale tra il 1990 e il 2014 hanno evidenziato che la probabilità di guasto di una pala in un anno è compresa tra lo 0,1% e lo 0,7%.



La variabilità dei dati è dovuta al differente numero di campioni, a differenti tassi di guasto e differenti ore di manutenzione dovute alla rottura.

Inoltre, uno studio americano del 2013, effettuato su un campione di circa 10,000 aerogeneratori, caratterizzati dall'essere operativi da anni diversi, ha evidenziato che circa il 2% delle turbine (nei 10 anni di funzionamento) richiedono la sostituzione della pala, considerando però anche tutte le sostituzioni che avvengono nei primi due anni di funzionamento dovute a problemi durante il trasporto e la costruzione.

Lo studio evidenzia inoltre che la causa maggiore di rottura delle pale è dovuta all'impatto con i fulmini.

4.4 La tecnologia e le innovazioni per prevenire le rotture delle pale eoliche

Nel corso degli anni, sono state sviluppate diverse tecnologie e innovazioni per prevenire le rotture delle pale eoliche e garantire la sicurezza e l'efficienza del sistema. Una delle soluzioni più comuni è l'utilizzo di materiali avanzati, come le fibre di carbonio, che offrono una maggiore resistenza e

	RELAZIONE CALCOLO GITTATA		
	Elaborato: O3Q5NM4_RelazioneCalcoloGittata_R32	Rev. 0	

leggerezza rispetto ai materiali tradizionali. Questo consente alle pale di sopportare meglio le sollecitazioni del vento e di ridurre il rischio di rottura.

Oltre ai materiali, sono state introdotte nuove tecniche di progettazione per migliorare la resistenza strutturale delle pale. Ad esempio, l'adozione di profili aerodinamici ottimizzati permette di ridurre le sollecitazioni indotte dal vento e di migliorare l'efficienza energetica. Inoltre, l'utilizzo di sensori e sistemi di monitoraggio avanzati consente di rilevare eventuali difetti o anomalie nelle pale in tempo reale, consentendo interventi tempestivi per evitare rotture.



Oltre alle innovazioni tecniche, sono stati sviluppati anche protocolli di manutenzione più rigorosi per prevenire le rotture delle pale. Ispezioni regolari e controlli non distruttivi permettono di individuare tempestivamente eventuali segni di usura o danni strutturali, consentendo di intervenire prima che si verifichino rotture catastrofiche. Inoltre, sono stati adottati protocolli di sostituzione preventiva delle pale per evitare che raggiungano il limite di resistenza strutturale.

Un'altra innovazione degna di nota è l'utilizzo di sistemi di monitoraggio e controllo avanzati. Questi sistemi consentono di raccogliere dati in tempo reale sulle condizioni di vento, sulle sollecitazioni delle pale e sulle vibrazioni, consentendo una gestione più accurata e sicura delle turbine eoliche. Questo permette di adattare le prestazioni delle pale alle condizioni atmosferiche e di prevenire situazioni di sovraccarico che potrebbero portare alla rottura.

In conclusione, la tecnologia e le innovazioni nel settore delle turbine eoliche hanno permesso di sviluppare soluzioni sempre più efficaci per prevenire le rotture delle pale. L'utilizzo di materiali avanzati, la progettazione ottimizzata, i protocolli di manutenzione rigorosi e i sistemi di monitoraggio avanzati sono solo alcune delle soluzioni adottate per garantire la sicurezza e l'efficienza delle pale delle turbine eoliche. Continui progressi in questo settore sono fondamentali per affrontare le sfide future e consolidare l'energia eolica come una fonte affidabile e sostenibile di energia.

4.5 L'impatto degli incidenti sul settore dell'energia eolica

Gli incidenti per rottura di pala eolica possono avere un impatto significativo sul settore dell'energia eolica, sia dal punto di vista economico che ambientale. Dal punto di vista economico, gli incidenti comportano costi elevati per riparare o sostituire le pale danneggiate. Ciò comporta una perdita di tempo e di risorse per le aziende del settore, che devono interrompere la produzione e affrontare spese impreviste. Inoltre, gli incidenti possono comportare una diminuzione della produzione di energia eolica, influenzando negativamente la capacità di fornire energia alle reti elettriche.

	RELAZIONE CALCOLO GITTATA		
	Elaborato: O3Q5NM4_RelazioneCalcoloGittata_R32	Rev. 0	

Dal punto di vista ambientale, gli incidenti possono avere un impatto negativo sulla sostenibilità dell'energia eolica. La rottura delle pale può causare la dispersione di materiali dannosi per l'ambiente, come la fibra di vetro o il carbonio. Ciò può contaminare il suolo e l'acqua circostante, compromettendo la biodiversità degli ecosistemi locali. Inoltre, gli incidenti possono generare una percezione negativa dell'energia eolica da parte del pubblico, portando a una minore accettazione sociale e a una riduzione degli investimenti nel settore.



L'impatto degli incidenti sul settore dell'energia eolica sottolinea l'importanza di adottare misure preventive e di investire in tecnologie e innovazioni per garantire la sicurezza delle pale delle turbine eoliche. Ciò include l'implementazione di rigidi protocolli di manutenzione, l'utilizzo di materiali avanzati e la progettazione ottimizzata delle pale. Inoltre, è fondamentale promuovere la formazione e la sensibilizzazione degli operatori del settore sull'importanza della sicurezza e sulla corretta gestione delle turbine eoliche.

In conclusione, gli incidenti per rottura di pala eolica hanno un impatto significativo sul settore dell'energia eolica, generando costi economici e ambientali. È fondamentale adottare misure preventive e investire in tecnologie innovative per garantire la sicurezza delle pale delle turbine eoliche. Solo attraverso un impegno continuo per la prevenzione degli incidenti e la ricerca di soluzioni tecniche avanzate sarà possibile garantire la sostenibilità e l'efficienza dell'energia eolica come fonte di energia rinnovabile.

4.6 Le misure di sicurezza e i protocolli di manutenzione per prevenire gli incidenti

Per prevenire gli incidenti per rottura di pala eolica, sono necessarie misure di sicurezza e protocolli di manutenzione rigorosi. Una delle prime linee di difesa è la progettazione e la fabbricazione delle pale. È essenziale garantire la qualità dei materiali utilizzati e il corretto assemblaggio delle sezioni delle pale. Inoltre, le pale devono essere progettate tenendo conto delle condizioni ambientali e dei carichi che devono sopportare. L'adozione di tecnologie avanzate, come l'utilizzo di sensori e sistemi di monitoraggio, permette di rilevare tempestivamente eventuali anomalie e di intervenire prima che si verifichino rotture.

La manutenzione delle pale delle turbine eoliche è un aspetto cruciale per garantire la loro integrità strutturale. I protocolli di manutenzione dovrebbero prevedere ispezioni regolari delle pale, in cui vengono controllati eventuali segni di usura, danni o difetti strutturali. È fondamentale adottare tecniche di controllo non distruttive per individuare eventuali problemi interni che potrebbero

	RELAZIONE CALCOLO GITTATA		
	Elaborato: O3Q5NM4_RelazioneCalcoloGittata_R32	Rev. 0	

compromettere la resistenza delle pale. Inoltre, è necessario seguire un programma di manutenzione preventiva, che preveda interventi tempestivi e riparazioni quando necessario. La formazione e la sensibilizzazione del personale coinvolto nella gestione e nella manutenzione delle pale eoliche sono altrettanto importanti. Gli operatori devono essere adeguatamente formati sulle procedure di sicurezza e sui protocolli di manutenzione corretti. Devono essere in grado di identificare segnali di potenziali problemi e di adottare le giuste misure correttive.

Infine, è fondamentale promuovere una cultura della sicurezza all'interno del settore dell'energia eolica. Le aziende devono assumersi la responsabilità di garantire la sicurezza delle loro strutture e adottare misure preventive per prevenire gli incidenti. L'industria nel suo complesso deve condividere le buone pratiche e le lezioni apprese dagli incidenti, al fine di migliorare continuamente le misure di sicurezza e i protocolli di manutenzione.



In conclusione, le misure di sicurezza e i protocolli di manutenzione sono fondamentali per prevenire gli incidenti per rottura di pala eolica. La progettazione corretta delle pale, l'adozione di tecnologie avanzate, la manutenzione regolare e il coinvolgimento di personale adeguatamente formato sono tutti elementi chiave per garantire la sicurezza e l'integrità delle pale delle turbine eoliche. Solo attraverso un approccio olistico alla sicurezza e alla manutenzione sarà possibile ridurre al minimo il rischio di incidenti e garantire l'efficienza e la sostenibilità dell'energia eolica.

4.7 Il futuro delle pale eoliche: nuove soluzioni per garantire la sicurezza e l'efficienza.

Il continuo sviluppo tecnologico nel settore delle pale eoliche apre nuove prospettive per garantire la sicurezza e l'efficienza delle turbine. Una delle tendenze emergenti è l'utilizzo di materiali compositi avanzati, come le nanofibre di carbonio, che offrono una maggiore resistenza e durata rispetto ai materiali tradizionali. Questo permette di progettare pale più leggere e più resistenti, in grado di sopportare carichi elevati e ridurre il rischio di rotture.

Inoltre, si stanno studiando nuove geometrie delle pale, come le pale a forma di ala d'aquila, che sfruttano il principio dell'aerodinamica per massimizzare l'efficienza energetica e ridurre le sollecitazioni strutturali. Altre soluzioni innovative includono l'utilizzo di sistemi di controllo attivo delle pale, che consentono di regolare l'angolo di attacco in tempo reale per adattarsi alle variazioni delle condizioni del vento e ridurre lo stress sulla struttura.

La digitalizzazione e l'integrazione di sensori e sistemi di monitoraggio avanzati rappresentano un'altra direzione promettente. Questi sistemi consentono di raccogliere e analizzare dati in tempo reale sulle condizioni ambientali, le sollecitazioni delle pale e le vibrazioni, consentendo una gestione proattiva delle turbine eoliche. Inoltre, l'intelligenza artificiale e l'apprendimento automatico possono



	RELAZIONE CALCOLO GITTATA		
	Elaborato: O3Q5NM4_RelazioneCalcoloGittata_R32	Rev. 0	

essere utilizzati per prevedere e prevenire potenziali guasti delle pale, consentendo interventi tempestivi e riducendo il rischio di incidenti.

Infine, si sta investendo nella ricerca di nuove soluzioni per il riciclaggio e la gestione sostenibile delle pale eoliche in fine vita. Questo include lo sviluppo di tecniche avanzate di riciclaggio dei materiali compositi, al fine di ridurre l'impatto ambientale e promuovere la sostenibilità dell'intero ciclo di vita delle pale.

In conclusione, il futuro delle pale eoliche si prospetta promettente, con nuove soluzioni tecnologiche che mirano a garantire la sicurezza e l'efficienza delle turbine. L'utilizzo di materiali avanzati, l'ottimizzazione della geometria delle pale, l'integrazione di sistemi di controllo e monitoraggio avanzati e la ricerca di soluzioni per il riciclaggio sostenibile sono tutti elementi chiave per il successo del settore dell'energia eolica. L'innovazione continua e la collaborazione tra aziende, istituti di ricerca e autorità regolatorie saranno fondamentali per affrontare le sfide future e consolidare l'energia eolica come una fonte affidabile, sicura ed efficiente di energia rinnovabile.

L'analisi storica degli incidenti per rottura di pala eolica fornisce un prezioso contributo per comprendere le cause e gli effetti di tali incidenti nel corso del tempo. Attraverso lo studio di casi precedenti, è possibile identificare le principali cause degli incidenti, come la fatica del materiale, le condizioni ambientali estreme o errori nella progettazione e nella manutenzione. L'analisi degli incidenti può anche fornire indicazioni sulle tendenze emergenti e sulle aree in cui sono necessari miglioramenti. Queste informazioni sono fondamentali per sviluppare nuove soluzioni tecniche e normative al fine di prevenire gli incidenti futuri. Inoltre, l'analisi storica degli incidenti può contribuire a migliorare la formazione e la sensibilizzazione degli operatori del settore, fornendo esempi concreti di situazioni critiche e di best practice per prevenire gli incidenti. In definitiva, l'analisi storica degli incidenti per rottura di pala eolica gioca un ruolo fondamentale nel miglioramento continuo del settore dell'energia eolica, promuovendo la sicurezza, l'efficienza e la sostenibilità delle turbine eoliche. In conclusione, l'analisi storica degli incidenti per rottura di pala eolica riveste un ruolo di fondamentale importanza per comprendere le cause, gli effetti e le tendenze legate a questi incidenti nel settore dell'energia eolica. Attraverso l'analisi dettagliata degli incidenti passati, è possibile identificare le principali problematiche e implementare soluzioni preventive, come l'utilizzo di materiali avanzati, la progettazione ottimizzata delle pale e l'implementazione di protocolli di manutenzione rigorosi. L'obiettivo principale è garantire la sicurezza e l'efficienza delle turbine eoliche, riducendo al minimo il rischio di incidenti e contribuendo alla sostenibilità dell'energia eolica come fonte di energia rinnovabile. L'analisi storica degli incidenti rappresenta una guida preziosa per il futuro del settore, incoraggiando l'innovazione continua e la collaborazione tra aziende, istituti

	RELAZIONE CALCOLO GITTATA		
	Elaborato: O3Q5NM4_RelazioneCalcoloGittata_R32	Rev. 0	

di ricerca e autorità regolatorie al fine di promuovere una gestione sicura ed efficiente delle pale delle turbine eoliche.

5. ROTTURA PALA E CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA – MODELLO DI CALCOLO

L'analisi della rottura improvvisa di una pala dell'aerogeneratore è un aspetto cruciale nella fase di progettazione e nella localizzazione degli impianti eolici. Sia la rottura del giunto di collegamento tra mozzo e pala, che i fenomeni di fatica sul profilo di pala causati dalla discontinuità della struttura, rappresentano le principali cause di questo evento.



Questo studio si propone di analizzare il percorso di caduta di una pala in caso di distacco. A differenza di un normale moto parabolico, in cui l'angolo di lancio per ottenere la massima distanza è di 45° , la complessa struttura geometrica e aerodinamica della pala richiede un'analisi più approfondita del fenomeno di distacco.

Dal punto di vista teorico, se non consideriamo le caratteristiche aerodinamiche della pala, la massima distanza di volo si ottiene quando la separazione avviene in corrispondenza di un angolo di 45 gradi rispetto alla posizione della pala e il frammento si muove come un giavellotto. Tuttavia, nella realtà, la pala ha una complessità aerodinamica che rende praticamente impossibile un movimento a "giavellotto": le forze di resistenza viscosa, l'azione del vento e il complesso moto di rotazione causato dal profilo aerodinamico della pala o del frammento di pala contrastano il movimento e riducono il tempo e la distanza di volo.

La traiettoria iniziale del frammento di pala è determinata principalmente dall'angolo in cui avviene la separazione e dalle forze e momento di inerzia che agiscono su di esso. Viene dunque evidenziato che l'azione aerodinamica complessa della pala influisce notevolmente sulla traiettoria e sui movimenti del frammento di pala distaccato. Tuttavia, il movimento a "giavellotto" descritto dalle teorie ideali non si verifica nella pratica, a causa delle varie forze e resistenze che ne limitano il volo. Di seguito vengono fornite alcune definizioni ed ipotesi fondamentali per calcolare la massima distanza percorsa (gittata), come trattato nei successivi paragrafi:

- **Gittata (L)**: è la distanza percorsa lungo l'asse orizzontale da un oggetto in volo. Dipende dall'angolo di distacco, dalle dimensioni, peso e profilo aerodinamico della pala, dalla velocità di rotazione dell'oggetto, dalla velocità del vento e dalle forze di attrito che agiscono sulla pala durante il volo.

- **Tempo di volo (T)**: è l'intervallo di tempo che passa tra il momento del distacco e l'arrivo a terra dell'oggetto in volo (il tempo trascorso in aria). Come per la gittata, dipende dalle caratteristiche della pala, dall'angolo di distacco e dalla velocità di rotazione dell'oggetto.

	RELAZIONE CALCOLO GITTATA		
	Elaborato: O3Q5NM4_RelazioneCalcoloGittata_R32	Rev. 0	

Il tempo di volo è determinato:

- dalla componente verticale della velocità iniziale posseduta dalla pala/seziona di pala immediatamente dopo il distacco, in corrispondenza del suo punto baricentrico;
- dalla posizione rispetto al suolo;
- dall'accelerazione verticale;
- dalle forze di attrito agenti sulla pala/seziona di pala stessa.

Il tempo di volo che si deduce da tali considerazioni è successivamente utilizzato per il calcolo della distanza.

Per calcolare la massima gittata dell'aerogeneratore, è necessario assumere alcune semplificazioni che descrivono il modello del moto parabolico:

- Si suppone che la pala si stacchi istantaneamente nella sua interezza. Questa ipotesi è molto conservativa in quanto non tiene conto della resistenza opposta dalla pala.
- Si assume che la turbina stia ruotando alla massima velocità (massimi giri al minuto) al momento del distacco.
- Si considerano solo gli effetti gravitazionali sul moto e non quelli dell'aria e del vento. Questa ipotesi è conservativa in quanto trascurare gli effetti dell'aria e del vento porta a sovrastimare il valore della gittata massima della pala distaccata per garantire la sicurezza. Gli effetti di portanza sul profilo della pala vengono trascurati.
- Il moto della pala al momento del distacco è complesso e dipende dalle sue dimensioni, dal peso e dalle forze aerodinamiche in gioco. Il modello teorico che meglio descrive questo moto è il "moto rotazionale complesso", che permette di descrivere il movimento tridimensionale della pala considerando i moti di rotazione agli assi xx , yy , zz .

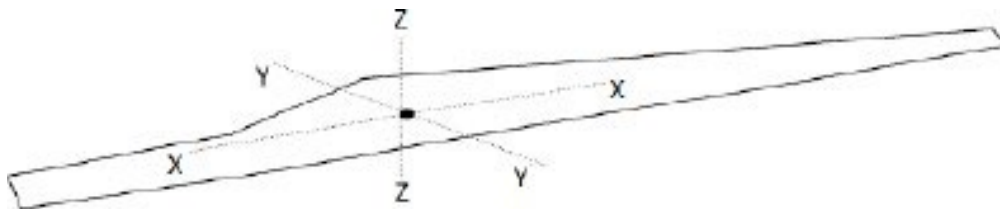


Fig.3 Tipo schema pala WTG

In questa analisi, trascurando gli effetti dell'aria e del vento, il moto della pala distaccata viene descritto attraverso il movimento del suo centro di massa (baricentro), che si trova ad $1/3$ della sua lunghezza. Queste considerazioni sono utili per descrivere un moto che dipende solo dagli effetti

gravitazionali. Questa ipotesi, che non considera effetti di attrito e il moto rotazionale complesso, porta a sovrastimare il valore della gittata a favore della sicurezza.

- Non si suppone alcuna variazione della velocità del vento durante il volo. La velocità del vento durante il volo viene considerata uguale alla velocità al momento del distacco e uguale alla massima velocità di funzionamento.

In conclusione, è possibile analizzare il percorso di caduta di una pala dell'aerogeneratore nel caso di distacco. Le considerazioni sopra riportate permettono di calcolare la massima distanza percorsa dall'oggetto e di valutare gli aspetti di sicurezza legati a questo evento.

5.1 L'AEROGENERATORE DI PROGETTO

Gli aerogeneratori che verranno installati presso il nuovo impianto oggetto di questo studio saranno selezionati sulla base delle più innovative tecnologie disponibili sul mercato. La potenza nominale delle turbine previste sarà pari a massimo 6,0 MW. Il tipo e la taglia esatta dell'aerogeneratore saranno comunque individuati in seguito della fase di acquisto della macchina e verranno descritti in dettaglio in fase di progettazione esecutiva.

Si riportano di seguito le caratteristiche tecniche dell'aerogeneratore (in grassetto i valori necessari per il calcolo della gittata):

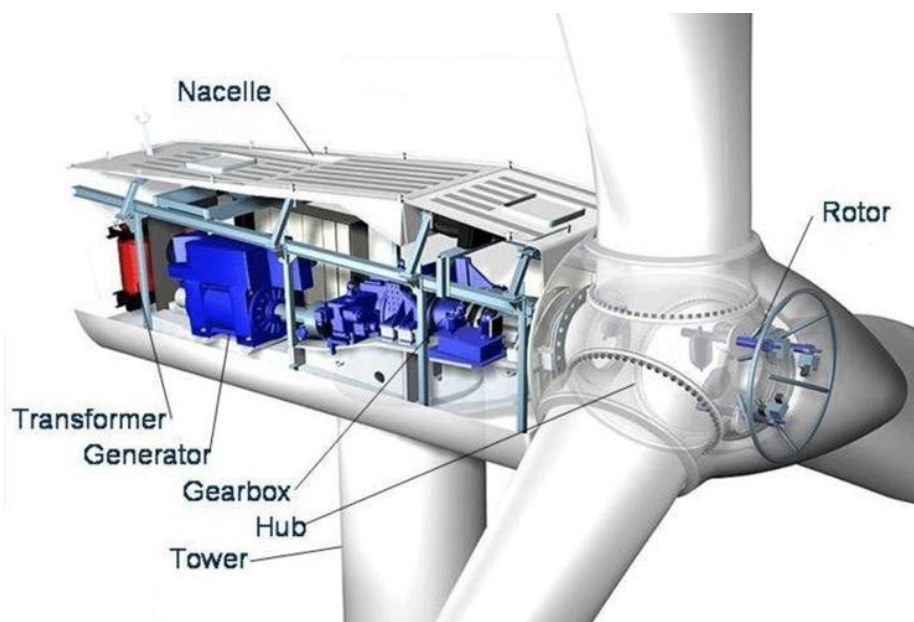




Fig.4 Tipico navicella WTG²

²<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.rifaidate.it%2Fecosostenibile%2Feolico%2Fgeneratore->

[eolico.asp&psig=AOvVaw1NMTQBvHvGqF2h3GXeFQ2F&ust=1691603047907000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCLjvzsOzYADFQAAAAAdAAAABAAU](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.rifaidate.it%2Fecosostenibile%2Feolico%2Fgeneratore-eolico.asp&psig=AOvVaw1NMTQBvHvGqF2h3GXeFQ2F&ust=1691603047907000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCLjvzsOzYADFQAAAAAdAAAABAAU)

	RELAZIONE CALCOLO GITTATA		
	Elaborato: O3Q5NM4_RelazioneCalcoloGittata_R32	Rev. 0	

POTENZA NOMINALE	6,0 MW
DIAMETRO ROTORE	170 m
LUNGHEZZA DELL'ELICA	83,33 m
CORDA MASSIMA DELL'ELICA	4,5 m
AREA SPAZZATA	22.698 mq
ALTEZZA MOZZO (Hm)	115 m
VELOCITA' DI ATTIVAZIONE	3 m/s
VELOCITA' NOMINALE	10 m/s
VELOCITA' DI ARRESTO	25 m/s
VELOCITA' ANGOLARE (n)	8,8 giri/minuto

Caratteristiche principali dell'aerogeneratore

L'impianto in questione sarà equipaggiato con un aerogeneratore ad asse orizzontale, caratterizzato da un rotore tripala a passo variabile e una potenza massima di 6000 KW. Questo aerogeneratore di ultima generazione è già ampiamente utilizzato in altri parchi eolici in Italia e nell'Unione Europea, garantendo un ottimale sfruttamento della risorsa vento e offrendo elevate misure di sicurezza. Il rotore, con un diametro di 170 m, è composto da pale realizzate in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro, montate su un mozzo rigido in acciaio. La navicella, realizzata in carpenteria metallica con una carenatura in vetroresina e lamiera, ospita il generatore elettrico e le attrezzature idrauliche e elettriche di controllo.

Il supporto principale dell'aerogeneratore è costituito da una torre tubolare troncoconica in acciaio, alta fino a 115 m rispetto all'asse del rotore. La torre è realizzata mediante la saldatura di lastre di acciaio laminate, creando una struttura robusta e resistente.

L'altezza totale dell'aerogeneratore raggiunge i 200 m.

Per garantire la sicurezza operativa dell'aerogeneratore, viene installato un sistema completo di segnalazione aerea, conforme alle disposizioni dell'ENAC. Durante la notte, una luce rossa è posizionata sul lato superiore della navicella. Durante il giorno, la visibilità della pala è garantita

grazie alla colorazione adottata; le estremità delle pale vengono verniciate con tre bande di colore rosso, ciascuna lunga 6 m, per un totale di 18 m.

La navicella è dotata di un sistema antincendio composto da rilevatori di fumo e CO, che rilevano eventuali incendi e attivano un sistema di spegnimento ad alta pressione ad acqua atomizzata per i componenti meccanici e con gas inerte (azoto) per i componenti elettrici. Inoltre, il rivestimento della navicella è realizzato con materiali autoestinguenti.

Per proteggere l'aerogeneratore da danni causati dai fulmini, è stato installato un sistema antifulmine completo.

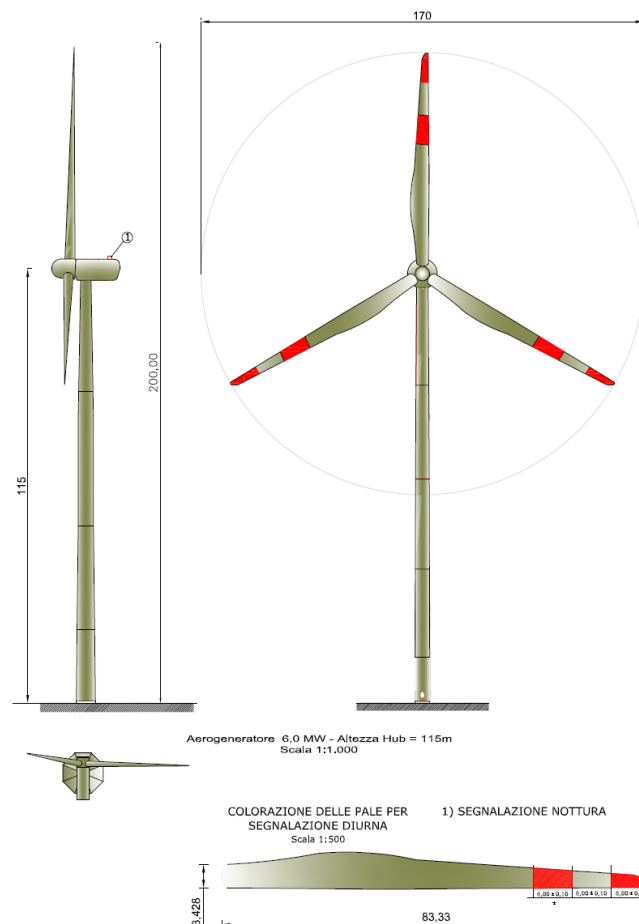


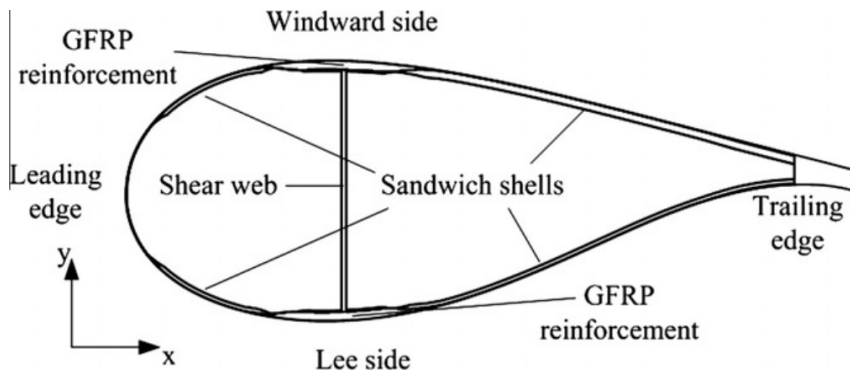
Fig.5 Vista e caratteristiche dell'aerogeneratore di riferimento – SG170-6,0

Conduttori integrati nelle pale del rotore catturano la scarica elettrica e la indirizzano attraverso un sistema di conduttori a bassa impedenza fino alla messa a terra. La corrente del fulmine viene poi scaricata dalla navicella alla torre tramite collettori ad anelli e scaricatori di sovratensioni. Infine, il dispersore di terra consente di smaltire la corrente del fulmine in modo sicuro verso il terreno.

Tutti i dispositivi antifulmine soddisfano gli standard internazionali più elevati, rientrando nella Classe I di protezione, in conformità con lo standard IEC 61024-1.

I materiali utilizzati per le pale delle turbine eoliche hanno un'impatto significativo sulle loro prestazioni e proprietà, come il peso, il meccanismo di danneggiamento e la durata. Di solito, le pale sono realizzate con materiali compositi a matrice polimerica, che combinano compositi monolitici e strutture a sandwich. Mentre i compositi rinforzati con fibra di vetro sono il materiale predominante, si stanno sempre più utilizzando compositi rinforzati con fibra di carbonio per ridurre il peso delle pale di grandi dimensioni.

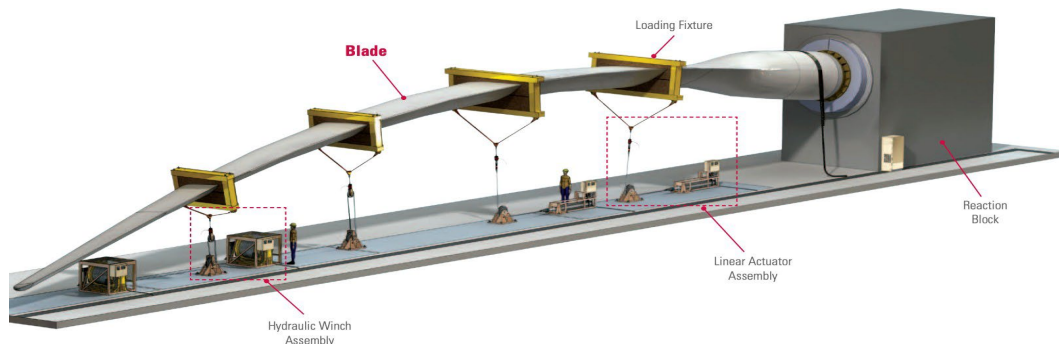
Le strutture a sandwich sono state molto efficaci nel creare componenti leggeri con elevata rigidità alla flessione, resistenza e stabilità. Tuttavia, per prolungare la durata delle pale e ridurre i rischi operativi, è fondamentale sviluppare tecnologie di test, ispezione e monitoraggio che siano adatte alle caratteristiche strutturali e ai materiali delle pale delle turbine eoliche.



Tipica sezione trasversale di una pala eolica ³

Per quanto riguarda i test, le proprietà meccaniche sono misurate attraverso prove di trazione, compressione e taglio, e le loro combinazioni, che includono prove statiche, prove di fatica e prove modali. Le prove statiche servono a verificare la capacità di resistere al carico limite e a garantire la stabilità. Le prove di fatica, invece, sono condotte sotto carichi ciclici per dimostrare la resistenza e la durata delle pale.



L'analisi modale, invece, viene utilizzata per determinare i parametri dinamici delle pale attraverso prove sui modelli. Questo metodo è comunemente utilizzato per caratterizzare le proprietà dinamiche delle pale delle turbine eoliche.



Prova statica su una pala di turbina eolica a scala reale⁴

[1] ³ «Martin Leong, Lars C.T. Overgaard, Ole T. Thomsen, Erik Lund, Isaac M. Daniel, Investigation of failure mechanisms in GFRP sandwich structures with face sheet wrinkle defects used for wind turbine blades, Composite Structures, Volume 94, Issue 2, 2012».

[2] ⁴ «MTS- Wind Turbine Blade Testing Solutions Optimize the reliability of your designs and the overall

	RELAZIONE CALCOLO GITTATA		
	Elaborato: O3Q5NM4_RelazioneCalcoloGittata_R32	Rev. 0	

Per quanto riguarda le ispezioni e il monitoraggio, questi sono essenziali dato che le pale delle turbine eoliche stanno diventando sempre più complesse e di dimensioni maggiori. In caso di guasto di una pala, il rotore può sbilanciarsi e causare danni catastrofici all'intera turbina. Pertanto, è vitale individuare tempestivamente eventuali problemi strutturali per una migliore pianificazione della manutenzione. Le tecniche di ispezione e monitoraggio più comuni per le pale delle turbine eoliche includono test ad ultrasuoni, emissioni acustiche, termografia, radiografia (raggi x) e analisi delle vibrazioni. È importante sottolineare che la differenza tra un'ispezione e un sistema di monitoraggio risiede nella possibilità di implementare queste tecniche durante il funzionamento o in modalità di stop.

Rottura della pala alla radice

La rottura della pala alla radice è un evento che, nel corso della storia, si è dimostrato probabile, in proporzione al numero totale di rotture. Ciò è dovuto principalmente alla criticità strutturale della sezione di attacco. Le cause di questo fenomeno sono principalmente due:

- 1) La struttura che passa da un carico distribuito sulle fibre alla flangia di attacco presenta una discontinuità, che crea inevitabili concentrazioni di tensione nel tempo e può portare a problemi di affaticamento e rottura. È importante sottolineare che gli esperti nell'ambito della costruzione hanno preso coscienza di questo problema e, negli ultimi anni, hanno implementato diverse soluzioni che hanno notevolmente migliorato le prestazioni.
- 2) L'altro fattore che può portare alla rottura è la giunzione bullonata tra la pala e il mozzo. Il longherone è dotato di attacchi filettati che consentono di collegarlo al mozzo mediante bulloni che vengono opportunamente serrati durante l'installazione della turbina. Il precarico dei bulloni, ottenuto attraverso la loro serratura, ha un impatto determinante sulla resistenza dei bulloni stessi ai carichi di fatica. Per questa ragione, è necessario controllare il serraggio durante le operazioni di manutenzione programmata della turbina.

Un elemento davvero cruciale per determinare la distanza massima raggiunta è il raggio baricentrico (rg). Per capire quanto lontano può arrivare un oggetto, dobbiamo considerare il suo movimento parabolico rispetto al centro di massa. A causa della distribuzione disomogenea di massa sulla pala, possiamo approssimare il baricentro a circa 1/3 della sua lunghezza. Quindi, per gli aerogeneratori esaminati in questo studio, il raggio baricentrico sarà di 27,777 metri.

Le caratteristiche come la velocità angolare, la velocità periferica e il movimento parabolico sono descritte nel baricentro. Una volta che abbiamo individuato la distanza massima al raggio

baricentrico, possiamo trovare la distanza massima al "tip" della pala sommando la lunghezza tra il "tip" e il raggio baricentrico.

Per il calcolo della distanza, abbiamo ipotizzato una velocità di rotazione di 8,8 giri al minuto, valore ottenuto da dati tecnici dell'aerogeneratore.

5.2 CALCOLO DELLA GITTATA MASSIMA

Le equazioni del moto di un punto materiale soggetto solo alla forza di gravità sono:

$$x'' = 0$$

$$y'' = -g$$

dove $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità.

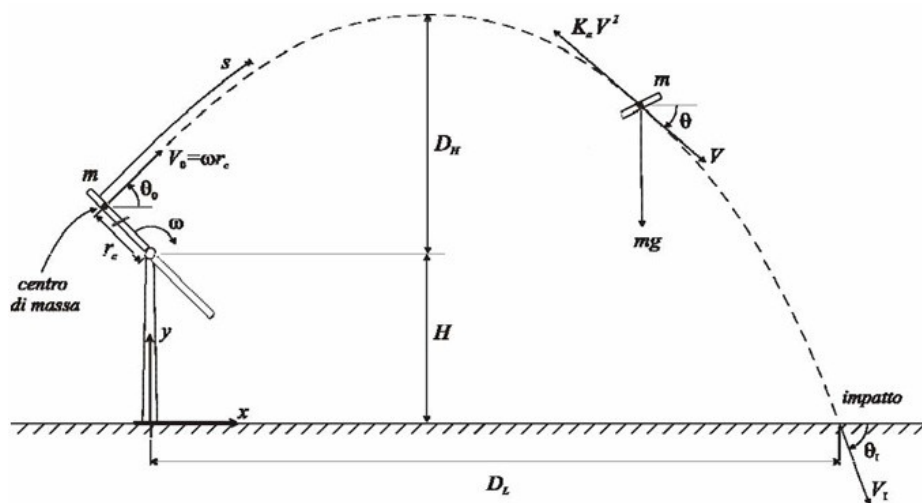


Fig.6 Traiettoria della pala



La legge del moto, soluzione di queste equazioni è:

$$x(t) = x_0 + v_x t$$

$$y(t) = y_0 + v_y t - \frac{1}{2} g t^2$$

dove $(x_0; y_0)$ è la posizione iniziale del punto materiale e $(v_x; v_y)$ è la sua velocità. La traiettoria del punto materiale intercetta il suolo al tempo T tale che $y(T) = 0$. Dalla legge del moto si ottiene:

$$T = \frac{v_y}{g} + \frac{1}{g} \sqrt{v_y^2 + 2 y_0 g}$$

	RELAZIONE CALCOLO GITTATA		
	Elaborato: O3Q5NM4_RelazioneCalcoloGittata_R32	Rev. 0	

scartando la soluzione corrispondente a tempi negativi.

Consideriamo il moto bidimensionale dell'elemento rotante, come il moto di un punto materiale concentrato nel baricentro, tenendo conto solo delle forze gravitazionali e supponendo trascurabile l'influenza dei vari agenti atmosferici, in particolare le forze di attrito dell'aria e quelle del vento.

Chiamiamo con (n) il numero di giri al minuto primo compiuti dal corpo in movimento circolare. Tenuto conto che ad ogni giro l'angolo descritto dal corpo in movimento è pari a 2π radianti, per n giri avremo $2\pi n$ radianti/minuto, che è appunto la velocità angolare del corpo in movimento.

Volendo esprimere la velocità angolare in radianti al secondo avremo:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \text{ rad/sec}$$

Date le caratteristiche geometriche della pala, e considerata la distribuzione dei pesi lungo il profilo della stessa, si ritiene con buona approssimazione che il baricentro sia posizionato ad un terzo rispetto alla lunghezza della pala, ad una distanza dal centro di rotazione pari a circa:

$$r_g = (170/2 - 83,33) + 83,33/3 \text{ m} = 29,4467 \text{ m}$$

essendo il diametro del rotore $D = 170 \text{ m}$ e la lunghezza di ciascuna pala $R = 83,33 \text{ m}$ circa.

Per determinare la velocità del baricentro della pala basta moltiplicare la distanza del baricentro dal centro di rotazione per la velocità angolare pari a 8,8 giri/minuto.



Per questa velocità angolare, la velocità periferica del baricentro della pala risulta pari a:

$$V_g = \omega \cdot r_g = \frac{2\pi n}{60} r_g = 27,1 \text{ m/sec}$$

La posizione e la velocità iniziale sono determinati, oltre che dalla velocità tangenziale appena calcolata, anche dall'angolo θ della pala al momento del distacco.

Essi sono legati alla posizione ed alla velocità iniziale dalle relazioni:

$$\begin{aligned} x_0 &= - r_g \\ \cos(\theta) y_0 &= \\ &H + r_g \\ \sin(\theta) v_x &= \end{aligned}$$

	RELAZIONE CALCOLO GITTATA		
	Elaborato: O3Q5NM4_RelazioneCalcoloGittata_R32	Rev. 0	

$$V_g \sin(\theta)$$

$$v_y = V_g \cos(\theta)$$

La gittata L è la distanza dalla torre del punto di impatto al suolo della pala; l'altezza H è l'altezza del mozzo della torre (115 m). Dalla legge del moto otteniamo:

$$L = x(T)$$

Sostituendo l'espressione per T ricavata sopra, otteniamo la gittata L in termini di V_g e di θ :

$$L = -rg \cos(\theta) + \frac{V_g \sin(\theta)}{g} [V_g \cos(\theta) + \sqrt{(V_g^2 \cos^2(\theta) + 2(H + rg \sin(\theta))g}]$$

Nella formula di L sopra riportata, si assumono i seguenti dati:

$$V_g = 27,1 \text{ m/s}$$

$$rg = 29,4467 \text{ m (raggio baricentrico)}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$H = 115 \text{ m}$$

V_g velocità angolare del baricentro

Rg raggio baricentrico

G accelerazione di gravità

H altezza del centro di rotazione della pala

Il valore massimo della gittata dipenderà dall'angolo θ .

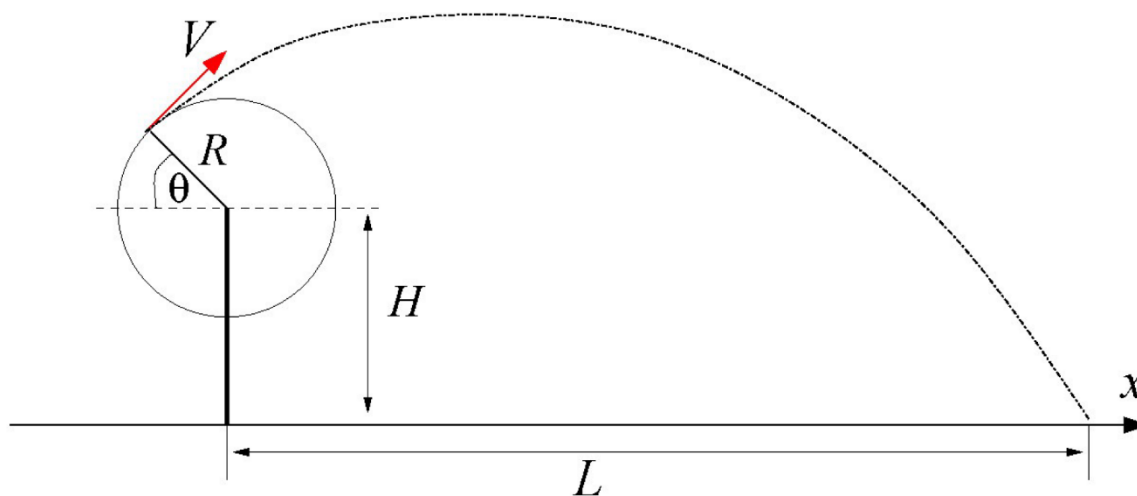


Fig.7 – Schema gittata

Angolo di distacco θ .	Distanza di caduta
0,00	-29,4467
0,35	48,21441
0,70	112,7796
1,05	147,5721
1,40	152,7846
1,75	137,1854
2,09	112,379
2,45	83,37208
2,80	55,65531
3,14	29,56808
3,50	1,836842
3,85	-26,9206
4,19	-58,3409
4,55	-95,8734
4,90	-131,579
5,24	-152,609
5,60	-143,727
5,95	-98,1129
6,28	-30,1661

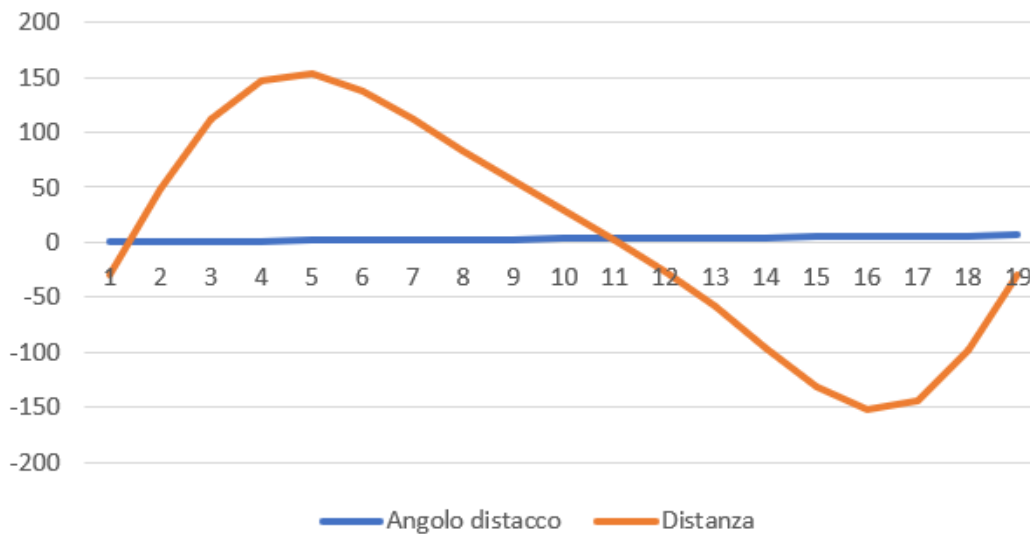


Fig.8 Risultati del calcolo

Si noti che, fissato un generico angolo θ , la gittata aumenta quadraticamente con Vg salvo i casi particolari $\theta = + 90^\circ, 0^\circ, 180^\circ$, nei quali la gittata aumenta linearmente con V oppure è pari ad rg .



Come si evidenzia dal grafico, il valore massimo della gittata è pari a 152,005 m, con un angolo di distacco pari a:

$$\theta = 5,24 \text{ rad}$$

Pertanto, nell'ipotesi di distacco di una pala nel punto di serraggio del mozzo, punto di maggiore sollecitazione a causa del collegamento, considerando le seguenti ipotesi:

- ✓ il baricentro della pala è posizionato ad 1/3 rispetto alla lunghezza della pala;
- ✓ il moto del sistema è considerato di tipo rigido non vincolato;
- ✓ si ritengono trascurabili le forze di resistenza dell'aria;
- ✓ le componenti dell'accelerazione saranno $a_x = 0, a_y = -g$.
- ✓ la velocità periferica è uguale a quella calcolata in precedenza (incrementata del 5% rispetto alla massima di esercizio)
- ✓ il massimo valore della gittata sarà pari al valore calcolato in precedenza, 152,609 m, per $\theta = 5,24 \text{ rad}$, al quale dovrà aggiungersi la distanza del vertice della pala dal baricentro, ovvero 53,863 m, per un valore complessivo

$$L_{tot} = 206,472 \text{ m}$$

	RELAZIONE CALCOLO GITTATA		
	Elaborato: O3Q5NM4_RelazioneCalcoloGittata_R32	Rev. 0	

Ltot = 210 m

5.3 FRAMMENTO DI PALA

La rottura di un significativo frammento di pala è un evento raro⁵. A causa delle caratteristiche del materiale strutturale, tale rottura tende ad essere progressiva. Di conseguenza, nella maggior parte dei casi si verifica una flessione iniziale della struttura e un inevitabile impatto con la torre (che si trova sottovento nella maggior parte delle WTG). Questa rottura successiva porta ad una varietà di traiettorie che non possono essere deterministicamente calcolate.

Nella maggior parte dei casi di lancio di piccoli frammenti di pala, la causa registrata è la concomitanza di fulminazioni atmosferiche. I costruttori hanno pertanto iniziato a dotare gli aerogeneratori di un sistema per convogliare la corrente di fulminazione, che consiste in recettori metallici posizionati lungo la pala, un cavo che collega i recettori alla radice della pala e un sistema di messa a terra. In questo modo si può dissipare gran parte delle correnti indotte dalle fulminazioni atmosferiche senza danneggiare le pale. Talvolta, in casi in cui si presume che la corrente di fulmine superi i limiti progettuali stabiliti dalle norme internazionali, può verificarsi un danneggiamento all'estremità della pala, dove si apre la separazione dei due gusci. Tuttavia, di solito questa parte non si stacca dal corpo della pala. È possibile che frammenti leggeri del guscio possano staccarsi, ma essi sono comunque molto leggeri rispetto alla resistenza che incontrano nell'aria, quindi non possono essere oggetto di calcoli di gittata come quelli che si possono effettuare sul corpo della pala.

Per avere un'idea della distanza che possono percorrere i frammenti di una pala eolica, possiamo fare 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 questo studio, la probabilità che un frammento di pala si distanzi più di 50 metri dalla torre è dell'ordine di 2×10^{-5} .



5.3.1 GITTATA MASSIMA DEL FRAMMENTO DI PALA

Nel processo di determinazione della gittata massima del frammento di pala, si è preso in considerazione il rischio accettato⁶ durante la fase di progettazione, stabilendo un limite pari a 10^{-6} Alla distanza di circa 190 metri, questo valore limite viene raggiunto.

Tuttavia, è importante notare che a tale distanza la probabilità di danneggiamenti causati da frammenti di pala diminuisce ulteriormente di un fattore 10. In presenza di eventi rari, come la

⁵ Analysis of Risk-Involved Incidents of Wind Turbine – version 1.1 Januar 2005 – ECN: per la rottura pala riporta una probabilità di $8,4 \cdot 10^{-4}$ [1/y] mentre per il frammento $2,6 \cdot 10^{-4}$ [1/y].

⁶ European Wind Turbine Standard II

	RELAZIONE CALCOLO GITTATA		
	Elaborato: O3Q5NM4_RelazioneCalcoloGittata_R32	Rev. 0	

rottura di una pala, la probabilità diventa così prossima allo zero da risultare praticamente insignificante.

Per avere un raffronto metrico si ripete il calcolo per frammenti di 10 m e 5 m.

Nella formula di L sopra riportata, si assumono i seguenti dati per il frammento per il calcolo della gittata del frammento di pala :

$$Vg = 27,1 \text{ m/s}$$

$$rg = \text{variabile (m)}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$H = 115 \text{ m}$$



rg è la stima del raggio baricentrico del frammento di pala:

$$rg_{10} = 76,663 \text{ m}$$

$$rg_5 = 80,001 \text{ m}$$

Il valore massimo della gittata dipenderà dall'angolo θ .

Angolo di distacco θ .	Distanza di caduta frammento di pala 10 m	Distanza di caduta frammento di pala 5 m
0,00	-76,663	-80,001
0,35	85,842	4,5335
0,70	140,765	83,903
1,05	147,572	140,211
1,40	159,761	167,293
1,75	167,207	169,230
2,09	152,525	155,299
2,45	128,732	131,919
2,80	102,660	105,988
3,14	76,784	80,131
3,50	49,182	52,545
3,85	21,074	24,552
4,19	-10,0542	-6,33675
4,55	-52,341	-48,592
4,90	-104,978	-102,45
5,24	-151,853	-151,51

	RELAZIONE CALCOLO GITTATA		
	Elaborato: O3Q5NM4_RelazioneCalcoloGittata_R32	Rev. 0	

5,60	-169,03	-170,757
5,95	-140,702	-142,998
6,28	-77,3819	-80,0589

Aggiungendo la residuale distanza del baricentro dal vertice della pala, si ottengono valori prossimi a 175,7 m per frammenti di 10 m; mentre per frammenti di 5 m si ottengono valori prossimi a 174,087 m; entrambi i valori all'interno del range di 210 m della stima massima del valore di gittata.



6. CONCLUSIONI

Nell'ambito di questa valutazione, si tiene in considerazione del rispetto della suddetta distanza per gli elementi di territorio in cui vi è una alta probabilità di presenza di persone in maniera continuativa nell'arco dell'intera vita utile. Nell'ambito della definizione del layout di progetto, in relazione al rischio che può generare il distacco degli organi rotanti, è stata fatta un'analisi specifica, considerando un buffer pari a 210 m che comprende anche il buffer minimo quale "distanza minima da unità abitative mitigazione cfr. DM 10.09.2010 = $H_{max}WTG = 200m$ ", (distanza minima WTG - Strade provinciali e nazionali) come evidenziato nell'elaborato O3Q5NM4_ElaboratoGrafico_1_06f.

Di seguito la tabella dei potenziali recettori censiti da cui si evince l'assenza di fabbricati agibili e destinati alla residenza continuativa per un raggio di 210.

Area	N.	Comune	Foglio	p.lla	X	Y	Distanza	WTG	Censito	Agibile
NEXT 1	197	Salice Salentino	18	37	747517,11	4475055,90	103	N1	no	no
NEXT 1	198	Salice Salentino	18	34	747479,92	4475037,12	121	N1	si	no
NEXT 1	302	Salice Salentino	18	49	748230,04	4475156,00	163	N2	no	no
NEXT 1	303	Salice Salentino	18	55	748287,72	4475165,32	200	N2	no	no
NEXT 1	3	Salice Salentino	29	21	748578,07	4475039,44	100	N3	no	no
NEXT 1	2	Salice Salentino	29	366	748564,27	4475046,47	113	N3	si	no
NEXT 1	4	Salice Salentino	29	367	748705,35	4474876,42	184	N3	si	no
NEXT 1	9	Guagnano	23	203	748004,21	4476487,40	152	N4	no	no
NEXT 1	8	Guagnano	23	204	748017,95	4476456,36	172	N4	no	no
NEXT 1	13	Guagnano	22	203	748240,23	4477754,18	137	N5	no	no
NEXT 1	12	Guagnano	22	67	748268,00	4477864,95	141	N5	no	no
NEXT 1	11	Guagnano	9	97	748512,85	4477847,54	158	N5	no	no
NEXT 1	14	Guagnano	10	162	749253,83	4479311,46	177	N6	si	no
NEXT 1	15	Guagnano	10	147	749192,86	4478976,63	185	N6	no	no

Tabella potenziali recettori censiti nel raggio di 210 m dalle WTG (allegato report fotografico)

	RELAZIONE CALCOLO GITTATA		
	Elaborato: O3Q5NM4_RelazioneCalcoloGittata_R32	Rev. 0	



All'interno di questa valutazione, viene considerato il rispetto della distanza di sicurezza per le aree del territorio in cui è probabile la presenza costante di persone per tutta la durata dell'operatività del progetto. Nella fase di progettazione del layout, è stata effettuata un'analisi specifica per valutare il rischio di separazione degli organi rotanti, prendendo in considerazione un buffer di sicurezza pari a 210 m (distanza minima dalle unità abitative - mitigazione DM 10.09.2010 = $H_{max}WTG = 200m$, valore compreso nella gittata massima calcolata). È emerso che nessuna unità abitativa o area sensibile ricade all'interno di questo buffer. Lo stesso buffer è stato applicato alle strade (distanza minima tra l'aerogeneratore e le strade provinciali e nazionali - mitigazione DM 10.09.2010 = $H_{max}WTG = 200m$; anche in questo caso, nessuna strada provinciale o nazionale rientra all'interno del buffer di 210 m.

Lo studio del 2005 dell'Università della California, Berkeley, intitolato "*Analisi dei potenziali rischi di sicurezza del progetto di parco eolico EcogenPrattsburgh-Italy*", presenta una valutazione preliminare dei rischi ambientali e sociali legati a eventi di rottura degli aerogeneratori previsti nel progetto di un parco eolico a Prattsburgh-Italy (New York). Tale studio quantifica tali rischi e li confronta con altre tipologie di rischi comuni. Nel caso base analizzato nello studio, si conclude che la probabilità che un essere vivente, posizionato a 100 m da un aerogeneratore per un intero anno, subisca un impatto letale da un organo rotante che si distacchi dalla WTG è di 1 su 1.000.000. A titolo di esempio, nella tabella seguente viene riportato un confronto tra questo evento e le probabilità di incidenti letali legati ad altre possibili situazioni, rapportate alla durata annuale.

Causa	Rischio incidente letale/anno	Rischio incidente letale/anno
Aerogeneratore	1 su 1 milione	1×10^{-6}
Influenza	1 su 5.000	2×10^{-4}
Leucemia	1 su 12.500	8×10^{-5}
Bicicletta	1 su 333.000	3×10^{-6}
Incidente stradale	1 su 6.250	1.6×10^{-4}
Colpito da un'automobile	1 su 20.000	5×10^{-5}
Investimento	1 su 250.000	4×10^{-6}
Alluvione	1 su 455.000	2×10^{-6}
Tornado	1 su 455.000	2×10^{-6}
Terremoto	1 su 588.000	1×10^{-6}
Fulminazione	1 su 10 milioni	1×10^{-7}
Meteorite	1 su 10 miliardi	1×10^{-10}

Tabella – Probabilità annuali di morte per categoria di attività – Fonte: University of California, Berkeley

Con riferimento alla gittata di elementi rotanti in caso di rottura accidentale gli unici effetti cumulativi sono legati ad una maggiore probabilità di incidente dovuta al maggior numero di aerogeneratori presenti complessivamente nell'area che se raffrontati alla tabella allegata sono pratica "trascurabili".

	RELAZIONE CALCOLO GITTATA		
	Elaborato: O3Q5NM4_RelazioneCalcoloGittata_R32	Rev. 0	

- 7. Planimetria (O3Q5NM4_ElaboratoGrafico_16d)
- 8. Report fabbricati

SCHEDA: Codice recettore **02**

(Sito rilevato nel raggio di 200 dalla WTG N3 impianto eolico NEXT1)

LOCALIZZAZIONE PLANO-ALTIMETRICA: X = 748564.27 Y = 4475046.47 (UTM WGS84-33N)

UBICAZIONE: **Salice Salentino (LE)**

ESTREMI CATASTALI: Foglio 29 , particella 366

Destinazione d'uso: **Fabbricato rurale agibile**

BREVE DESCRIZIONE: edificio rurale

DISTANZA MINIMA DALL'IMPIANTO: 113 m ca. dall'aerogeneratore più vicino: **N3**



Vista da satellite

Report fotografico



SCHEDA: Codice recettore **03**

(Sito rilevato nel raggio di 200 dalla WTG N3 impianto eolico NEXT1)

LOCALIZZAZIONE PLANO-ALTIMETRICA: X = 748578.07 Y = 4475039.44 (UTM WGS84-33N)

UBICAZIONE: **Salice Salentino (LE)**

ESTREMI CATASTALI: Foglio 29 , particella 21

Destinazione d'uso: **Resti di un vecchio rudere**

BREVE DESCRIZIONE: presenza di macerie su base rettangolare

DISTANZA MINIMA DALL'IMPIANTO: 100 m ca. dall'aerogeneratore più vicino: **N3**



Vista da satellite

Report fotografico



SCHEDA: Codice recettore 04 (Sito rilevato nel raggio di 200 dalla WTG N3 impianto eolico NEXT1)
LOCALIZZAZIONE PLANO-ALTIMETRICA: X = 748705.35 Y = 4474876.42 (UTM WGS84-33N)
UBICAZIONE: Salice Salentino (LE)
ESTREMI CATASTALI: Foglio 29 , particella 368 Destinazione d'uso: Fabbricato rurale agibile
BREVE DESCRIZIONE: edificio adibito a residenza o assimilabili
DISTANZA MINIMA DALL'IMPIANTO: 184 m ca. dall'aerogeneratore più vicino: N3

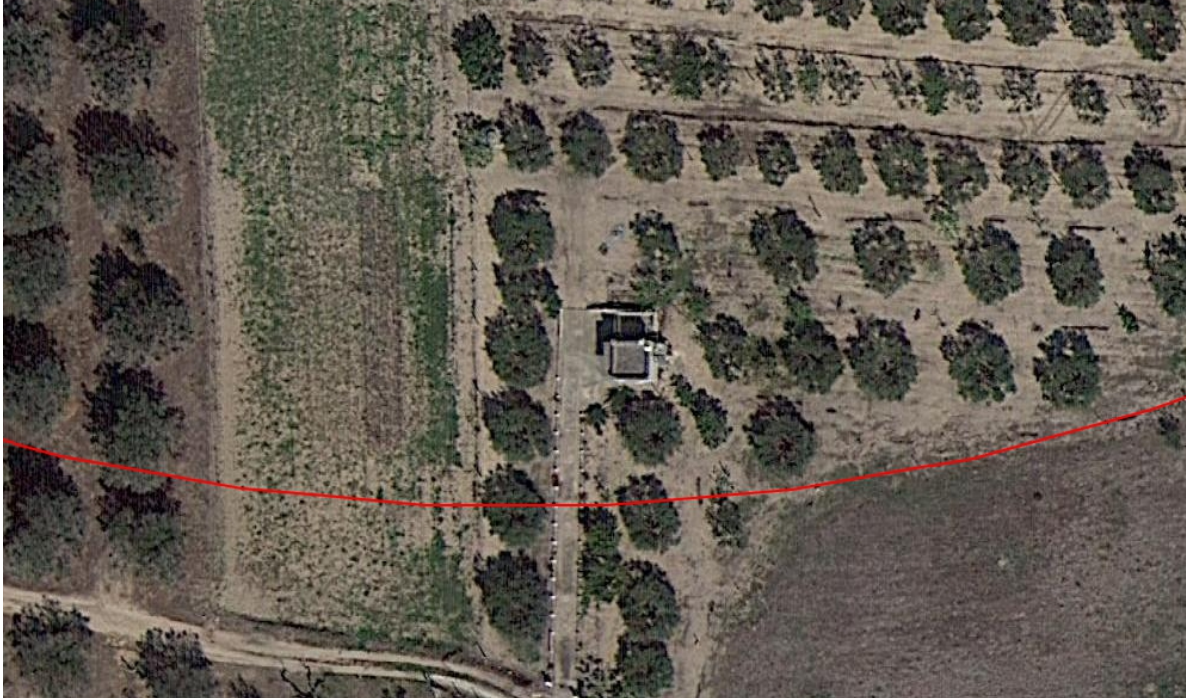


Immagine satellitare

Report fotografico



SCHEDA: Codice recettore **08**

(Sito rilevato nel raggio di 200 dalla WTG N4 impianto eolico NEXT1)

LOCALIZZAZIONE PLANO-ALTIMETRICA: X = 748017.95 Y = 4476456.36 (UTM WGS84-33N)

UBICAZIONE: **Guagnano (LE)**

ESTREMI CATASTALI: Foglio 23 , particella 204

Destinazione d'uso: **Fabbricato rurale agibile**

BREVE DESCRIZIONE: Deposito agricolo

DISTANZA MINIMA DALL'IMPIANTO: **172 m ca. dall'aerogeneratore più vicino: N4**



Immagine satellitare

Report fotografico



SCHEDA: Codice recettore **09**

(Sito rilevato nel raggio di 200 dalla WTG N4 impianto eolico NEXT1)

LOCALIZZAZIONE PLANO-ALTIMETRICA: X = 748004.21 Y = 4476487.4 (UTM WGS84-33N)

UBICAZIONE: **Guagnano (LE)**

ESTREMI CATASTALI: Foglio 23 , particella 203

Destinazione d'uso: **Fabbricato rurale NON agibile**

BREVE DESCRIZIONE: Deposito agricolo

DISTANZA MINIMA DALL'IMPIANTO: **152 m ca. dall'aerogeneratore più vicino: N4**



Immagine satellitare

Report fotografico



SCHEDA: Codice recettore 11

(Sito rilevato nel raggio di 200 dalla WTG N5 impianto eolico NEXT1)

LOCALIZZAZIONE PLANO-ALTIMETRICA: X = 748512.85 Y = 4477847.54 (UTM WGS84-33N)

UBICAZIONE: **Guagnano (LE)**

ESTREMI CATASTALI: Foglio 9 , particella 97

Destinazione d'uso: **resti di Fabbricato rurale NON agibile**

BREVE DESCRIZIONE: **macerie di fabbricato demolito**

DISTANZA MINIMA DALL'IMPIANTO: **158 m ca. dall'aerogeneratore più vicino: N5**

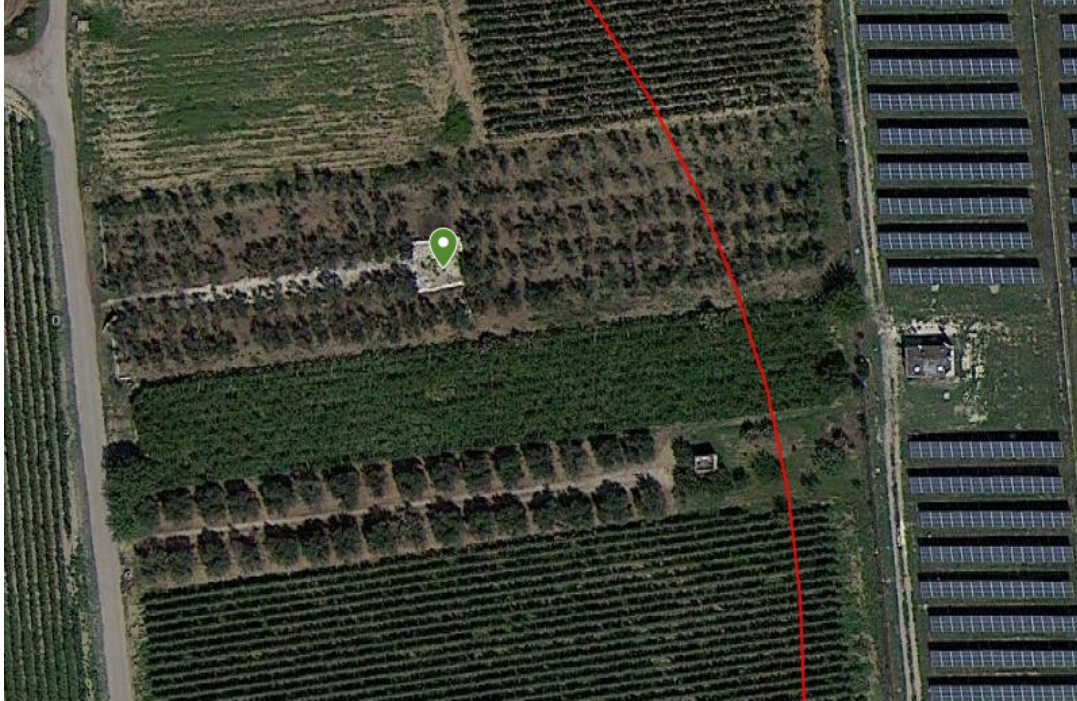


Immagine satellitare

Report fotografico



SCHEDA: Codice recettore **12**

(Sito rilevato nel raggio di **200** dalla **WTG N5** impianto eolico **NEXT1**)

LOCALIZZAZIONE PLANO-ALTIMETRICA: X = 748268 Y = 4477864.95 (UTM WGS84-33N)

UBICAZIONE: **Guagnano (LE)**

ESTREMI CATASTALI: Foglio 22 , particella 67

Destinazione d'uso: **Cisterna interrata**

BREVE DESCRIZIONE: **cisterna per irrigazione**

DISTANZA MINIMA DALL'IMPIANTO: **141 m ca. dall'aerogeneratore più vicino: N5**



Immagine satellitare

Report fotografico



SCHEDA: Codice recettore **13**

(Sito rilevato nel raggio di 200 dalla WTG N5 impianto eolico NEXT1)

LOCALIZZAZIONE PLANO-ALTIMETRICA: X = 748240.23 Y = 4477754.18 (UTM WGS84-33N)

UBICAZIONE: **Guagnano (LE)**

ESTREMI CATASTALI: Foglio 22 , particella 203

Destinazione d'uso: **Rudere non agibile**

BREVE DESCRIZIONE: **rudere privo del tetto**

DISTANZA MINIMA DALL'IMPIANTO: **137 m ca. dall'aerogeneratore più vicino: N5**



Immagine satellitare

Report fotografico



SCHEDA: Codice recettore **14**

Masseria

(Sito rilevato nel raggio di 200 dalla WTG N6 impianto eolico NEXT1)

LOCALIZZAZIONE PLANO-ALTIMETRICA: X = 749253.83 Y = 4479311.46 (UTM WGS84-33N)

UBICAZIONE: **Guagnano (LE)**

ESTREMI CATASTALI: Foglio 10 , particella 163

Destinazione d'uso: **Fabbricato rurale non agibile**

BREVE DESCRIZIONE: **deposito agricolo**

DISTANZA MINIMA DALL'IMPIANTO: **177 m ca. dall'aerogeneratore più vicino: N6**



Vista da satellite

Report fotografico



SCHEDA: Codice recettore **15**

(Sito rilevato nel raggio di 200 dalla WTG N6 impianto eolico NEXT1)

LOCALIZZAZIONE PLANO-ALTIMETRICA: X = 749192.86 Y = 4478976.63 (UTM WGS84-33N)

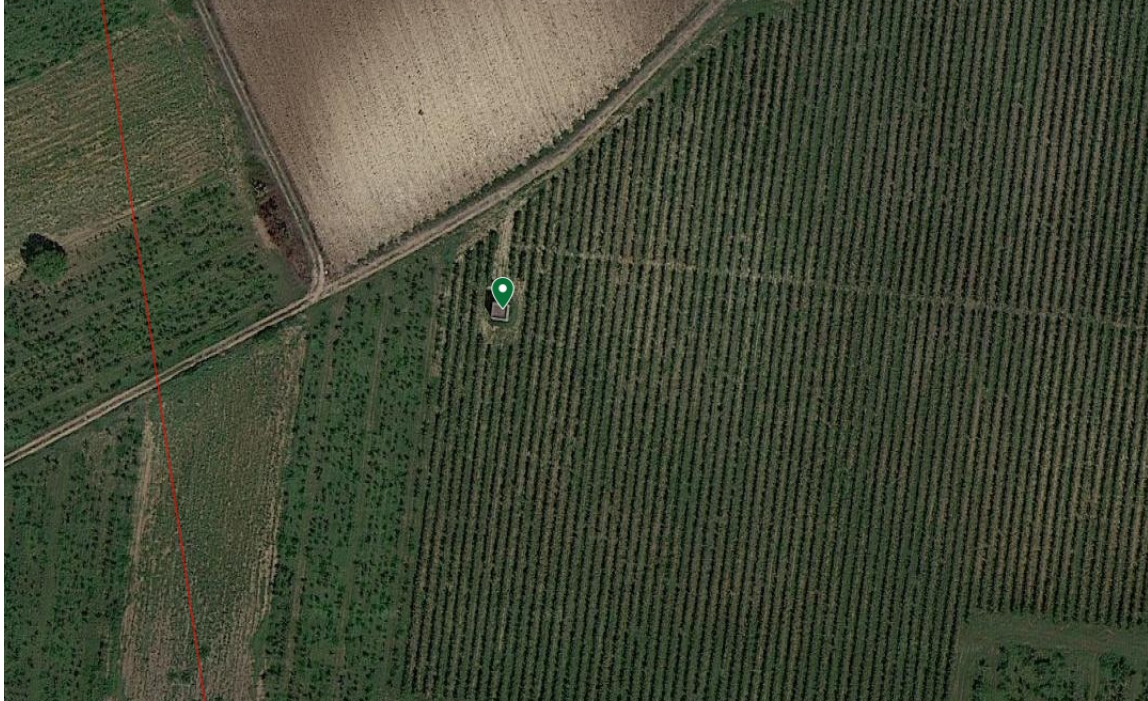
UBICAZIONE: **Guagnano (LE)**

ESTREMI CATASTALI: Foglio 10 , particella 147

Destinazione d'uso: **Fabbricato rurale non agibile**

BREVE DESCRIZIONE: **deposito agricolo**

DISTANZA MINIMA DALL'IMPIANTO: **185 m ca. dall'aerogeneratore più vicino: N6**



Vista da satellite

Report fotografico



SCHEDA: Codice recettore **197**

(Sito rilevato nel raggio di 200 dalla WTG N1 impianto eolico NEXT1)

LOCALIZZAZIONE PLANO-ALTIMETRICA: X = 747517.11 Y = 4475055.9 (UTM WGS84-33N)

UBICAZIONE: **Salice Salentino (LE)**

ESTREMI CATASTALI: Foglio 18 , particella 37

Destinazione d'uso: **Cabina elettrica con pozzo**

BREVE DESCRIZIONE: **sistema di irrigazione per agricoltura**

DISTANZA MINIMA DALL'IMPIANTO: **103 m ca. dall'aerogeneratore più vicino: N1**



Immagine satellitare

Report fotografico



SCHEDA: Codice recettore **198**

(Sito rilevato nel raggio di 200 dalla WTG N1 impianto eolico NEXT1)

LOCALIZZAZIONE PLANO-ALTIMETRICA: X = 747479.92 Y = 4475037.12 (UTM WGS84-33N)

UBICAZIONE: **Salice Salentino (LE)**

ESTREMI CATASTALI: Foglio 18 , particella 33

Destinazione d'uso: **Non più esistente**

BREVE DESCRIZIONE: **non più esistente**

DISTANZA MINIMA DALL'IMPIANTO: **121 m ca. dall'aerogeneratore più vicino: N1**



Immagine satellitare

Report fotografico



SCHEDA: Codice recettore **302**

(Sito rilevato nel raggio di **200** dalla **WTG N2** impianto eolico **NEXT1**)

LOCALIZZAZIONE PLANO-ALTIMETRICA: X = 748230.04 Y = 4475156.00 (UTM WGS84-33N)

UBICAZIONE: **Salice Salentino (LE)**

ESTREMI CATASTALI: Foglio 18 , particella 49

Destinazione d'uso: **NON è abitazione**

BREVE DESCRIZIONE: **Catasta di pali in cemento per spalliera/tendone**

DISTANZA MINIMA DALL'IMPIANTO: **163 m ca. dall'aerogeneratore più vicino: N2**



Immagine satellitare

Report fotografico



SCHEDA: Codice recettore **303**

(Sito rilevato nel raggio di 200 dalla WTG N2 impianto eolico NEXT1)

LOCALIZZAZIONE PLANO-ALTIMETRICA: X = 748287.72 Y = 4475165.32 (UTM WGS84-33N)

UBICAZIONE: **Salice Salentino (LE)**

ESTREMI CATASTALI: Foglio 18 , particella 55

Destinazione d'uso: **Rudere non agibile**

BREVE DESCRIZIONE: **Deposito agricolo senza infissi**

DISTANZA MINIMA DALL'IMPIANTO: **200 m ca. dall'aerogeneratore più vicino: N2**



Immagine satellitare

Report fotografico



SCHEDA: Codice recettore **198**

(Sito rilevato nel raggio di 200 dalla WTG N1 impianto eolico NEXT1)

LOCALIZZAZIONE PLANO-ALTIMETRICA: X = 747479.92 Y = 4475037.12 (UTM WGS84-33N)

UBICAZIONE: **Salice Salentino (LE)**

ESTREMI CATASTALI: Foglio 18 , particella 33

Destinazione d'uso: **Non più esistente**

BREVE DESCRIZIONE: **non più esistente**

DISTANZA MINIMA DALL'IMPIANTO: **121 m ca. dall'aerogeneratore più vicino: N1**



Immagine satellitare

Report fotografico



SCHEDA: Codice recettore **302**

(Sito rilevato nel raggio di **200** dalla **WTG N2** impianto eolico **NEXT1**)

LOCALIZZAZIONE PLANO-ALTIMETRICA: X = 748230.04 Y = 4475156.00 (UTM WGS84-33N)

UBICAZIONE: **Salice Salentino (LE)**

ESTREMI CATASTALI: Foglio 18 , particella 49

Destinazione d'uso: **NON è abitazione**

BREVE DESCRIZIONE: **Catasta di pali in cemento per spalliera/tendone**

DISTANZA MINIMA DALL'IMPIANTO: **163 m ca. dall'aerogeneratore più vicino: N2**



Immagine satellitare

Report fotografico



SCHEDA: Codice recettore **303**

(Sito rilevato nel raggio di 200 dalla WTG N2 impianto eolico NEXT1)

LOCALIZZAZIONE PLANO-ALTIMETRICA: X = 748287.72 Y = 4475165.32 (UTM WGS84-33N)

UBICAZIONE: **Salice Salentino (LE)**

ESTREMI CATASTALI: Foglio 18 , particella 55

Destinazione d'uso: **Rudere non agibile**

BREVE DESCRIZIONE: **Deposito agricolo senza infissi**

DISTANZA MINIMA DALL'IMPIANTO: **200 m ca. dall'aerogeneratore più vicino: N2**



Immagine satellitare

Report fotografico

