

REGIONE SICILIA

Provincia di Siracusa

COMUNE DI CARLENTINI

PROGETTO

POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI



PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE

ERG Wind 2000

Una società del Gruppo ERG

ERG Wind Sicilia 3

Una società del Gruppo ERG

SOCIETA' DI PROGETTAZIONE:



Viale Garrone, 37 - Loc. Città Giardino - 96010 Melilli (SR)
Tel.: 0931 744764/744003 - Fax: 0931 744722
info@utipsrl.it - www.utipsrl.it

CONSULENZA SPECIALISTICA:



Sede Legale: Via Sabotino, 8 - 96013 Carlentini (SR)
Tel.: 0931.340985 - 335.8259689
info@antexgroup.it - www.antexgroup.it

TECNICO PROFESSIONISTA RESP. DEL SERVIZIO:



OGGETTO DELL'ELABORATO:

RELAZIONE SULL'ANALISI DI POSSIBILI INCIDENTI (D.M. 10 settembre 2010)

NOME FILE:	DATA	SCALA	FOGLIO	FORMATO	CODICE DOCUMENTO				
					IMP..	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.
CAR-ENG-REL-036_00.docx	Marzo 2019	/	1/18	A4	CAR	ENG	REL	036	00

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI RELAZIONE SULL'ANALISI DI POSSIBILI INCIDENTI	2
CAR	ENG	REL	036	00		

Storia delle revisioni del progetto:

Rev.	Data	Descrizione revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	marzo 2019	Emissione per Enti Esterni	C.Furno	A.Nastasi	G.Di Modica

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI RELAZIONE SULL'ANALISI DI POSSIBILI INCIDENTI	3
CAR	ENG	REL	036	00		

INDICE

1. PREMESSA	4
2. TIPOLOGIE DI INCIDENTI.....	5
3. COLLISIONE CON AEROMOBILI.....	6
4. INCENDI DOVUTI A SORGENTI INTERNE O A FULMINAZIONE	7
5. DEFORMAZIONE, ROTTURA O RIBALTAMENTO DELLA TORRE EOLICA	8
6. ROTTURA ELEMENTI ROTANTI E RELATIVA GITTATA	9
6.1. Forze agenti sulla traiettoria	11
6.2. Rottura della pala alla radice	11
7. DANNI PER L'AVIFAUNA	14
8. PROBABILITA' DI ACCADIMENTO	15

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI RELAZIONE SULL'ANALISI DI POSSIBILI INCIDENTI	4
CAR	ENG	REL	036	00		

1. PREMESSA

Su incarico di ERG Power, la società UTIP srl ha redatto il progetto definitivo relativo al potenziamento dell'esistente impianto eolico di Carlentini, nella provincia di Siracusa.

L'attuale impianto è composto da n. 57 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 0,85 MW, per una potenza complessiva di 48,45 MW, interamente ubicato in agro del comune di Carlentini.

L'impianto esistente è attualmente in esercizio, giusta Concessione edilizia n.5 del 31/01/2003, rilasciata dal Comune di Carlentini (SR).

Il progetto definitivo, relativo al potenziamento dell'impianto in oggetto, consiste nella dismissione di n.38 aerogeneratori dei 57 in essere, rimanendone così installati n.19. Gli aerogeneratori dismessi verranno sostituiti con n. 18 nuovi aerogeneratori della potenza massima fino a 5,5 MW per una potenza complessiva di nuova installazione pari a 99 MW e di 115,15 MW dell'intero impianto.

L'installazione del più moderno tipo di generatore comporterà la riduzione del numero di torri eoliche, dalle 57 esistenti alle future 37 consistenti in 18 proposte e 19 aerogeneratori già installati, riducendo in maniera sensibile l'effetto selva.

Inoltre, l'incremento di efficienza delle turbine previste rispetto a quelle in esercizio, porterà ad un ampliamento del tempo di generazione ed un aumento della produzione unitaria media.

In relazione ai due Proponenti, ERG Wind 2000 Srl ed ERG Wind Sicilia 3 Srl, della presente istanza, si precisa che:

- il parco tutt'ora in essere è stato autorizzato sulla base della normativa a quel tempo vigente, mediante la concessione edilizia n.5 del 31/01/2003 del Comune di Carlentini, rilasciata all'allora Società IVPC 2000 Srl, IVPC Sicilia Srl, IVPC Sicilia 3 Srl e IVPC Sicilia 4 Srl e interessava inizialmente i comuni di Carlentini e Sortino;
- In seguito all'abbandono dell'iniziativa nel comune di Sortino, le società IVPC Sicilia Srl e IVPC Sicilia 4 Srl rinunciano all'iniziativa venendo realizzato il parco dalle società IVPC 2000 Srl e IVPC Sicilia 3 Srl solo nel comune di Carlentini, società successivamente denominate "IP Maestrale 2000 Srl e IP Maestrale Sicilia 3 Srl" e oggi "ERG Wind 2000 Srl e ERG Wind Sicilia 3 Srl";

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI RELAZIONE SULL'ANALISI DI POSSIBILI INCIDENTI	5
CAR	ENG	REL	036	00		

- il progetto esistente ha altresì ottenuto giudizio positivo di compatibilità ambientale, ai sensi dell'allora D.P.R. 12/04/1996, mediante Decreto dell'Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Siciliana n. 2 del 07/01/2003, anch'esso rilasciato alle Società IVPC 2000 Srl, IVPC Sicilia Srl, IVPC Sicilia 3 Srl e IVPC Sicilia 4 Srl;

Le due menzionate società, IP Maestrone 2000 Srl e IP Maestrone Sicilia 3 Srl, sono entrate a far parte del gruppo ERG, assumendo l'attuale denominazione di ERG Wind 2000 Srl ed ERG Wind Sicilia 3 Srl, nell'ambito di una più complessa operazione societaria che ha interessato anche le loro società controllante. Sulla base di quanto sopra descritto e trattandosi di un progetto unitario la cui valutazione ambientale non può che essere svolta in maniera univoca e integrata, le Società ERG Wind 2000 Srl ed ERG Wind Sicilia 3 Srl sono le due Proponenti del progetto di integrale ricostruzione del parco esistente ed hanno pertanto presentato istanza a firma congiunta.

Il presente documento si propone di fornire una descrizione generale completa del Progetto definitivo dell'impianto eolico, volto al rilascio da parte delle Autorità competenti, delle autorizzazioni e concessioni necessarie alla sua realizzazione.

Le attività di progettazione definitiva sono state sviluppate dalla società di ingegneria UTIP Srl, con la consulenza specialistica della Società ANTEX Group Srl.

Il gruppo UTIP-ANTEX pone a fondamento delle attività, quale elemento essenziale della propria esistenza come unità economica organizzata ed a garanzia di un futuro sviluppo, i principi della qualità, dell'ambiente e della sicurezza come espressi dalle norme ISO 9001, ISO 14001 e ISO 18001 nelle loro ultime edizioni.

Le aziende del Gruppo, in un'ottica di sviluppo sostenibile proprio e per i propri clienti, posseggono un proprio Sistema di Gestione Integrato Qualità-Sicurezza-Ambiente.

Il rispetto per il controllo dei servizi richiesti, comporta un ovvio impiego di personale qualificato, mezzi adatti, strumenti efficienti e tarati, nonché qualsiasi altro onere per la fornitura dei servizi richiesti, in Qualità, in Sicurezza e nel rispetto dell'Ambiente.

2. TIPOLOGIE DI INCIDENTI

Presenza ed esercizio di un parco eolico, come di qualunque altra attività di produzione industriale,

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI RELAZIONE SULL'ANALISI DI POSSIBILI INCIDENTI	6
CAR	ENG	REL	036	00		

sono inevitabilmente connessi alla probabilità di rischi per le persone o le cose che si trovano nelle sue immediate vicinanze.

Lo scopo sarebbe quello di ridurre i danni, causati da incidenti derivanti da tali installazioni, sino ad un rischio residuale non eliminabile o che si possa considerare accettabile. Nelle considerazioni entrerebbero sostanzialmente, se non esclusivamente, i requisiti di sicurezza che l'impianto deve assicurare in tutte le fasi della propria vita.

Per raggiungere tale scopo bisogna prima individuare le cause che potrebbero innescare eventuali incidenti. Come ampiamente descritto dagli studi di settore, nel caso di un impianto eolico le cause che influiscono maggiormente sulla probabilità di incidenti sono imputabili ad eventi naturali di straordinaria entità, più raramente ad errore umano, quindi bisogna contestualizzare l'analisi alle peculiarità meteorologiche della zona di impianto. Individuate le possibili cause e limitando l'analisi alle tipologie di incidenti legati puramente alla fase di esercizio dell'impianto, più che a quelli legati alla fase costruttiva o di dismissione che verranno trattati in specifici documenti in fase esecutiva, si può affermare che la tipologia di incidente di nostro interesse è la rottura degli elementi rotanti come distacco di un'intera pala.

La *perdita di integrità strutturale* per rotture (di pale, di torre, etc.) in un aerogeneratore può essere ingenerata da

- *carenze interne* alla macchina per mancato od insufficiente controllo o regolazione dei regimi di funzionamento del rotore durante temporali o tempeste di vento più o meno vigorose;
- *eventi esterni*, come fulminazioni o eccessivi carichi eolici, che sempre si manifestano in concomitanza con condizioni meteorologiche complesse o molto forti o, addirittura, eccezionali, pur con i sistemi di controllo e di sicurezza dell'unità perfettamente operativi.

3. COLLISIONE CON AEROMOBILI

L'altezza cui arriva la punta di una pala, di una turbina eolica di recente fabbricazione, può sfiorare i duecento metri. Urtare contro questo ostacolo, peraltro mobile e sottile, sembrerebbe una possibilità particolarmente sfortunata ma non impossibile, come ampiamente riportato in letteratura, seppure la

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI RELAZIONE SULL'ANALISI DI POSSIBILI INCIDENTI	7
CAR	ENG	REL	036	00		

probabilità sia bassissima.

Oltre a dotare gli aerogeneratori di opportuni segnalatori luminosi per le ore notturne e fasce di segnalazione diurna di tinta rossa sulle pale che raggiungono le altezze maggiori, le soluzioni più adottate dalle autorità di assistenza al volo italiane, le quali sono tra le principali attrici del processo autorizzativo di un impianto eolico, sono quelle di istituire zone interdette, limitate o pericolose per il volo. Le autorità preposte aggiornano costantemente le mappe degli spazi aerei e sono in grado di stabilire motivatamente, a seguito di opportune valutazioni, se in una data area è ammissibile restringere o meno il traffico aereo. L'imposizione di vincoli e proibizioni può sempre generare malcontento nelle categorie interessate, ma in tal caso si tratta di garantire in primo luogo la sicurezza degli aeromobili circolanti, e secondariamente è necessario considerare che le potenzialità di produzione di energia elettrica degli impianti eolici d'alta quota sono un beneficio per la collettività di molto superiore alla libertà di circolare con velivoli comunque e dovunque. Inoltre, considerando che la quota massima presumibilmente ammissibile per gli impianti di produzione di energia elettrica è di 1500-2000 m, non si impedisce la circolazione dei voli di linea, che transitano a quote sensibilmente maggiori eccetto durante le manovre di atterraggio (pertanto è estremamente improbabile ottenere permessi nei corridoi di avvicinamento agli aeroporti) i soggetti interessati dai divieti si ridurrebbero ai velivoli ultraleggeri o agli elicotteri.

4. INCENDI DOVUTI A SORGENTI INTERNE O A FULMINAZIONE

Questa categoria di incidente purtroppo è la più difficile da gestire in quanto, nella maggior parte dei casi, ha origini da fenomeni meteo e pur prendendo tutti i provvedimenti in grado di attenuarne gli effetti non si può comunque agire sulle cause. Vista la difficoltà nel neutralizzarne le azioni, si dovranno studiare soluzioni di contenimento, cioè predisporre tutto ciò che non consenta di pervenire a conseguenze catastrofiche. La classica causa, e la più preoccupante, è quella della caduta di un fulmine sulla turbina eolica. E' una causa comune di rotture (ad es., sulla pala) o di incendio per la presenza di sostanze infiammabili (materiale strutturale delle pale, olio per il raffreddamento, vapori combustibili, etc.), che sono presenti nelle strutture eoliche. Il rotore sovente continua a funzionare e le pale a ruotare, fintanto che le fiamme non le disintegrino, qualora sia stato compromesso anche il

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI RELAZIONE SULL'ANALISI DI POSSIBILI INCIDENTI	8
CAR	ENG	REL	036	00		

sistema di controllo della turbina.

Pezzi di varie dimensioni possono essere lanciati a distanze anche considerevoli. L'altezza della torre fa il resto visto che raramente è possibile provvedere ad estinguere il fuoco lì dove si è sviluppato e cioè all'altezza della navicella e del rotore.

L'operato delle Autorità locali (vigili del fuoco, polizia, etc.) in genere si limita a circoscrivere la zona per il periodo di tempo, in cui i pericoli per la popolazione siano evidenti, e per lo spazio, la cui estensione sia determinata da reali manifestazioni dannose per cose o persone (lancio di pezzi, crolli, etc.).

Oggi gli aerogeneratori sono dotati di sofisticati sistemi di convogliamento della corrente di fulminazione costituiti da recettori metallici posti lungo la pala, da un cavo che collega i recettori alla radice pala e da un sistema di messa a terra. In questo modo si riesce a trasferire una buona parte delle correnti indotte dalle fulminazioni atmosferiche limitando sensibilmente i danni all'aerogeneratore.

5. DEFORMAZIONE, ROTTURA O RIBALTAMENTO DELLA TORRE EOLICA

Una pala oggetto di rottura, nel suo movimento non più regolare, può colpire la torre provocando lesioni locali accompagnate da deformazioni della sezione con eventuale ripercussione sulla stabilità della navicella, che potrebbe essere catapultata a terra (rovesciamento di navicella) o incidere più profondamente sino a produrre inflessione della torre che, essendo molto sviluppata in altezza, è caratterizzata da una relativa snellezza la cui parte superiore potrebbe essere abbattuta.

Mentre nel primo caso non è detto che la navicella venga proiettata al suolo, nel secondo caso l'effetto finale è senz'altro di questo tipo. L'insieme delle forze statiche e dinamiche come l'azione del vento, le vibrazioni trasferite dai carichi che si trovano a quote superiori come navicella, rotore e pale, possono portare a rottura o crollo della torre.

Un caso di incidente ancora più radicale e grave è la distruzione dell'aerogeneratore a seguito del completo ribaltamento dello stesso. La condizione eccezionale di carico dovuta a venti di fortissima intensità in concomitanza con un non corretto dimensionamento del blocco fondario troveranno una debole attività di contrasto anti-ribaltante e di conseguenza il blocco fondazione-aerogeneratore,

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI RELAZIONE SULL'ANALISI DI POSSIBILI INCIDENTI	9
CAR	ENG	REL	036	00		

rimanendo compatto ed unito, si ribalterà distruggendo completamente la turbina e creando non pochi problemi.

L'azione risultante del vento può essere considerata come una forza lungo l'asse del rotore. Ne consegue un rilevante momento flettente (forza risultante per altezza della turbina) da riportare necessariamente sul basamento. Il sottodimensionamento della fondazione ha come effetto il non riuscire ad offrire una massa adeguata e sufficiente ad opporsi al momento flettente ingenerato dal vento che raggiunge valori eccezionali.

6. ROTTURA ELEMENTI ROTANTI E RELATIVA GITTATA

La seguente analisi scaturisce dai potenziali rischi dovuti alla presenza di componenti di grandi dimensioni in movimento e consiste nello stimare la distanza dall'aerogeneratore all'interno della quale, in presenza di un'eventuale rottura dell'organo rotante della torre eolica, un distacco con lancio di una pala o di un frammento di essa possa rappresentare un rischio. Le porzioni della pala, che prima di altre possono essere divelte, sono le parti estreme. Possono essere strappate dalla loro sede e lanciate con una quantità di moto abbastanza elevata da raggiungere distanze abbastanza importanti. La traiettoria dipende dall'energia cinetica iniziale al momento del rilascio, dalle condizioni anemologiche, dalle proprietà aerodinamiche del pezzo e dal punto della circonferenza di rotazione da cui si stacca, oltre dall'altezza della torre e dalla potenza della macchina eolica. Nella trattazione che segue si adopereranno delle semplificazioni come, per esempio, considerare all'interno del calcolo il contributo degli effetti gravitazionali ed escludere, invece, i contributi aerodinamici. Tener conto di questi ultimi significherebbe considerare un numero significativo di variabili come, tra le tante, la parte di pala che viene lanciata sia in termini di massa sia in termini di contributi aerodinamici oltre a dover fissare le condizioni di vento all'atto della rottura, alla distribuzione delle velocità lungo il pezzo staccato e la distribuzione delle velocità del vento lungo la traiettoria. È vero che i contributi aerodinamici potrebbero aumentare il tempo di volo e quindi la gittata ma è anche vero che, per compensare, non varrà tenuto conto della presenza dell'aria che genera comunque delle forze di resistenza viscosse che agendo sulla superficie del frammento ne riducono, di conseguenza, tempo di volo e distanza. Inoltre, queste ipotesi risultano conservative

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI RELAZIONE SULL'ANALISI DI POSSIBILI INCIDENTI	10
CAR	ENG	REL	036	00		

considerando che in letteratura si registra, a causa degli effetti di attrito, una diminuzione del tempo di volo anche del 20% (“Blade throw calculation under normal operating conditions” VESTAS AS Denmark July 2001), ponendoci in una situazione di maggiore sicurezza.

L’analisi è stata condotta sia per il distacco dal rotore di un’intera pala (rottura alla radice) sia per il distacco di una sola parte di essa (frammento).

Le pale di un aerogeneratore sono fissate al mozzo e vi è un sistema di controllo che ne modifica costantemente l’orientamento rispetto alla direzione del vento, per offrire allo stesso sempre il medesimo profilo alare garantendo, indipendentemente dalla direzione del vento, un verso orario di rotazione.

La macchina di riferimento per il nostro calcolo avrà le seguenti caratteristiche:

Altezza al Mozzo	105 m
Diametro Rotore	150 m
Lunghezza singola Pala	73.7 m
Area Spazzata	17671 m ²
Numero Pale	3
Senso di Rotazione	Orario
Velocità di Rotazione Max a regime del Rotore	12,0 rpm
Potenza Nominale Turbina	4,2 MW
Cut-Out	22,5 m/s

Le modalità di rottura della pala possono essere assai diverse. Essendo un organo in rotazione è soggetto alla forza centripeta che va equilibrata con l’azione della struttura della torre stessa. Per minimizzare tale forza, la pala è costruita in materiale leggero; normalmente si utilizzano materiali compositi che sfruttano le caratteristiche meccaniche così da far fronte ai carichi aerodinamici imposti.

Le modalità di rottura che potrebbero venire a verificarsi sono del tipo “Rottura alla Radice” e del tipo “Rottura di Frammento”.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI RELAZIONE SULL'ANALISI DI POSSIBILI INCIDENTI	11
CAR	ENG	REL	036	00		

6.1. Forze agenti sulla traiettoria

La determinazione delle forze e dei momenti agenti sulla pala a causa di una rottura istantanea durante il moto rotazionale, come detto precedentemente, è molto complessa.

La traiettoria iniziale è determinata principalmente dall'angolo di lancio e dalle forze generalizzate inerziali agenti sulla pala. La pala, quindi, quando inizierà il suo moto continuerà a ruotare (conservazione della quantità di moto).

L'unica forza inerziale agente in questo caso è la forza di gravità. La durata del volo considerato è determinata considerando la velocità verticale iniziale applicata al centro di gravità. Il tempo risultante è usato per calcolare la distanza orizzontale (gittata) nel piano e fuori dal piano. La gittata è determinata dalla velocità orizzontale al momento del distacco.

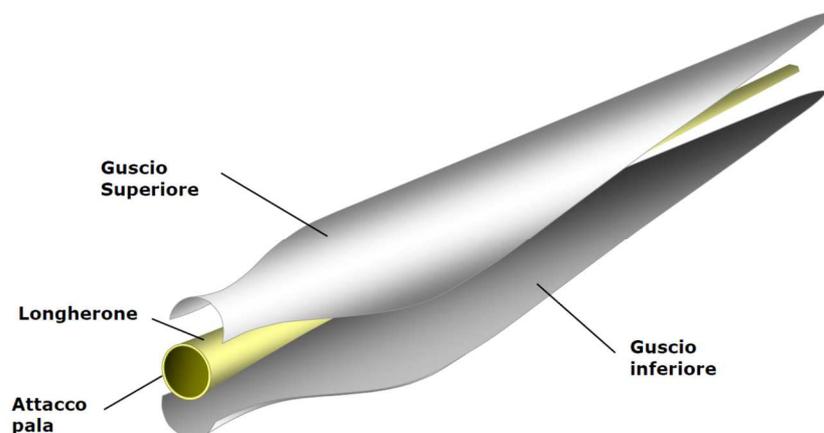
Non prendendo in considerazione le caratteristiche aerodinamiche proprie della pala, la gittata maggiore si avrebbe nel caso di distacco in corrispondenza della posizione a 45 gradi e di moto "a giavellotto" del frammento. Nella realtà la pala ha una complessità aerodinamica tale per cui il verificarsi di queste condizioni è praticamente impossibile: le forze di resistenza viscosa, le azioni del vento ed il moto di rotazione complesso dovuto al profilo aerodinamico della pala, si oppongono al moto riducendone tempo e distanza di volo.

6.2. Rottura della pala alla radice

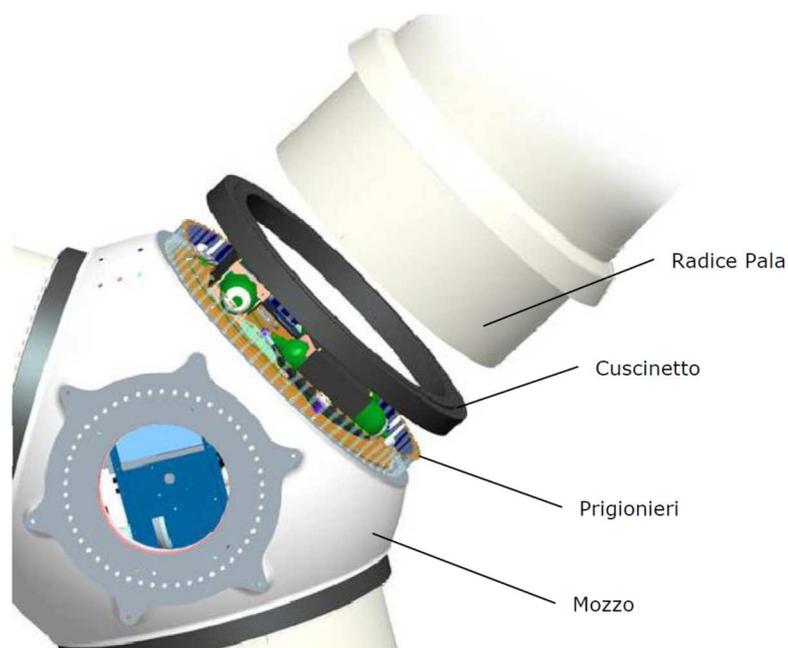
Questo tipo di incidente, che comporta il distacco di una pala completa dal rotore dell'aerogeneratore, può essere determinato dalla rottura della giunzione bullonata fra la pala ed in mozzo.

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

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV		
CAR	ENG	REL	036	00	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI RELAZIONE SULL'ANALISI DI POSSIBILI INCIDENTI	12



Il longherone è dotato di attacchi filettati che consentono di collegarlo al mozzo con bulloni (prigionieri) serrati opportunamente durante l'installazione della turbina. Il precarico conferito ai prigionieri durante il serraggio ha un'influenza determinante sulla resistenza dei prigionieri stessi ai carichi di fatica, per questo motivo è previsto un controllo di tale serraggio durante le operazioni di manutenzione programmata della turbina. L'errata verifica del serraggio ed una plausibile riduzione del precarico possono determinare la rottura per fatica dei bulloni e al distacco della pala.

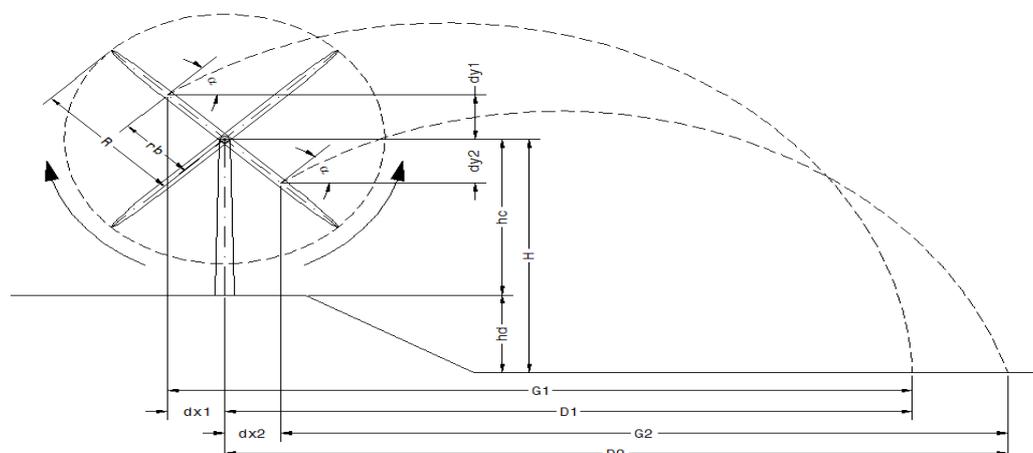


CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI RELAZIONE SULL'ANALISI DI POSSIBILI INCIDENTI	13
CAR	ENG	REL	036	00		



Per la stima della gittata massima dell'intera pala si impongono alcune ipotesi semplificative:

- distacco netto ed istantaneo di una intera pala alla sua radice;
- baricentro posizionato ad 1/3 della lunghezza della pala;
- assenza di attriti viscosi durante il volo;
- distacco alla rotazione di funzionamento massima;
- vento presente durante tutto il volo della pala con velocità corrispondente alla velocità massima di funzionamento;
- assenza di effetti di "portanza" del profilo alare.



CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI RELAZIONE SULL'ANALISI DI POSSIBILI INCIDENTI	14
CAR	ENG	REL	036	00		

Il moto considerato è di tipo rotazionale, cioè quello fisicamente più probabile. Non viene considerata la possibilità, puramente teorica, che il corpo assuma una traiettoria “a giavellotto”. Inoltre, ponendosi nelle condizioni peggiori possibili e come precedentemente illustrato, viene trascurata la presenza dell’aria che nella realtà genera forze di resistenza al moto che ne ridurrebbero tempo di volo e distanza di caduta.

Come è stato ampiamente descritto nella specifica relazione di calcolo della gittata dell’elemento rotante, il valore massimo della gittata è $D_{max}=191,95$ m circa con un angolo di distacco $\alpha=25,67^\circ$. Nell’ipotesi che la pala, a seguito di rottura accidentale, continui a spostarsi lungo l’asse ortogonale al proprio piano e che arrivi a toccare il suolo con la sua estremità non nel verso del moto, a tale valore dovrà aggiungersi la distanza del vertice della pala dal baricentro, 50,00 m, per un valore complessivo della gittata: $D_{tot}= 241,95$ m.

7. DANNI PER L’AVIFAUNA

L’interazione con la avifauna stanziale o di passo è uno degli aspetti, che in molte riunioni di ecologisti compare come un elemento di più vivace discussione ed è pure un argomento che i concessionari di campi eolici tengono sotto controllo ed esaminano anche con campagne ad hoc. In realtà, è uno dei temi più controversi per gli impianti eolici, quando soprattutto siano localizzati in zone ad elevata vocazione naturalistica o nei loro pressi.

Tali zone possono essere rilevanti, o per specie locali, o per specie migratorie, che vi soggiornino per certi periodi dell’anno, o che semplicemente vi transitino. Ci si riferisce a specie che, o sono stanziali localmente (costituite da uccelli terrestri o marini), o sono da ritenere protette (se non in via di temuta estinzione), o trovino rifugio stagionale proprio nell’area del parco eolico, o vedano il parco inserito nelle loro rotte migratorie.

Indipendentemente dalla criticità o meno delle interazioni con l’avifauna, è opportuno sviluppare qualche considerazione per impostare la problematica degli eventuali rischi, cui possono essere soggetti i volatili a causa della installazione di turbine eoliche, e per informare circa le azioni che consentano di inserire campi eolici in aree protette, soggette ai regimi di parchi naturali. Con macchine delle dimensioni attuali il crescere della taglia porterebbe a velocità decrescenti, che,

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI RELAZIONE SULL'ANALISI DI POSSIBILI INCIDENTI	15
CAR	ENG	REL	036	00		

oltre ad una migliore visibilità dell'ostacolo da parte del volatile, indurrebbe minori decessi.

Valutazioni statistiche, esperite dal Ministero dell'Ambiente olandese, porterebbe a far annoverare il numero di morti corrispondenti ad un sito di 1000 MW in confronto con altre attività umane in grado di produrre effetti altrettanto negativi sulla vita dei volatili. Ciò porta alla seguente analisi:

- 1500 volatili morti per effetto delle azioni di caccia;
- 1000 volatili morti per effetto della presenza di tralicci elettrici;
- 2000 elementi deceduti per effetto della presenza di traffico di vario genere e tipo;
- 20 a causa dell'intervento di rotor eolici.

Dai numeri provenienti da tali studi si può evidenziare come la fonte eolica concorrerebbe solamente in minima parte all'impatto sull'avifauna, che essa subisce per una serie di attività umane, legate, o al proprio piacere o alle necessità vitali.

In conclusione, dalla letteratura consultata, si può affermare che gli impianti eolici rappresentano per l'avifauna un rischio contenuto, essendo stati riscontrati valori di mortalità inferiori a quelli derivanti da collisioni con altri manufatti quali strade, linee elettriche, torri per telecomunicazioni. Nel complesso, l'avifauna mostra un buon adattamento alle mutate condizioni ambientali, adottando strategie di volo che permettano di evitare gli ostacoli. Nel corso del tempo, nelle aree dove sono presenti aerogeneratori, si registra una sensibile riduzione delle collisioni (già di per sé su valori molto bassi).

8. PROBABILITA' DI ACCADIMENTO

L'aerogeneratore, al pari di tutte le realizzazioni industriali e tecniche, pone all'attenzione dei responsabili una serie di danni potenziali. Per limitarli devono essere formulati criteri, che sarebbe meglio se fossero derivati da prescrizioni o da statuizioni pubbliche e da normative. Ad essi si dovrebbero attenere costruttori e gestori di campi eolici.

Lo scopo sarebbe quello di ridurre i danni, derivanti da tali installazioni, sino ad un rischio residuale tecnico non eliminabile od accettabile. Nelle considerazioni entrerebbero

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI RELAZIONE SULL'ANALISI DI POSSIBILI INCIDENTI	16
CAR	ENG	REL	036	00		

sostanzialmente se non esclusivamente i requisiti di sicurezza, che l'impianto deve assicurare in tutte le fasi della propria vita (cioè, realizzazione, esercizio e dismissione oltre alla impostazione). È ovvio che in questo momento sono le prime due a farla da padrone. In mancanza di siffatte prescrizioni è prassi riferirsi ad una probabilità di rottura di 1006 eventi all'anno. Il dato numerico va inteso come un limite di soglia da raggiungere o da applicare. È stato per molto tempo il valore di accettabilità o di credibilità incidentale degli impianti nucleari, che prima di tutti e più di tutti hanno fatto della sicurezza il paradigma essenziale della loro esistenza nel panorama industriale dei nostri paesi. È naturale che se in un dato periodo di tempo, che è solitamente tagliato sull'anno, non si devono riconoscere eventi incidentali di quel tipo, che si sta considerando, la relativa probabilità di rottura assumerà il valore limite, che si è appena indicato, cioè 1006 eventi/anno. È ovvio che il valore del danno statistico della rottura di una torre per un convertitore eolico abbia singolarmente una probabilità maggiore. Essendo il processo di rottura della torre il risultato di una catena di eventi, la probabilità totale spettante a tale evento sarà la combinazione delle probabilità dei meccanismi intermedi, attraverso i quali si perviene al risultato. Ogni evento individuale della catena è visto con le sue conseguenze in modo che il prodotto della probabilità di occasione di ogni individuale evento fornisce la relativa probabilità di danno. Questo valore può essere messo in relazione con il valore di soglia, che dipende dall'oggetto individuale da proteggere. La relazione, che traduce il concetto ora esposto, si basa sulla seguente disuguaglianza.

$$P_{so} > P_1 \times P_2 \times P_3 \times P_4$$

nella quale per le singole quantità valgono le indicazioni precedenti e precisamente:

- P_{so} è il valore di soglia, che è relativo all'oggetto da difendere e che in linea generale potrebbe essere corrispondente al dato, già discusso in precedenza e cioè pari a 1006 o ben maggiore;
- P₁ è la probabilità di occasione dell'evento incidentale accaduto alla turbina eolica;
- P₂ è la probabilità di occasione dell'urto tra l'oggetto da proteggere e la pala;
- P₃ è la probabilità di occasione della condizione di vento sfavorevole o dei condizionamenti ambientali;

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV		
CAR	ENG	REL	036	00	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI RELAZIONE SULL'ANALISI DI POSSIBILI INCIDENTI	17

- P4 la probabilità di occasione relativa ad altre cause, come tolleranze di costruzione, etc.

In conclusione, in relazione al rischio di rottura, si riportano le risultanze del documento “*Analysis Of Risk Involved Incidents Of Wind Turbines*”, allegato alla “*Guide for Risk-Based Zoning of Wind Turbines*”, elaborato nel 2005 dall’ ECN (Energy Research Centre of the Netherlands) sulla base dei dati relativi a produzione di energia eolica, incidenti e manutenzione raccolti dallo ISET (Institut für Solare Energieversorgungstechnik) in Germania e dall’ EMD (Energie- og Miljødata) in Danimarca. L’ECN ha analizzato le informazioni di incidenti registrate su un campione molto largo di turbine eoliche in Danimarca e Germania, determinando le frequenze di:

- rottura di una pala;
- rottura della punta e di piccole parti;
- rottura della torre alla base;
- caduta del rotore o della navicella
- caduta di piccole parti dal rotore o dalla navicella.

La probabilità di rottura della pala è stata suddivisa in diverse condizioni d’uso:

- alla velocità nominale;
- durante la frenata meccanica;
- in condizione di overspeed.

I risultati dell’analisi (riportati nella seguente figura) mostrano come la probabilità di rottura di una pala (0.84‰) sia inferiore al dato (2,6‰) utilizzato più frequentemente in studi di questo genere. Per quanto riguarda la probabilità di rottura in overspeed, è stata utilizzata la stima di studi precedenti, determinata moltiplicando la probabilità di guasto della rete elettrica (5 volta in un anno) con la probabilità di rottura del primo sistema di frenata (10⁻³ per intervento) e del secondo sistema di frenata (10⁻³ per intervento) e per la probabilità di rottura della pala in queste condizioni (100%).

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CARLENTINI RELAZIONE SULL'ANALISI DI POSSIBILI INCIDENTI	18
CAR	ENG	REL	036	00		

Part	Failure frequency per turbine per year			Maximum throw distance [m] (reported and confirmed)
	Expected Value	95% upper limit	Recommended Risk Analysis Value [1/yr]	
Entire blade	$6.3 \cdot 10^{-4}$	$8.4 \cdot 10^{-4}$	$8.4 \cdot 10^{-4}$	150
<i>Nominal rpm</i>			$4.2 \cdot 10^{-4}$	
<i>Mechanical braking</i>			$4.2 \cdot 10^{-4}$	
<i>Overspeed</i>			$5.0 \cdot 10^{-6}$	
Tip or piece of blade	$1.2 \cdot 10^{-4}$	$2.6 \cdot 10^{-4}$	$2.6 \cdot 10^{-4}$	500
Tower	$5.8 \cdot 10^{-5}$	$1.3 \cdot 10^{-4}$	$1.3 \cdot 10^{-4}$	Shaft height + half diameter
Nacelle and/or rotor	$2.0 \cdot 10^{-4}$	$3.2 \cdot 10^{-4}$	$3.2 \cdot 10^{-4}$	Half diameter
Small parts from nacelle	$1.2 \cdot 10^{-3}$	$1.7 \cdot 10^{-3}$	$1.7 \cdot 10^{-3}$	Half diameter

Frequenza di rottura e massima gittata segnalata