

REGIONE ABRUZZO

Comune di
MONTAZZOLI
(Prov. di Chieti)

P.zza Città dell'Aquila 1 66030 - Montazzoli (CH)
Telefono 0872.947126 Fax: 0872.947131

COMMITTENTE: **Edison Rinnovabili Spa**

Reg. Imprese di MILANO - MONZA - BRIANZA - LODI e C.F. 01890981200
Partita IVA 12921540154 - REA di Milano 1595386
Codice destinatario RWWYUTX

Sede Legale: Foro Buonaparte, 31 - 20121 MILANO
Tel. +39 02 6222 1 - PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Oggetto:

**ADEGUAMENTO TECNICO IMPIANTO EOLICO
MEDIANTE INTERVENTO DI REPOWERING DELLE TORRI ESISTENTI
E RIDUZIONE NUMERICA DEGLI AEROGENERATORI
- INTERVENTO IR8 -**

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE SUL DISTACCO DEGLI ELEMENTI ROTANTI

Il Progettista
(Ing. Antonio Scutti)



STUDIO TECNICO DI INGEGNERIA
Dott. Ing. Antonio SCUTTI

Contrada Tomassuoli, 46 - 66040 PERANO (Ch)
Codice Fiscale SCT NTN 54A02 A235I # Partita IVA 00643420698
Tel./fax. 0872/898020 LICENZA - AUTODESK - n. 053-01002259
Personal 337 632986
E-mail: antonioscutti@alice.it

SCALA

TAVOLA

DATA

H

24/10/2023

Rev.	Data	Note	Rif. Documento
01	24/10/2023	INTEGRAZIONI	AS_GIU_A390_
00	14/07/2022	PROGETTO DEFINITIVO	

Comune di

MONTAZZOLI località tra Monte Fischietto, Colle Lettiga e Monte di Mezzo

- *Provincia di CHIETI* -

Oggetto: ADEGUAMENTO TECNICO IMPIANTO EOLICO MEDIANTE INTERVENTO DI REPOWERING DELLE TORRI ESISTENTI E RIDUZIONE NUMERICA DEGLI AEROGENERATORI – INTERVENTO IR8

PROGETTO DEFINITIVO

PROPONENTE: Edison Rinnovabili S.p.A. con sede Legale in Foro Buonaparte, 31 - 20121 MILANO Tel. +39 02 62221 (Reg. Imprese di Milano – Monza – Brianza – Lodi e C.F. 01890981200 Partita IVA 12921540154 - REA di Milano 1595386)

RELAZIONE SUL DISTACCO DEGLI ELEMENTI ROTANTI

Indice

1	PREMESSA	3
2	CONSIDERAZIONI NEL MERITO DEL DISTACCO DEGLI ELEMENTI ROTANTI	4
3	ALLEGATO A1	6

1 PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di precisare le norme nazionali ed internazionali e i conseguenti criteri di progettazione sulla base dei quali vengono realizzati gli elementi rotanti (pale) degli aerogeneratori presi in considerazione per il progetto delle integrali ricostruzioni in Abruzzo.

Nel seguito non verrà quindi proposto un calcolo della gittata in caso di rottura, bensì saranno indicate ed esaminate le motivazioni sulla base delle quali si può affermare come sia da escludere la possibilità di un distacco degli elementi rotanti.

Questo perché una corretta interpretazione del problema oggetto della presente relazione non può essere fornita attraverso una valutazione quantitativa, ma chiarendo il processo e gli standard di sicurezza adottati al fine di scongiurare tali rotture.

2 CONSIDERAZIONI NEL MERITO DEL DISTACCO DEGLI ELEMENTI ROTANTI

Va chiarito sin dal principio come il problema del distacco degli elementi rotanti dagli aerogeneratori sia attualmente scongiurato dalle soluzioni tecniche e dalle relative verifiche adottate in fase di progettazione degli aerogeneratori oltre che per i sistemi di sicurezza attivi in fase di esercizio.

Per meglio comprendere tale affermazione si precisa che il progetto di un aerogeneratore viene fatto sulla base della norma internazionale IEC 61400-1 la cui filosofia è quella della tecnologia aeronautica, dove, oltre alle prescrizioni sulle ipotesi di carico, si aggiungono anche delle prescrizioni più generali atte a stabilire come la macchina, nel suo complesso, possa far fronte a diverse condizioni di guasto.

La norma IEC 61400-1 detta i criteri specifici per la progettazione i quali prevedono che ogni componente sia realizzato supponendo quindi la concomitanza di una serie di condizioni sfavorevoli (load cases) al massimo delle loro rispettive intensità così da coprire anche il funzionamento in condizioni totalmente avverse.

Inoltre, a progetto completato, è necessaria la certificazione da parte di un ente terzo, il cosiddetto type certificate, che prevede tre campi di analisi obbligatori:

1. Analisi della progettazione;
2. Analisi del processo di produzione dell'aerogeneratore;
3. Prove di tipo.

Le pale dell'aerogeneratore sono interessate, oltre che alle analisi su progettazione e processo produttivo, anche dalle prove tipo durante le quali vengono simulati cicli di vita utile in modo da garantirne il funzionamento nel tempo.

La normativa in vigore si basa dunque sulla definizione di standard di sicurezza e così facendo esclude a priori qualunque ipotesi per il calcolo della gittata che pertanto non ha alcun significato reale.

In fase di esercizio, va poi specificato che gli aerogeneratori che saranno installati da [Edison Rinnovabili SpA](#), indipendentemente dal fornitore, sono provvisti di sistemi di sicurezza che intervengono quando le condizioni di funzionamento sono al di fuori del suo range di funzionamento e tali da compromettere la funzionalità delle macchine e la sicurezza pubblica.

A valle del processo di progettazione e verifica descritto, consolidato in decine di anni di avanzamento tecnico, e in considerazione dei sistemi di sicurezza adottati è quindi possibile affermare che le pale degli aerogeneratori che saranno presi in considerazione da [Edison Rinnovabili SpA](#) per il progetto delle integrali ricostruzioni in Abruzzo vengono studiate e realizzate in modo da evitare rotture e distacchi e che per i medesimi motivi non ha alcun significato fornire una valutazione quantitativa del problema.

3 ALLEGATO A1

Per meglio chiarire quanto appena esposto [Edison Rinnovabili SpA](#), in riferimento ad un altro impianto in fase di progettazione ma del tutto assimilabili al caso, ha recentemente richiesto ad un ente terzo di verificare e precisare la posizione proposta nella presente relazione.


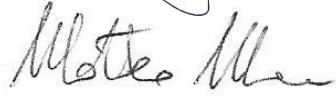
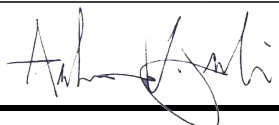
L'ente terzo selezionato è la società internazionale WindSim (www.windsim.com) che da anni è uno dei leader internazionali in materia di valutazioni di producibilità, analisi anemologiche e consulenza alla progettazione e alla realizzazione di impianti eolici.

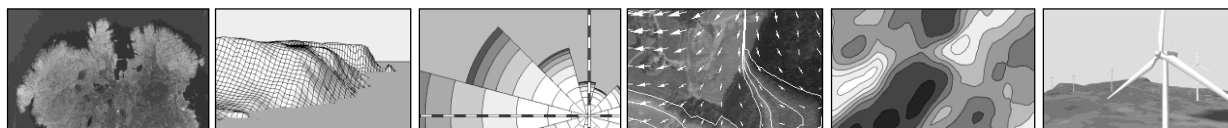
Tale relazione (Codice Archivio 140122_EDENS_100), allegata alla presente, chiarisce in modo definitivo gli standard di sicurezza richiesti e la corretta interpretazione della problematica in oggetto.

IL PROGETTISTA
Dott. Ing. Antonio Scutti

RELAZIONE TECNICA

Titolo:	Distacco elementi rotanti - Impianto Colletorto (CB)		
Cliente:	Edison Energie Speciali		
Contatto:	Virginia Mangone		
Classificazione:	Confidenziale		
Distribuzione:	Cliente; WindSim AS		
Codice Archivio:	140122_EDENS_100	Numero di pagine:	10
Data:	28/01/2014	Versione:	1.0

Autore:		Andrea Vignaroli
Controllato:		Matteo Mana
Approvato:		Andrea Vignaroli



Revisioni

versione	data	note
0.9	21/10/2013	Bozza per commenti
1.0	28/01/2014	Versione definitiva

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	CONSIDERAZIONI SULL'ENTITÀ DEL RISCHIO	4
3	IEC 61400-1: DESIGN REQUIREMENTS	5
4	ESEMPI	7
5	VALUTAZIONI FINALI	10
6	REFERENZE	10

1 Introduzione

L'obiettivo di questo documento è quello di fornire un inquadramento della problematica derivante dal rischio di distacco di elementi rotanti da un aerogeneratore eolico, contestualizzandolo in relazione alla vigente normativa tecnica del settore.

Anche se il presente documento costituisce parte integrante della documentazione per l'autorizzazione dell'impianto eolico di Colletorto in provincia di Campobasso, le considerazioni presentate sono facilmente generalizzabili anche ad altri casi analoghi.

2 Considerazioni sull'entità del rischio

In letterature sono annoverati pochissimi dati di danni causati dalle pale delle turbine eoliche in caso di rottura accidentale. Si tratta infatti di una circostanza eccezionale con rischi connessi estremamente bassi. Sono davvero remote le possibilità che una pala di un aerogeneratore si possa distaccare dal mozzo e causare danni attraverso la sua rottura. Il distacco o la rottura della pala sono eventi che si verificano per condizioni operative al di fuori delle normale range di funzionamento delle macchine. Gli aerogeneratori che si utilizzano sono provvisti di sistemi di sicurezza che intervengono quando le condizioni di funzionamento sono al di fuori del suo range di funzionamento e tali da compromettere la funzionalità della macchine e la sicurezza pubblica.

Secondo il dipartimento di energia eolica dell'università tecnologica danese (DTU) "il rischio che una persona in macchina venga uccisa a causa di distacco parziale o totale di una pala è di minore importanza"[1]. Nello studio sono state ipotizzate turbine di altezza 120 metri installate lungo una autostrada e equi spaziate 500 m fra di loro. I risultati dimostrano che la probabilità per kilometro è minore di $5 \cdot 10^{-12}$ e quindi trascurabile.

E' necessario enfatizzare che gli aerogeneratori installati in Italia devono essere progettati, installati ed eserciti nel rispetto delle norme CEI, che sono armonizzate con le norme internazionali emesse dalla IEC, ente internazionale normativo, che ha sviluppato, a partire dal 1988 un progetto ampio e articolato per definire standard dedicati esclusivamente alle macchine eoliche.

La norma internazionale IEC 61400-1 Design Requirements[2], costituisce la terza versione di uno standard internazionale originariamente denominato "Safety Requirements for Wind Turbines". Il progetto normativo eolico è avanzato in sede IEC, con il compito di definire metodi condivisi in campo internazionale finalizzati a garantire che il progetto, la installazione e l'esercizio degli aerogeneratori non comporti rischi per la popolazione.

E' importante quindi fare riferimento alla filosofia con cui tale norma, evoluta nel tempo, ha affrontato il problema della sicurezza per queste macchine automatiche rotanti, che evidentemente presentano caratteristiche peculiari rispetto ad altre infrastrutture quali, ponti, tralicci o anche edifici.

Trattandosi di macchine dotate di un sistema di controllo attivo, la filosofia delle prescrizioni normative si è ispirata alla tecnologia aeronautica, dove, oltre alle prescrizioni sulle ipotesi di carico, si aggiungono anche delle prescrizioni più generali atte a stabilire come la macchina, nel suo complesso possa far fronte a diverse condizioni di guasto. Le logiche del sistema di controllo dipendono quindi dall'assunzione che guasti o rotture di alcuni componenti, singolarmente o in sequenza, siano possibili. Vi sono però altri componenti dell'aerogeneratore per i quali la norma esclude in modo assoluto il caso di rottura. Si tratta di componenti strutturali principali, tra cui le pale e la torre, per i quali la norma, proprio per questo motivo, prescrive condizioni di carico, coefficienti di sicurezza, modalità di progetto,

di installazione e di esercizio, particolarmente cautelative e tali da giustificare l'esclusione dell'ipotesi di rottura.

Facendo l'analogia con un aereo vi sono eventi previsti, come ad esempio il guasto di un motore, al quale l'aereo deve poter far fronte in emergenza, ma vi sono anche eventi, quali il distacco di un'ala, che non si devono verificare in nessun caso.

Facendo invece l'analogia con una struttura convenzionale, un ponte, l'ipotesi di crollo non viene evidentemente considerata come possibile, altrimenti il ponte non sarebbe utilizzabile.

In questa luce risulta evidente il motivo per cui la norma IEC, non formula nessuna ipotesi su come calcolare la gittata di una pala.

In altri termini, volendo comunque effettuare un calcolo di significato puramente accademico sulla possibile gittata di una pala che dovesse distaccarsi dall'aerogeneratore, risulta impossibile fare assunzioni ragionevoli per le ipotesi di calcolo (velocità di rotazione, condizioni di vento al momento del distacco, ecc.), che possono portare a risultati anche molto diversi tra loro.

Dal momento che qualunque ipotesi è per definizione esclusa dalla normativa, ne risulta che il calcolo non ha alcun significato sotto il profilo autorizzativo.

3 IEC 61400-1: Design Requirements

Questa Norma fornisce prescrizioni per la progettazione degli aerogeneratori (WTG), al fine di assicurare l'integrità tecnica di queste macchine e quindi un adeguato livello di protezione di persone, animali e cose contro possibili danni derivanti dalla presenza di impianti eolici.

La Norma IEC 61400-1 fornisce prescrizioni per quanto riguarda:

- criteri generali di progettazione e garanzia della qualità;
- condizioni esterne normali ed estreme da prendere come riferimento nella progettazione dell'aerogeneratore;
- criteri da seguire nel progetto strutturale dell'aerogeneratore;
- requisiti del sistema di controllo e del sistema di protezione;
- caratteristiche del sottosistema elettrico e dei suoi componenti;
- criteri da seguire nel trasporto, nel montaggio e nell'installazione finale dell'aerogeneratore;
- procedure di messa in servizio, di esercizio, di ispezione e di manutenzione.

Il suo obiettivo è quello di fornire un adeguato livello di protezione contro i danni relativi a tutti i rischi che questi sistemi meccanici possono riscontrare nel corso della loro vita prevista.

Questo standard si occupa di tutti i componenti e sottosistemi dell'aerogeneratore come meccanismi di controllo e protezione, impianti elettrici interni, sistemi meccanici, strutture di supporto e le apparecchiature di interconnessione elettrica.

Queste specifiche tecniche si applicano alla progettazione, produzione, installazione e manutenzione di WTG e del processo di gestione della qualità associata.

La norma specifica che è necessario l'utilizzo di un modello dinamico per prevedere carichi di progetto strutturali. Questo modello viene utilizzato per determinare i carichi su una gamma di velocità del vento usando condizioni di turbolenza e altre condizioni di vento estreme così come situazioni dove la macchina è ferma, operativa, in start-up e shut-down. Tutte le combinazioni pertinenti di condizioni esterne e situazioni di progetto vengono analizzati. In questa norma un insieme minimo di tali combinazioni è stato definito come casi progettuali di carico. Inoltre un WTG viene progettato tenendo

conto anche di fattori di sicurezza che si applica per evitare errori che potrebbero provocare lesioni o conseguenze economiche e sociali.

I dati provenienti da prove su scala reale di un WTG possono essere utilizzati per aumentare la fiducia nei valori previsti di progettazione e verificare i modelli di dinamica strutturale e situazioni progettuali. La verifica dell'adeguatezza del progetto può essere effettuata tramite calcolo e/o prove.

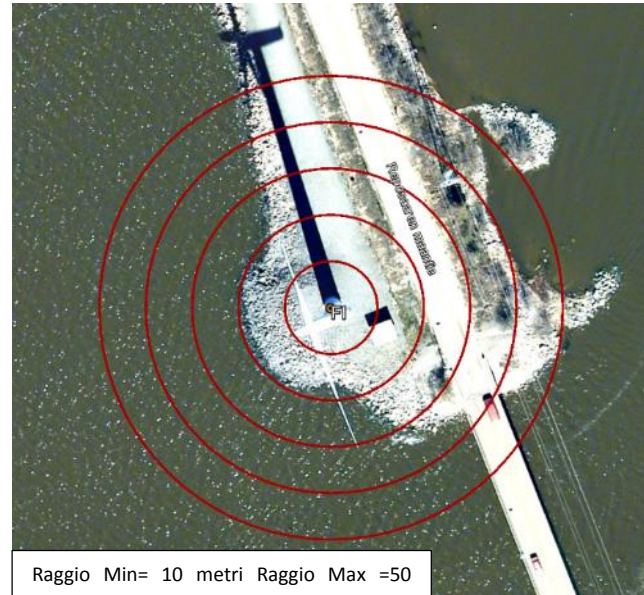
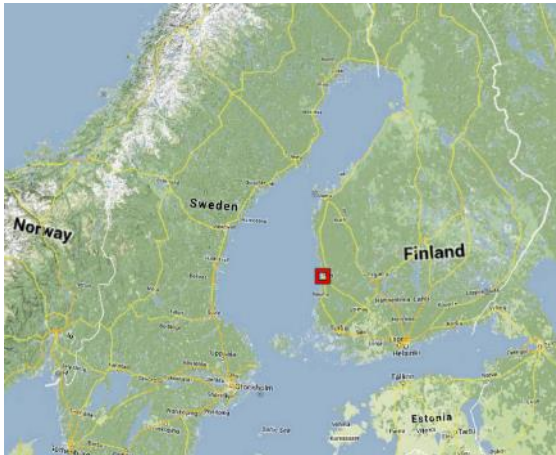
Inoltre ogni turbina prima di essere immessa sul mercato viene sottoposta ad un controllo da parte di un ente certificatore (DNV-GL, TUV) chiamato "Type Certification". Questo controllo ha lo scopo di verificare che il progettista della macchina abbia rispettato la norma in tutto e per tutto.

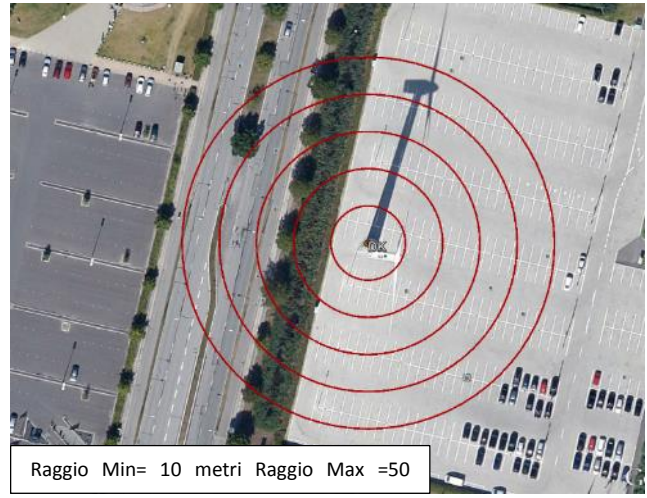
La verifica invece che le condizioni sul sito siano minori di quelle ipotizzate in fase di progetto viene chiamata "site suitability", un processo che è parte fondamentale del flusso di lavoro eseguito sia dal proponente che dal fornitore di turbine per ogni progetto eolico.

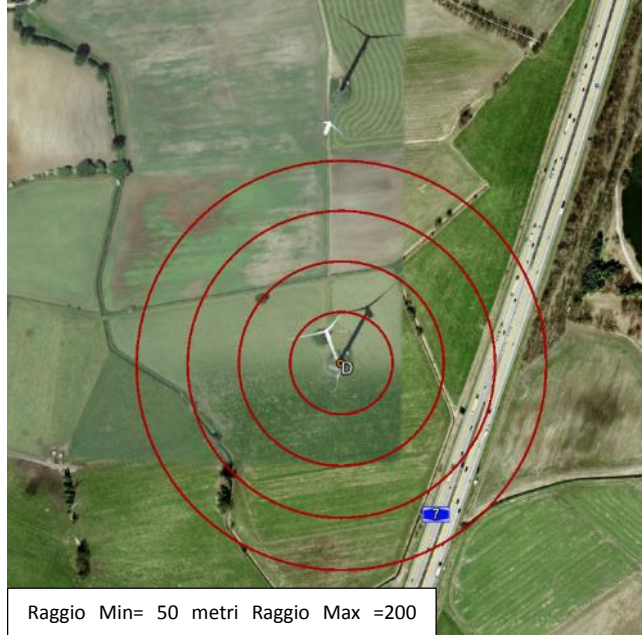
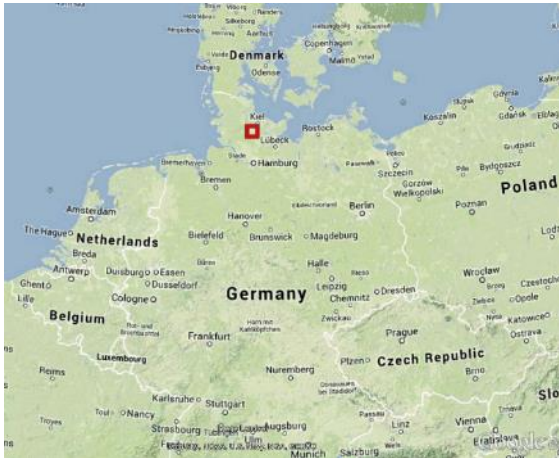
La IEC 61400-1 è recepita e resa vigente sul territorio italiano dal comitato elettrotecnico italiano (CEI).

4 Esempi

A supporto di quanto dichiarato vengono riportati alcuni esempi di impianti eolici in altri paesi europei installati e operanti senza rischio in prossimità di zone interessate da traffico veicolare.







5 Valutazioni finali

Così come ponti, strade, tralicci dell'alta tensione, un aerogeneratore eolico è parte dell'infrastruttura creata dall'uomo per il sostentamento delle attività della vita moderna. La loro progettazione è normata da uno standard internazionale che ne assicura la sicurezza e il buon funzionamento. Se rispettata, il rischio per gli esseri umani è così basso da rendere la loro installazione in prossimità di reti stradali possibile, come suggerito anche negli esempi riportati.

6 Referenze

- [1] Sørensen, Sørensen, Lemmings - Risk assessment of wind turbines close to highways
- [2] IEC 61400-1 Wind turbines – Part 1: Design requirements, third edition 2010.