

PROPONENTE  
**ESE SALADINO S.R.L.**  
Via Lavaredo, 44/52  
30174 Venezia



PROGETTAZIONE E CORDINAMENTO

**LAAP ARCHITECTS®**  
urban quality consultants

Architetto e Dottore Agrotecnico Antonino Palazzolo

LAAP ARCHITECTS Srl  
via Francesco Laurana 28  
90143 - Palermo - Italy  
t 091.7834427 - fax 091.7834427  
laap.it - info@laap.it

Numero di commessa laap: 383



N° COMMESSA

**1570**

PARCO EOLICO SALADINO  
POTENZA EOLICA 64,8 MW + 41,6 MW SISTEMA DI ACCUMULO  
LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI AGRIGENTO  
IMPIANTO E OPERE DI CONNESSIONE COMUNI DI NARO (AG), CAMASTRA (AG) E LICATA (AG)

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO

RELAZIONE SULL'ANALISI DI POSSIBILI INCIDENTI  
(D.M. 10-09-10)

CODICE ELABORATO

**SIA.08**

NOME FILE: 1570\_CART\_elaborato\_r00.dwg

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICA	APPROVAZIONE
00	31/05/2024	PRIMA EMISSIONE	LAAP ARCHITECTS	Arch. Sandro Di Gangi	Arch. e Agr. Antonino Palazzolo



## INDICE

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
1.1. Dati Generali di Progetto .....	5
<b>2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE</b> .....	<b>6</b>
<b>3. DESCRIZIONE SINTETICA AEROGENERATORI</b> .....	<b>11</b>
<b>4. NATURA DEGLI INCIDENTI</b> .....	<b>13</b>
4.1. Incidenti meccanici .....	13
4.1.1. Modalità di rottura della pala .....	13
4.1.1.1. Rottura della pala alla radice .....	13
4.1.2. Rottura di frammento della pala .....	14
4.1.3. Considerazioni sulla Gittata di un corpo soggetto a rotazione .....	15
4.2. Rottura della torre dell'aerogeneratore .....	16
4.3. Eventi accidentali per Fulminazione e Fuoco .....	16
4.4. Incidenti causati dalla presenza dell'aerogeneratore .....	17
4.5. Considerazioni sull'avifauna .....	18

## 1. PREMESSA

La società LAAP Architects Srl è stata incaricata di redigere il progetto definitivo del parco eolico denominato “Saladino” composto da nove aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 7,2 MW, per una potenza complessiva di 64,8 MW, e delle opere di rete ubicate nei Comuni di Naro (AG), Camastra (AG) e Licata (AG). Il progetto è proposto dalla società ESE SALADINO SRL con sede legale in Venezia (VE) via Lavaredo 44/52 cap 30174.

Nello specifico si propone la realizzazione di:

1. **Parco eolico** con n° **9 aerogeneratori**, il cui modello selezionato avrà potenza nominale di 7,2 MW con altezza al mozzo pari a 125 m, diametro rotore pari a 162 m e altezza massima al vertice della pala pari a 206 m. Questa tipologia di aerogeneratore, allo stato attuale, è quella ritenuta più idonea per il sito di progetto dell’impianto.

L’area interessata dal posizionamento degli aerogeneratori ricade nella contrada Saladino (T1-T2) e nella Contrada Risichittè (T5-T6) nel **Comune di Naro**, nella contrada Campofranco (T3-T7-T8) e nella Contrada Vizzino (T9) nel **Comune di Camastra** e nella Contrada Sottàfari e Marotta nel **Comune di Licata** su aree a destinazione agricola. I terreni sui quali si intende realizzare l’impianto sono tutti di proprietà privata. Il territorio è caratterizzato da un’orografia prevalentemente pianeggiante con la presenza di alcuni rilievi naturali, le posizioni delle macchine vanno da un’altitudine di 63.00 m. slm. a 202.00 m. slm.

Oltre che degli aerogeneratori, il progetto si compone dei seguenti elementi:

2. **Cavidotti interrati 36kV**, ubicati nel comune di Naro (AG), Camastra (AG) e Licata (AG), per il vettoriamento dell’energia elettrica prodotta dal campo eolico fino alla Sottostazione Utente;
3. La **Sottostazione Utente SSEU**, ubicata nel comune di Licata;
4. Una nuova **stazione elettrica SE TERNA** di smistamento con **stallo di trasformazione a 220/150/36 kV**, ubicata nel comune di Licata, da inserire in entra - esce sulla linea RTN a 220 kV “Chiaramonte Gulfi - Favara” con dei nuovi raccordi di progetto;

Secondo le indicazioni del D.L 199/2021 al comma 8 dell’art. 20 che disciplina l’individuazione di superfici e aree idonee per l’installazione di impianti a fonti rinnovabili e verificata la compatibilità con:

- i beni culturali con dichiarazioni di notevole interesse pubblico ai sensi del titolo II del D.lgs 42/2004 (*VINCOLI IN RETE* <http://vincoliinrete.beniculturali.it/vir/vir/vir.html> ed elenco beni architettonici della Provincia di Agrigento);
- i beni paesaggistici ai sensi del D.lgs 42/2004 art. 10, art. 136 e art. 134, lett. c, estrapolati dal SITR regionale (Piano paesaggistico di Agrigento);
- il portale dei beni culturali (SITAP) e il portale della Paesaggistica (<https://paesaggistica.sicilia.it/>)

**Si evidenzia che l’impianto eolico Saladino non rientra nella fascia di rispetto dei 3 km dei beni sottoposti a tutela ai sensi del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, né ricadono nella fascia di rispetto dei beni sottoposti a tutela ai sensi della parte seconda oppure dell’articolo 136. Pertanto l’impianto si colloca in area idonea.** Si fa riferimento all’elaborato cartografico cod. SIA.14. A “Carta delle aree non idonee ai sensi dell’art.20 comma 8 del D.lgs. 199/2021 e smi”.



La connessione alla RTN è basata sulla soluzione tecnica minima generale per la connessione STMG, con codice pratica **202400719**, ricevuta per l'impianto in oggetto da Terna - Rete Elettrica Nazionale S.p.A.

La presente relazione costituisce un'analisi sui possibili incidenti che si potrebbero generare durante la vita del parco eolico denominato Saladino.

## 1.1. Dati Generali di Progetto

Nella tabella seguente sono riepilogate in forma sintetica le principali caratteristiche tecniche dell'impianto in progetto.

Tabella 1. Tabella sinottica dati di progetto

ESE SALADINO SRL	
<b>Luogo di installazione:</b>	Parco Eolico: Contrada Saladino Località: Comuni di Naro (AG), Camastra (AG) e Licata (AG)
<b>Denominazione impianto:</b>	Parco eolico: Saladino
<b>Dati area di progetto:</b>	Parco eolico: Comuni di Naro (AG), Camastra (AG) e Licata (AG)
<b>Potenze impianto (kW):</b>	Parco eolico: 64.800 kW Immissione BESS: 41.600 kW Prelievo BESS + AUSILIARI: 44.100 kW
<b>Dati generali sistema di accumulo BESS</b>	Potenza massima in immissione in rete: 41.600 kW Potenza massima in prelievo dalla rete (AC): 41.600 kW Capacità energetica: 184,32 MWh
<b>Informazioni generali del sito:</b>	Zona prevalentemente rurale a basso tasso di inurbamento.
<b>Tipologia aerogeneratore</b>	Impianto Eolico: Aerogeneratore tripala con regolazione attiva del passo pala e dell'orientamento del rotore avente diametro di 162 m con mozzo a 125 m di altezza
<b>Connessione:</b>	Connessione ad uno stallo a 36 kV di una stazione TERNA
<b>Caratterizz. -urbanistico/vincolistica:</b>	Piano Regolatore di Naro (AG), Camastra (AG) e Licata (AG)

## 2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Gli aerogeneratori (in numero di nove) dell'impianto sono denominati con le sigle T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8 e T9. Nel dettaglio si ricordi che:

- il Comune di Naro (AG) è interessato da n. 4 aerogeneratori, identificati dalle sigle T1, T2, T5, T6 e da alcuni tratti del cavidotto MT di connessione alla RTN;
- il Comune di Camastra (AG) è interessato da n. 4 aerogeneratori, identificati dalle sigle T3, T7, T8, T9 e da alcuni tratti del cavidotto MT di connessione alla RTN;
- il Comune di Licata (AG) è interessato da n. 1 aerogeneratori, identificati dalle sigle T4, dalla Sottostazione Utente, SSEU, dalla Stazione Elettrica, SE, Terna e da alcuni tratti del cavidotto MT di connessione alla RTN;

L'impianto sarà collocato in agro del Comune di Naro, Camastra e di Licata, in provincia di Agrigento, all'interno delle seguenti cartografie e fogli di mappa catastali:

- Fogli IGM in scala 1:25.000 di cui alle seguenti codifiche: 271-I-NO-Naro, 271-I-SO-Palma di Montechiaro e 271-I-SE-Favarotta
- CTR in scala 1:10.000, di cui alle seguenti codifiche: 637100, 637110, 637140, 637150, 642020, 642030.
- Fogli di mappa nn. 122, 123 e 199 del comune di Naro, fogli di mappa nn. 6, 11, 12 del Comune di Camastra (AG) e fogli di mappa nn. 1, 13 e 14 del Comune di Licata (AG).

Tabella 2. Coordinate aerogeneratori

Inquadramento geografico						
	Coordinate Torri Eoliche (SR WGS84 DMS)		Coordinate Torri Eoliche (SR ETRS89 / UTM33)		Alt.	Comune
T1	37.230109°	13.790509°	392707.24 m E	4121084.79 m N	257 m	Naro (AG)
T2	37.237748°	13.794286°	393053.12 m E	4121928.04 m N	292 m	Naro (AG)
T3	37.234591°	13.807561°	394226.27 m E	4121562.91 m N	255 m	Camastra (AG)
T4	37.227518°	13.835500°	396694.94 m E	4120747.34 m N	277 m	Licata (AG)
T5	37.233278°	13.821033°	395419.48 m E	4121402.28 m N	228 m	Naro (AG)
T6	37.239462°	13.824312°	395718.88 m E	4122084.71 m N	247 m	Naro (AG)
T7	37.238807°	13.815092°	394900.17 m E	4122022.25 m N	240 m	Camastra (AG)
T8	37.247358°	13.814466°	394856.50 m E	4122971.61 m N	249 m	Camastra (AG)
T9	37.259226°	13.808639°	394356.22 m E	4124294.74 m N	296 m	Camastra (AG)

Tabella 3. Coordinate baricentriche SSEU

Inquadramento geografico						
	Coordinate SSEU (SR WGS84 DMS)		Coordinate SSEU (SR ETRS89 / UTM33)		Alt.	Comune
SSEU	37.182498°	13.866641°	399397.91 m E	4115719.16 m N	359 m	Licata (AG)

Tabella 4. Particelle catastali aerogeneratori

Inquadramento catastale					
	Foglio	Particella	Coltura	Destinazione Progetto	Comune
T1	123	48 - 49	SEMINATIVO - MANDORLETO	Piazza torre eolica	Naro (AG)
T2	122	153	ULIVETO	Piazza torre eolica	Naro (AG)
T3	12	170 - 171 - 177	SEMINATIVO	Piazza torre eolica	Camastra (AG)
T4	1	71	SEMINATIVO	Piazza torre eolica	Licata (AG)
T5	199	143	SEMINATIVO - ULIVETO	Piazza torre eolica	Naro (AG)
T6	199	70 - 71 - 72	SEMINATIVO - ULIVETO	Piazza torre eolica e servitù	Naro (AG)
T7	12	50 - 75 - 76	SEMINATIVO - PASCOLO	Piazza torre eolica e servitù	Camastra (AG)
T8	11	285	SEMINATIVO	Piazza torre eolica	Camastra (AG)
T9	6	130 - 526 - 415 - 509 - 416 - 471 - 510	SEMINATIVO - MANDORLETO	Piazza torre eolica e servitù	Camastra (AG)

Tabella 5. Particelle catastali SSEU

Inquadramento catastale					
	Foglio	Particella	Coltura	Destinazione Progetto	Comune
SSEU	13	142 - 169 - 33 - 180	SEMINATIVO - MANDORLETO - ULIVETO - VIGNETO	Area SSEU	Licata (AG)

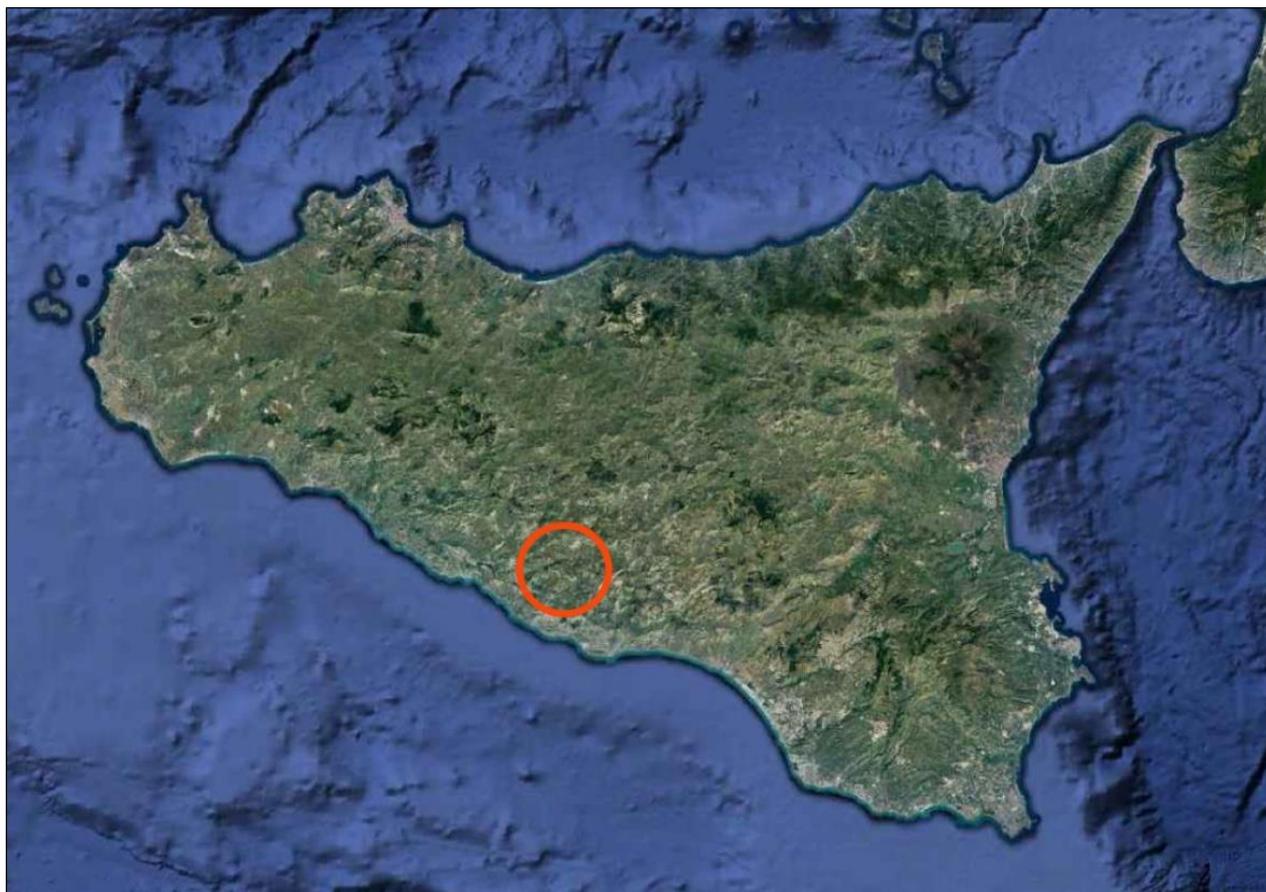


Figura 1. Ubicazione dell'impianto da foto satellitare

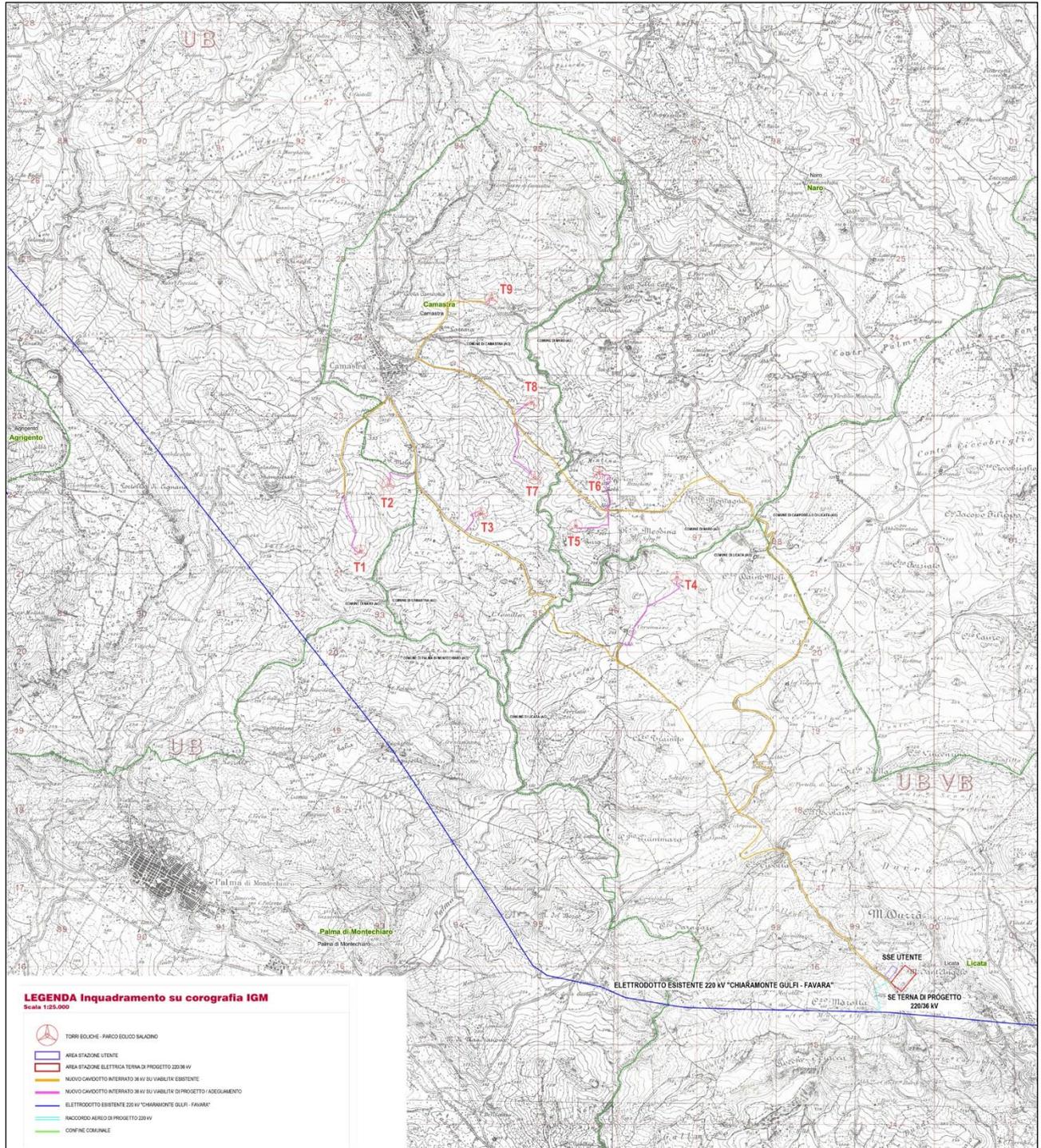


Figura 2. Ubicazione dell'impianto da cartografia IGM

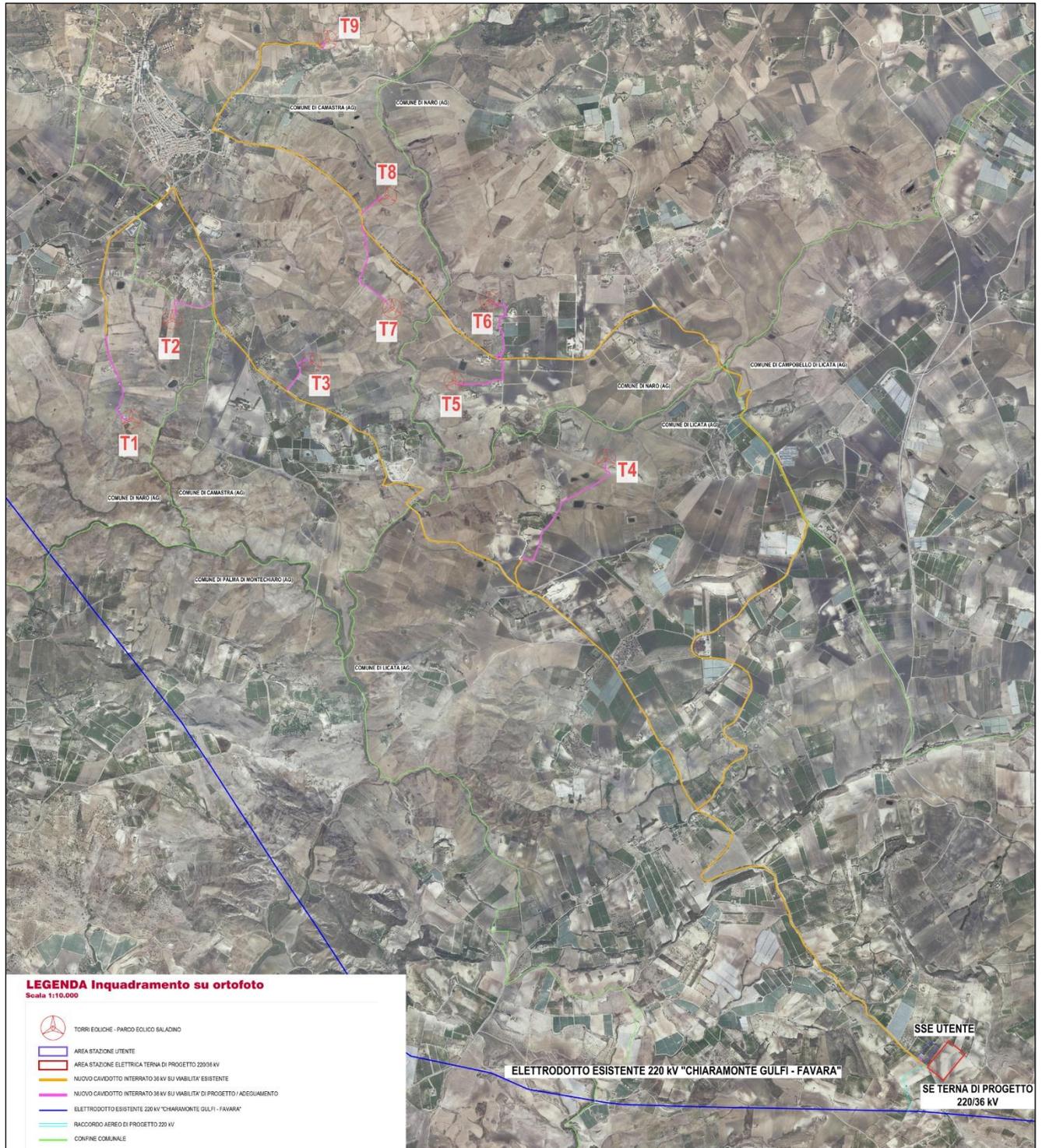


Figura 3. Inquadramento delle opere in progetto su Ortofoto

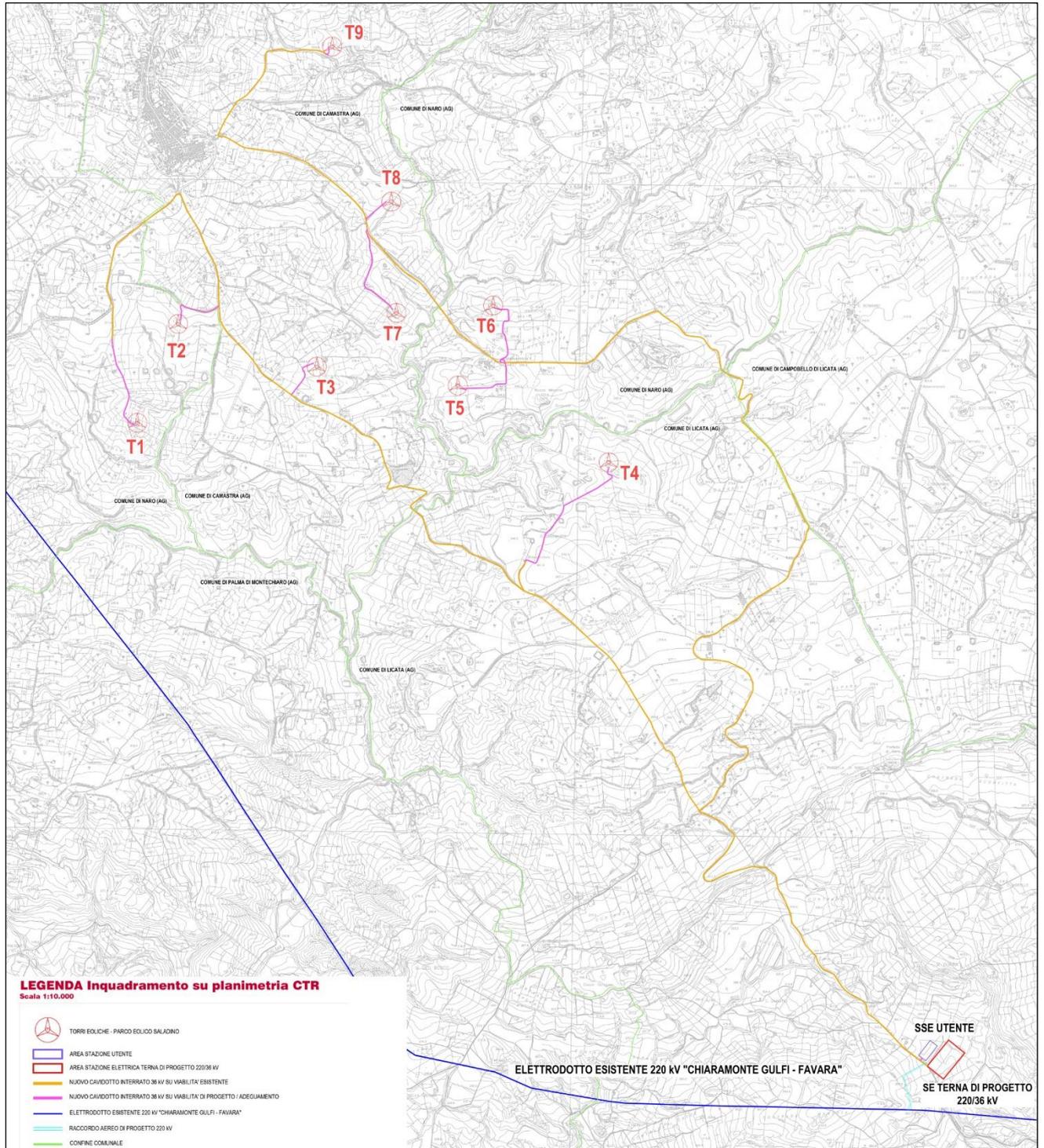


Figura 4. Inquadramento delle opere in progetto su CTR

### 3. DESCRIZIONE SINTETICA AEROGENERATORI

Il parco eolico denominato Saladino è composto da 9 aerogeneratori topograficamente, strutturalmente ed elettricamente indipendenti dagli altri, opportunamente disposti e collegati in relazione alla disposizione dell'impianto. Le postazioni degli aerogeneratori sono costituite da piazzole collegate da una viabilità d'impianto e sono collegati fra loro e alla sottostazione tramite un cavidotto interrato.

L'aerogeneratore è una macchina che sfrutta l'energia cinetica del vento per la produzione di energia elettrica, la cui struttura è rappresentata nell'elaborato grafico "Carta del tipico aerogeneratore" dove di seguito si riporta un estratto:



Figura 5 Schema tipo aerogeneratore avente altezza al mozzo pari a 125 m. e diametro rotore di 162 m per un'altezza complessiva di 206 m

Il tipo di aerogeneratore previsto per l'impianto in oggetto è un aerogeneratore ad asse orizzontale con rotore tripala modello **VESTAS V162 potenza massima installata di 7,2 MW**, le cui caratteristiche principali sono:

- **plinto di fondazione** realizzato in conglomerato cementizio armato;
- **torre di sostegno tubolare troncoconica**, realizzato in lastre di acciaio laminato, avente altezza fino all'asse del rotore pari a 125,00 m;
- **un corpo centrale (navicella)**, realizzata in carpenteria metallica e rivestimento in fibra di vetro e resina epossidica, in cui sono collocati il generatore elettrico, i dispositivi di controllo e le apparecchiature idrauliche;
- **rotore tripala a passo variabile**, realizzato in fibra di vetro e resina epossidica, di diametro 162,00 m e collegato alla navicella tramite mozzo rigido in acciaio.
- **velocità di rotazione** 4.3 – 12.1 giri/min.

**L'altezza massima al colmo dell'aerogeneratore sarà quindi di 206 m** (125 m fino all'asse del rotore + 81 m di raggio del rotore). Tra le diverse componenti tecniche della turbina, sono presenti:

- Un sistema di segnalazione notturna, che consiste nell'utilizzo di una luce rossa da installare sull'estradosso della navicella dell'aerogeneratore (in accordo con le disposizioni dell'ENAC)
- Un sistema di segnalazione diurna che consiste nella verniciatura della parte estrema della pala con tre bande bianche e rosse di 6 m l'una per larghezza, in modo da impegnare gli ultimi 18 m delle pale stesse
- Un sistema antincendio nella navicella, che consiste in rilevatori di fumo e CO e sistemi di spegnimento ad acqua atomizzata ad alta pressione nel caso di incendi dei componenti meccanici e a gas inerte (azoto) nel caso di incendi dei componenti elettrici.
- Un sistema antifulmine, in grado di catturare il fulmine per mezzo di un sistema di conduttori integrati nelle pale del rotore, e incanalarla fino al sistema di messa a terra.
- Un sistema di controllo che, a velocità del vento superiori a quella per cui la turbina raggiunge la sua potenza nominale (10-14 m/s, mentre entra in funzione alla velocità di 3 m/s), inizia a funzionare in maniera da limitare la potenza della macchina e da prevenire sovraccarichi, fino a bloccare la macchina attraverso il sistema frenante in caso di venti estremi.

## 4. NATURA DEGLI INCIDENTI

Le cause che possono generare avvenimenti negativi, che influiscono sulla resa degli aerogeneratori, sono principalmente di due tipologie; la prima quella più frequente sono provocati manifestazioni naturali a cui l'impianto eolico è sottoposto, l'altra tipologia di cause di eventi negativi è di natura umana. Tali azioni inconsulte ed impreviste, pur se in misura meno preponderante di quelle scatenate dalla natura, possono essere causate da errore umano. Questo contributo non si può mai escludere dall'elenco dei motivi, che sono origine di fatti spiacevoli, dannosi per le cose e pericolosi per i lavoratori. Per la maggior estensione della vita utile dell'impianto, di circa 25-30 anni, e per la maggior combinazione di azioni, che influenzano le caratteristiche strutturali e funzionali delle macchine, ci si deve riferire con maggior insistenza al periodo di funzionamento. Si precisa che, gli incidenti possono verificarsi negli stadi precedenti l'avvio e l'andata a potenza delle turbine eoliche. Infatti alcuni incidenti sono tipici di tali fasi, tanto che vengono considerati e gestiti come possibili incidenti sul lavoro.

Di seguito si ripoteranno le cause delle varie tipologie di incidenti a cui un parco eolico è soggetto.

### 4.1. Incidenti meccanici

I principali eventi negativi che si possano verificare a causa di cedimenti delle componenti meccaniche degli aerogeneratori sono:

- Separazione della pala dal rotore o la rottura di essa;
- Deformazione della pala senza separazione dal mozzo;
- Rovesciamento o abbattimento della turbina;
- Rottura e caduta della navicella e della torre;
- Collisioni con corpi estranei.

#### 4.1.1. Modalità di rottura della pala

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 sono classificabili in due gruppi:

- 1) Rottura della pala alla radice.
- 2) Rottura di frammento.

##### 4.1.1.1. Rottura della pala alla radice

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

Come riportato da report di studi sulle ragioni dei distacchi delle pale alla radice, effettuati dalla casa costruttrice di aerogeneratori "VESTAS", le principali cause sono da ricercarsi in:

- 1) *“la rottura della giunzione bullonata fra la pala ed il mozzo. Il longherone è dotato di attacchi filettati che consentono di collegarlo al mozzo con bulloni serrati opportunamente durante l'installazione della turbina. Il precarico conferito ai bulloni durante il serraggio ha un'influenza determinante sulla resistenza dei bulloni stessi ai carichi di fatica e, 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 ed al distacco della pala”.*
- 2) *“la discontinuità della struttura che passa da un carico distribuito sulle fibre alla flangia di attacco crea inevitabili concentrazioni tensionali che con l'andare del tempo può creare problemi di affaticamento con conseguente rottura”.*

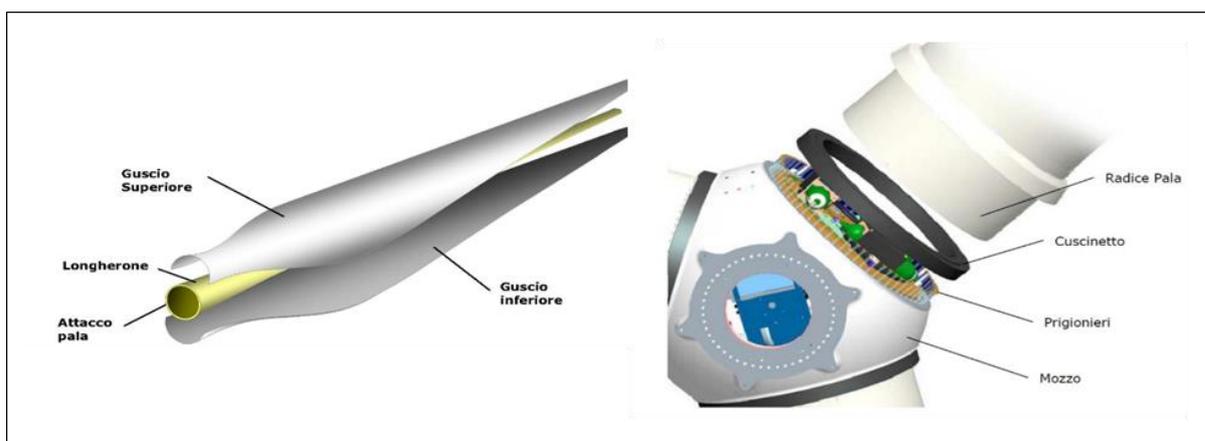


Figura 6 Particolare della pala e dettaglio dell'ancoraggio mozzo – pala. (VESTAS Italia srl)

Un esempio esemplare è la rottura di una pala per ragioni interne all'aerogeneratore. Infatti il mancato o difettoso intervento del controllo di velocità, le rotture sul sistema di freno o sul moltiplicatore possono essere una causa comune di tale situazione. Il meccanismo di freno è previsto, sia per arrestare il rotore, sia per tenerlo fermo, quando il vento soffia ad una velocità eccessiva (20/25 m/s) tale per cui la macchina deve essere tenuta f.s. per ragioni di sicurezza.

Il sistema ad ingranaggi (gearbox) serve per moltiplicare i giri dell'albero lento in entrata in modo che l'albero veloce in uscita dall'apparecchio consenta al generatore elettrico di produrre l'elettricità attesa. Se entrambi si dovessero guastare, (la macchina vada in fuga), il rotore tenderebbe ad accelerare il suo regime di rotazione e raggiungerebbe parecchie volte il suo valore a funzionamento normale. In questo modo si generano dei carichi sulle pale in eccesso rispetto a quelli di progetto. Le porzioni della pala che prima possono essere divelte, sono le parti estreme, in modo tale che, si possono staccare dal resto dell'aerogeneratore e lanciate con una quantità di moto significativa.

#### **4.1.2. Rottura di frammento della pala**

In considerazione degli studi dell'“Analysis of Risk-Involved Incidents of Wind Turbine-ver.1.1 gen.2005-ECN” condotti sulla probabilità di accadimento di incidenti causati dalle turbine eoliche, riportano che gli incidenti dovuti al distacco di frammenti di pala sono meno frequenti. Quindi, nella maggior parte dei casi gli l'evento si manifesta con una prima flessione della struttura pala con conseguente inevitabile urto con la torre e conseguentemente, la rottura della stessa, dando luogo a traiettorie varie che non sono deterministicamente calcolabili.

Dagli studi condotti dai costruttori di aerogeneratori, che nel caso in oggetto, si ricorda sono prodotte dalla ditta VESTAS, questo tipo di incidente si è quasi sempre manifestato in concomitanza di fulminazioni di natura atmosferica. Di seguito si riportano gli accorgimenti adoperati dalla ditta costruttrice

*“Le pale prodotte dalla Vestas sono dotate di un sistema di drenaggio della corrente di fulmine costituito da recettori metallici posti all'estremità di pala e lungo l'apertura della pala, da un cavo che collega i recettori alla radice pala e da un sistema di messa a terra. In questo modo si riesce a drenare una buona parte delle correnti indotte dalle fulminazioni atmosferiche senza danni alle pale. In qualche caso, in cui la corrente di fulmine ha presumibilmente ecceduto i limiti progettuali (fissati dalle norme internazionali) si può manifestare un danneggiamento all'estremità di pala che si apre per la separazione dei due gusci, ma che, normalmente, non si distacca dal corpo della pala. Eventuali residui o frammenti di guscio dovuti ad un evento ceraunico hanno dimensioni e pesi così esigui da non permettere valutazioni circa eventuali traiettorie e gittate. Queste sono comunque determinate quasi esclusivamente dal trasporto degli stessi ad opera del vento”.*

Per avere un ordine di grandezza sulla distanza che i frammenti potrebbero raggiungere, si considera lo studio eseguito dalla “Recommendations of Risk assessment of ice throw and Blade Failure in Ontario – Canadian Wind Energy Association – M.P. Leblanc – Garrad Hassan”. I risultati di tali studi riportano che la probabilità che un frammento staccatosi di pala staccatosi dalla turbina vada oltre i 50 m dalla torre è dell'ordine di  $2 \cdot 10^{-5}$ .

#### **4.1.3. Considerazioni sulla Gittata di un corpo soggetto a rotazione**

Per qualsiasi caso di rottura, distacco totale della pala e/o frammento di essa, la gittata massima e la velocità all' impatto sono componenti determinati per la valutazione del rischio.

La gittata è una funzione del tempo di volo di un corpo, che a sua volta è funzione del raggio della pala e della velocità di rotazione della stessa.

La determinazione del valore della gittata è molto complesso a causa delle numerose variabili in gioco, infatti il valore restituito è solo di carattere probabilistico, in quanto legato alle modalità ed al momento del distacco, infatti, un corpo lanciato in aria in presenza di forte vento potrebbe dar luogo ad effetti di “portanza” che possono prolungare i tempi di volo. L'effetto viscoso dell'aria, d'altra parte, ha un effetto d'attrito frenando il corpo.

Da ricerche e studi effettuati nell'ultimo decennio, riportano che, il tasso d'incidentalità è ancora diminuito a seguito dell'evoluzione tecnologica e del miglioramento delle macchine eoliche, malgrado l'aumento medio delle loro dimensioni.

Uno studio danese ha condotto su 18 mesi, tra il 1998 e i 1999, un'analisi riguardante le pale, le navicelle e le torri di 2.130 rotori, per una produzione complessiva di 540 MW. Su 3.195 anni cumulati di funzionamento, solo 7 incidenti hanno comportato la distruzione delle pale. Il tasso è dunque di un incidente ogni 457 anni-macchina. Si noti che la Danimarca presenta maggiori rischi di guasti e di sospensione della produzione a causa della presenza di brina e di ghiaccio.

Un altro studio danese a partire da dati registrati su 120 mesi tra il 1993 e il 2003 in un parco di 1.912 impianti mostra una probabilità di distruzione di 0,00083 impianti per anno. In ambito rurale, la correlazione di questa statistica ( $6 \cdot 10^{-5}$  1/anno) con la probabilità di occupazione di un mq di terreno da parte di una persona individua una probabilità globale di ferire qualcuno molto bassa.

## 4.2. Rottura della torre dell'aerogeneratore

Un incidente di tale tipo comporta l'intero il collasso della struttura e la totale la distruzione dell'aerogeneratore a seguito del rovesciamento completo dell'insieme turbina-fondazione. È evidente che le forze esercitate il vento, sempre che sia stato soltanto questa la condizione eccezionale di carico, non abbiano trovato una attività contrastante, cioè anti-ribaltante, generato dalle fondazioni della torre stessa. L' azione risultante del vento si manifesta e può essere ridotta ad una forza lungo l'asse del rotore. Ne consegue un rilevante momento flettente (forza risultante per altezza della turbina) da riportare necessariamente sul basamento. Se la fondazione non è stata dimensionata opportunamente, il a tali sollecitazioni (spessore, superficie e massa), il corpo di fondazione non sia riuscirà ad offrire una massa adeguata e sufficiente per opporsi al momento d'origine eolica. È proprio in questo frangente, quando il vento raggiunge condizioni tali da generare elevati momenti flettenti sull'asse della torre, che la fondazione deve provvedere a difendere la turbina, tenendola costantemente nel suo assetto verticale e con il piede ben saldo.

Un altro fenomeno che potrebbe causare incidenti è il cedimento della struttura di sostegno della navicella o di parziale deformazione della stessa. Tuttavia, il riflesso economico e la dimensione del danno sono nettamente superiori a quelli riscontrabili con il distacco di una pala o di un frammento di esso.

Il rischio per la popolazione e per il personale appare essere nettamente inferiore, in quanto la eventuale caduta si risolve entro una distanza dal piede relativamente ridotta. Questo fenomeno sembra caratterizzare maggiormente le turbine con una età maggiore e pertanto con minore potenza.

## 4.3. Eventi accidentali per Fulminazione e Fuoco

Pur prendendo tutti i provvedimenti in grado di attenuare gli effetti dal momento che non si può agire sulle cause, se queste hanno origine da fenomeni meteo, cioè dalla natura, la gravità delle azioni deve essere analizzata e studiata. Difficilmente si potranno neutralizzare le azioni, si dovranno studiare soluzioni di contenimento, cioè predisporre tutto ciò che non consenta di pervenire a conseguenze catastrofiche. Un caso evidente di preoccupazioni è da assegnare alla caduta di un fulmine sulla turbina eolica. È una causa comune di rottura (ad es., sulla pala) o di incendio per la presenza di sostanze infiammabili che sono presenti nelle realizzazioni eoliche.



Figura 7 Particolare della pala danneggiata da un fulmine. (VESTAS Italia srl)

In caso di scoppio di incendi, non essendo possibile provvedere se non raramente ad estinguere il fuoco laddove si è sviluppato ed è concentrato, si lascia bruciare completamente ciò che è stato attaccato dalle fiamme.

Le Autorità locali (vigili del fuoco, polizia, etc.) si limitano 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.).

Per mitigare e ridurre la magnitudo di tali rischi la navicella è dotata di un sistema antincendio, che consiste di rilevatori di fumo e CO<sub>2</sub>, i quali rivelano gli incendi e attivano un sistema di spegnimento ad acqua atomizzata ad alta pressione nel caso di incendi, a questo va aggiunto che il rivestimento della navicella contiene materiali autoestinguenti.

In aggiunta a ciò, l'aerogeneratore è dotato inoltre di un completo sistema antifulmine, in grado di proteggere da danni diretti ed indiretti sia la struttura (interna ed esterna) che le persone, come precedentemente descritto nel paragrafo 4.1.2. I dispositivi antifulmine previsti sono conformi agli standard della più elevata classe di protezione (Classe I), secondo lo standard internazionale IEC 61024-1.

#### **4.4. Incidenti causati dalla presenza dell'aerogeneratore**

L'aerogeneratore rappresenta un vero e proprio ostacolo verticale alla navigazione aerea. Per ovviare a ciò, in fase di progettazione si eseguono delle procedure autorizzative con gli organi di controllo alla navigazione aerea, ENAC-ENAV, per segnalare e verificare se la presenza del parco eolico potrebbe compromettere la sicurezza in volo di aerei o recare disturbo a aeroporti/eliporti limitrofi all'impianto.

Come riportato nel paragrafo 3, in relazione alla descrizione degli aerogeneratori, in fase di realizzazione le navicelle saranno dotate di opportune luci di segnalazione di colore rosso per segnalare la presenza delle torri nelle ore notturne e in condizione di scarsa visibilità, mentre, nelle ore diurne, la segnalazione della presenza delle turbine sarà indicata tre bande di colore rosso ciascuna di 6 m per un totale di 18 m colorate nelle estremità delle pale.

Effetti negati dovuti alla presenza delle torri potrebbero essere causati anche in maniera indiretta, cioè non creati dalla torre stessa. Ed esempio una causa di incidenti indiretti potrebbe riguardare i veicoli stradali, in quanto la percettibilità da parte dei guidatori alla delle torri li distrae, spostando altrove l'attenzione da quanto o da come stanno guidando. La conclusione può essere un fuori strada od una qualche altra variante dell'incidente stradale.

#### 4.5. Considerazioni sull'avifauna

Da una mappatura degli impianti eolici realizzati e in progetto, si rileva che per ragioni di efficienza produttiva, tali impianti vengono realizzati in zone di aperta campagna o in rilievi in zone extraurbane, che per loro caratteristiche spesso sono siti in cui sono presenti zone ad elevata vocazione naturalistica.

Queste zone spesso sono rilevate specie avifaunistiche locali e migratorie, che prediligono le caratteristiche del sito o che transitano da lì in determinati periodi dell'anno. Ci si riferisce a specie che, o sono stanziali localmente (uccelli terrestri o marini), o sono da ritenere protette, 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.

Da studi condotti dal governo Olandese sulla correlazione del 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. Tale studio rileva:

- 2000 volatili morti per effetto della presenza di traffico;
- 1000 volatili morti per effetto della presenza di tralicci elettrici;
- 1500 volatili morti per effetto delle azioni di caccia;
- 20 volatili morti per effetto dei rotor eolici

Dai risultati sopra riportati, si nota che gli impianti eolici concorrerebbe solamente in minima parte all'impatto sull'avifauna.

A conferma di ciò molti studi in letteratura, concludono affermando 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 di natura antropica (strade, tralicci, linee elettriche aeree). Nel complesso, l'avifauna mostra un buon adattamento alle mutate condizioni ambientali, adottando strategie di volo che permettano di evitare gli ostacoli.