

## Regione Sardegna

Provincia di Sassari

Comune di Calangianus

“Impianto eolico di potenza nominale pari a 33 MW integrato con un sistema di accumulo di potenza nominale pari a 25 MW da realizzarsi nel Comune di Calangianus (SS)”

### RELAZIONE SULL'ANALISI DI POSSIBILI INCIDENTI

Il tecnico

Ing. Leonardo Sblendido



File: C23EOSW002S017R00\_Relazione sull'analisi di possibili incidenti.docx

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	09/02/2024	Progetto definitivo	A. Leonetti	D. Morelli	L. Sblendido

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>COMPONENTI DELL'AEROGENERATORE .....</b>	<b>6</b>
2.1	AEROGENERATORI.....	6
2.1.1	<i>Rotore.....</i>	7
2.1.2	<i>Navicella.....</i>	8
2.1.3	<i>Torre.....</i>	9
2.2	FONDAZIONI TORRE AEROGENERATORI.....	9
2.3	PIAZZOLE AEROGENERATORI.....	9
2.4	ELETTRODOTTO INTERRATO MT.....	10
2.5	SOTTOSTAZIONE ELETTRICA DI TRASFORMAZIONE 150/30 KV .....	12
2.6	VIABILITA' .....	13
2.7	SISTEMA DI ACCUMULO .....	16
2.7.1	<i>Batterie al Litio.....</i>	17
2.7.2	<i>Sistema di conversione.....</i>	19
2.7.3	<i>Architettura di sistema.....</i>	19
<b>3</b>	<b>SPECIFICHE TECNICHE COMPONENTI .....</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>PESI APPROSSIMATIVI .....</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>NOZIONI SUL FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>22</b>
<b>6</b>	<b>POSSIBILI INCIDENTI .....</b>	<b>25</b>
6.1	INCIDENTI DI NATURA MECCANICA .....	26
6.1.1	<i>Rottura delle pale dell'aerogeneratore e/o della torre .....</i>	26
6.1.2	<i>Rovesciamento completo di torre e/o fondazione .....</i>	27
6.1.3	<i>Eventi accidentali dovuti alla formazione di ghiaccio .....</i>	28
6.1.4	<i>Collisione con corpi estranei.....</i>	29
6.2	INCIDENTI PROVOCATI DA INCENDI.....	30
<b>7</b>	<b>PROBABILITÀ DI ACCADIMENTO.....</b>	<b>31</b>

## 1 PREMESSA

La presente relazione, in riferimento al § 7 dell'Allegato 4 del D.M. 10/09/2010, illustra i rischi collegati al funzionamento della centrale per la produzione di energia da fonte eolica proposta da EVO S.r.l., nel territorio comunale di Calangianus.

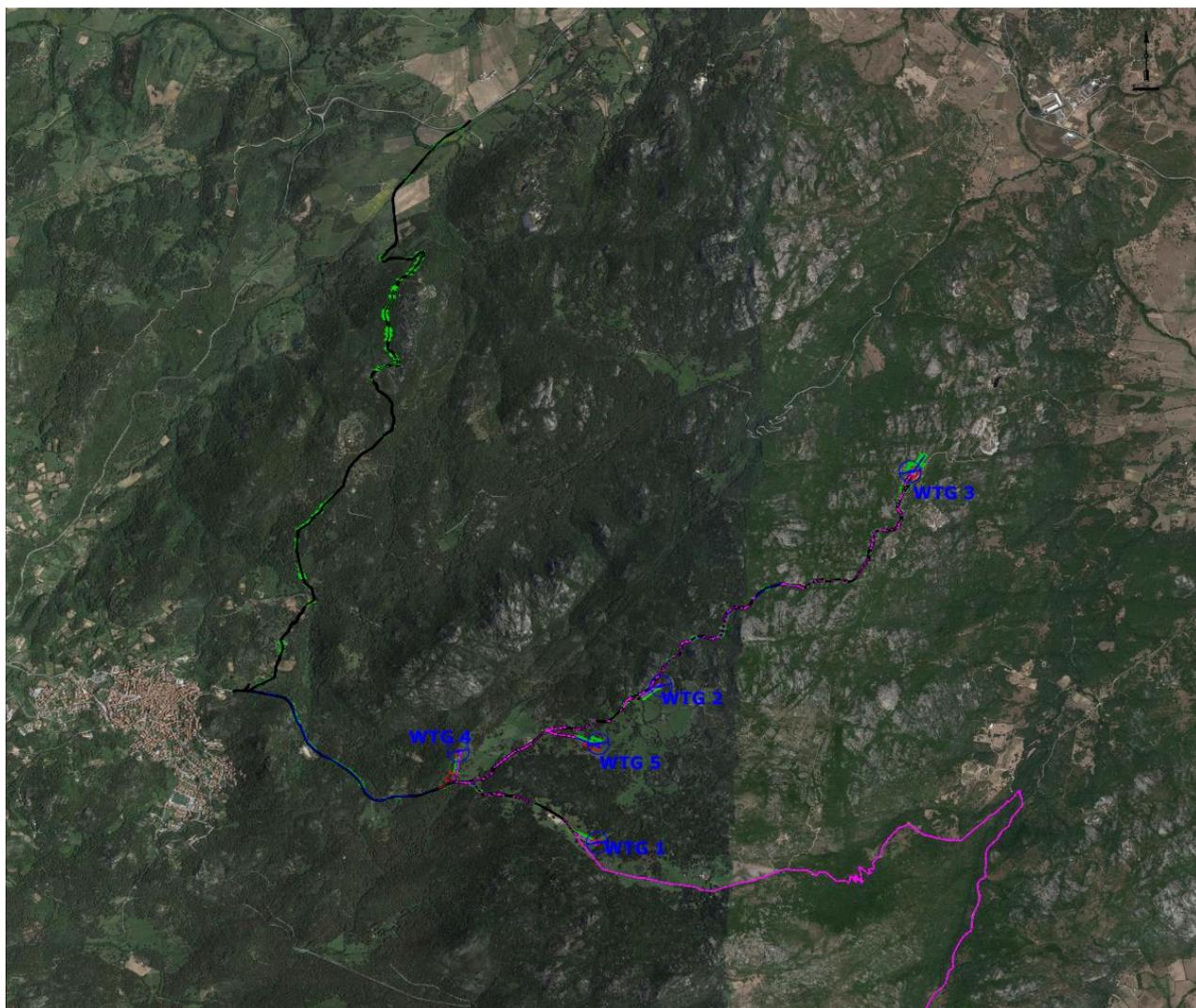
L'impianto, costituito da n. 5 aerogeneratori di potenza nominale singola pari a 6,6 MW e da un sistema di accumulo di 25 MW, per una potenza nominale complessiva pari a 58 MW, sarà destinato a funzionare in parallelo alla rete elettrica nazionale in modo da immettere energia da fonte rinnovabile in rete; l'iniziativa oltre a contribuire al potenziamento della produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile su territorio nazionale sarà a servizio dei futuri fabbisogni energetici comunali.

Ciascun aerogeneratore è montato su una torre tubolare di altezza pari a 112 m (hub), all'interno della quale sono ubicate le apparecchiature per il sezionamento e la protezione dell'impianto ed i relativi quadri elettrici.

Per come riportato nelle STMG, rilasciata da TERNA S.p.A. (Codice Pratica: 202306017), l'impianto sarà collegato in antenna a 150 kV su una nuova Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN a 380/150 kV da collegare tramite un elettrodotto 380 kV al futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN di Codrongianos e da collegare tramite due nuovi elettrodotti a 150 kV alla nuova Stazione Elettrica di Smistamento della RTN a 150 kV in GIS denominata "Tempio".

I possibili incidenti collegati all'esistenza ed al funzionamento dell'impianto eolico sono da riferire alle caratteristiche dimensionali dell'aerogeneratore ed ai suoi componenti in movimento.

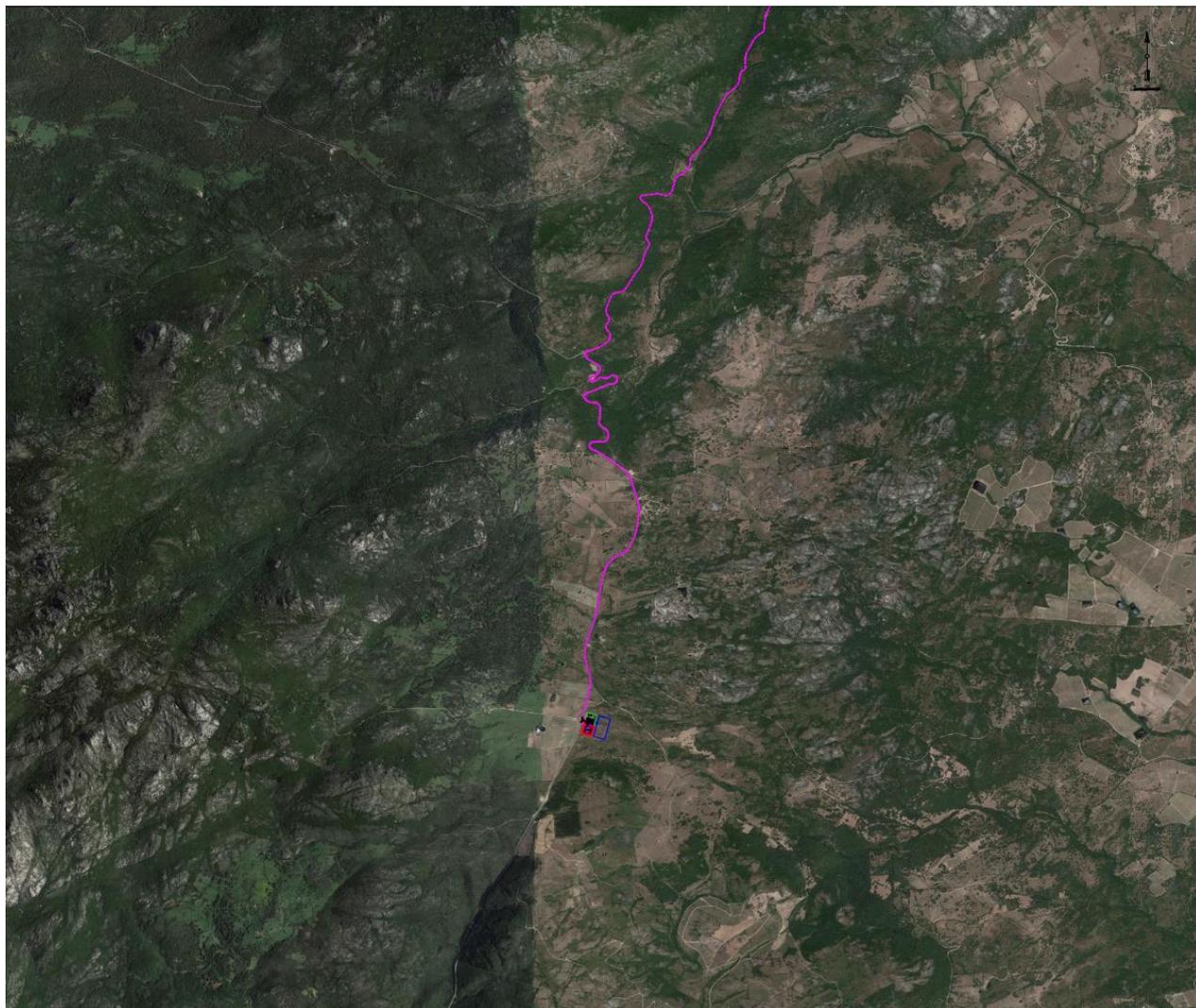
In *Tabella 1* vengono riportate le coordinate degli aerogeneratori in progetto e l'inquadramento con la localizzazione dell'area di impianto e le opere di connessione su base satellitare:



**LEGENDA**

-  Strada esistente da adeguare
-  Strada di nuova realizzazione
-  Scavo
-  Riparto
-  Cavidotto
-  Piazzola
-  Piazzola Just in time
-  Aerogeneratore
-  Future SSE - SE
-  Area di stoccaggio

Figura 1 - Tavola 1 di 2 - Inquadramento impianto eolico e opere di connessione su ortofoto



**LEGENDA**



Cavidotto



Future SSE - SE

**Figura 2 – Tavola 2 di 2 - Inquadramento impianto eolico e opere di connessione su ortofoto.**

COMUNE	Centro WTG	CATASTO		COORDINATE	
		<u>FOGLIO</u>	<u>PARTICELLA</u>	<u>EST</u>	<u>NORD</u>
Calangianus	1	37	14	519934	4528978
	2	37	4	520447	4530252
	3	34	252	522458	4531994
	4	32	144	518809	4529721
	5	37	142	519941	4529783
	SSE-BESS	69	280	521548	4522631

Tabella 1 - ID e coordinate aerogeneratori in progetto e delle opere di connessione

## 2 COMPONENTI DELL'AEROGENERATORE

### 2.1 AEROGENERATORI

Gli aerogeneratori di potenza nominale pari a 6,6 MW hanno tutti lo stesso numero di pale (tre) e la stessa altezza (altezza all'hub di 112 m e altezza aerogeneratore comprensiva delle pale di 199,5 m). Si riportano a seguire le caratteristiche tecniche riferite all'aerogeneratore considerato nella progettazione definitiva.

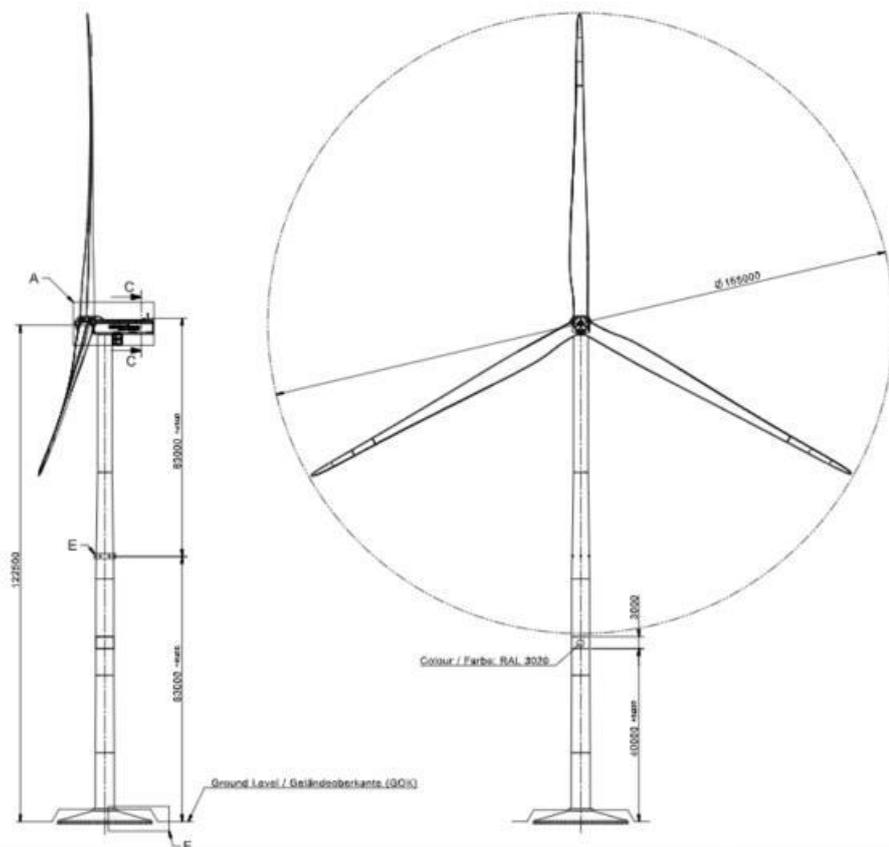


Figura 3: Dimensioni aerogeneratore tipo

Altezza della punta (Tip height)	199,5 m
Altezza del mozzo (Hub height)	112 m
Diametro del rotore (Rotor $\phi$ )	175 m

Tabella 2: Dimensioni aerogeneratore tipo

### 2.1.1 Rotore

Il rotore è costituito da un mozzo (hub) realizzato in ghisa sferoidale, montato sull'albero a bassa velocità della trasmissione con attacco a flangia. Il rotore è sufficientemente grande da fornire spazio ai tecnici dell'assistenza durante la manutenzione delle pale e dei cuscinetti all'interno della struttura.

- Diametro: 175 m
- Superficie massima spazzata dal rotore: 24053 m<sup>2</sup>
- Numero di pale: 3
- Velocità: variabile per massimizzare la potenza erogata nel rispetto dei carichi e dei livelli

di rumore.

Le pale sono realizzate in carbonio e fibra di vetro e sono costituite da due gusci a profilo alare con struttura incorporata.

La lunghezza della singola pala è pari a 85,7 m.

### 2.1.2 Navicella

La navicella è la cabina posta sulla sommità della torre e contiene al proprio interno l'albero di trasmissione, il moltiplicatore di giri, il generatore elettrico e i sistemi di controllo. La navicella di norma è progettata per ruotare orizzontalmente di 180° o anche di 360°, consentendo al rotore di allinearsi con la direzione del vento.

La direzione ottimale della navicella rispetto alla direzione del vento avviene, grazie a un complesso "sistema di imbardata" di tipo elettro-meccanico. Attraverso tale sistema di controllo aerodinamico è permesso il controllo della potenza ed il controllo della rotazione delle pale intorno al loro asse principale.

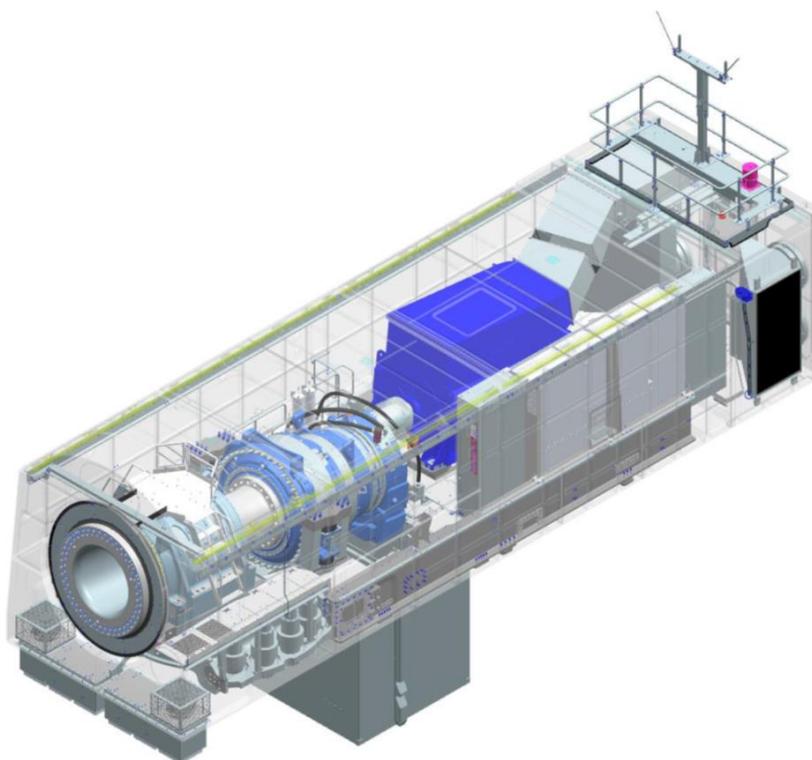


Figura 4: Allestimento navicella dell'aerogeneratore

### 2.1.3 Torre

La torre di tipo tubolare e quindi cava al suo interno, può essere realizzata in acciaio o in calcestruzzo. Oltre a sostenere il peso della navicella e del rotore, trasferisce i carichi alla fondazione alla quale risulta vincolata mediante il sistema “*Anchor bolts*”, ancoraggio costituito da bulloni, dadi e rondelle conformi alla EN ISO 898 o alla EN ISO 4016.

## 2.2 FONDAZIONI TORRE AEROGENERATORI

Le opere di fondazione degli aerogeneratori, completamente interrate, saranno su plinti in cemento armato del diametro di 24.5 m.

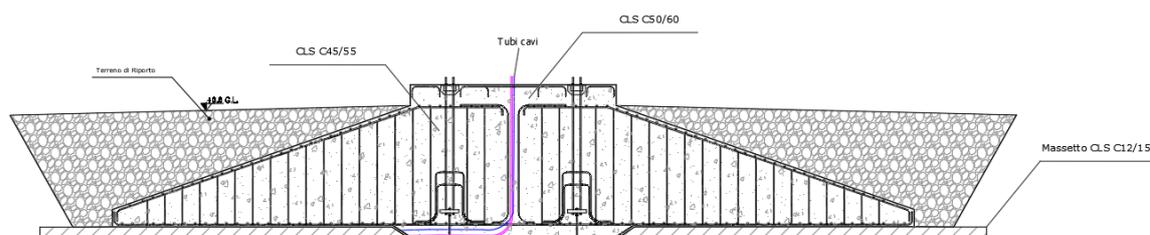


Figura 5 – Sezione Fondazione

Per maggiori approfondimenti si rinvia agli elaborati progettuali “C23EOSW002G002R00\_Relazione preliminare di calcolo delle fondazioni aerogeneratori” e “C23EOSW002G024T00\_Tipologico fondazione aerogeneratore”.

## 2.3 PIAZZOLE AEROGENERATORI

In fase di cantiere e di realizzazione dell'impianto sarà necessario approntare delle aree, denominate piazzole degli aerogeneratori, prossime a ciascuna fondazione, dedicate al posizionamento delle gru ed al montaggio di ognuno dei cinque (5) aerogeneratori costituenti il Parco Eolico.

Internamente alle piazzole si individuano le seguenti aree:

- ✓ Area della gru di supporto
- ✓ Area di stoccaggio delle sezioni della torre
- ✓ Area di stoccaggio della navicella
- ✓ Area di stoccaggio delle pale

- ✓ Area di assemblaggio della gru principale
- ✓ Area di stoccaggio dei materiali e degli strumenti necessari alle lavorazioni di cantiere.

Le dimensioni delle diverse aree sono rappresentate nell'elaborato "C23EOSW002G022T00\_ *Tipologico piazzola di montaggio aerogeneratori*".

La realizzazione di tutte le piazzole sarà eseguita mediante uno spianamento dell'area circostante ciascun aerogeneratore, prevedendo una pendenza longitudinale della singola piazzola compresa tra 0,25% e 1.5% utile al corretto deflusso delle acque superficiali.

Nella zona di installazione della gru principale la capacità portante dovrà essere pari ad almeno 4 kg/cm<sup>2</sup>, tale valore può scendere a 2 kg/cm<sup>2</sup> se si prevede di utilizzare una base di appoggio per la gru; la sovrastruttura è prevista in misto stabilizzato per uno spessore totale di circa 30 cm.

Il terreno esistente deve essere adeguatamente preparato prima di posizionare gli strati della sovrastruttura. È necessario raggiungere la massima rimozione del suolo e un'adeguata compattazione al fine di evitare cedimenti del terreno durante la fase d'installazione dovuti al posizionamento della gru necessaria per il montaggio. Al termine dei lavori, tutte le aree delle piazzole degli aerogeneratori interessate dallo sbraccio della gru, dalle gru ausiliarie e dalle aree di stoccaggio delle componenti, saranno rinaturalizzate.

#### 2.4 ELETTRODOTTO INTERRATO MT

L'impianto eolico di Calangianus (SS) è costituito da cinque aerogeneratori, ciascuno dei quali comprende un generatore (V=950V, P=6600 kW), collegati al rispettivo trasformatore MT/BT di macchina (30/0.95kV, P=7800kVA). I cinque aerogeneratori sono divisi in tre sottogruppi (Clusters). All'interno di ogni cluster gli aerogeneratori sono connessi con collegamento di tipo "entra-esce" mediante cavi interrati a 30 kV. L'immissione in rete dell'energia prodotta dal parco eolico, riferita alla potenza di 33 MW, avverrà mediante il collegamento tra la Sottostazione Elettrica 150/30 kV ed una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/150 kV.

Ogni aerogeneratore è dotato di tutte le apparecchiature e circuiti di potenza nonché di comando, protezione, misura e supervisione. Di seguito viene mostrata una tabella riassuntiva del collegamento delle WTG tra loro per la formazione dei cluster.

<b>CLUSTER 1 (2 WTG – 6,6 MW)</b>	
<i>DA WTG 1</i>	<i>A SSE 150/30 kV</i>
<b>CLUSTER 2 (1 WTG – 13,2 MW)</b>	

DA WTG 5	A WTG 4
DA WTG 4	A SSE 150/30 kV
<b>CLUSTER 3 (2 WTG – 13,2 MW)</b>	
DA WTG 3	A WTG 2
DA WTG 2	A SSE 150/30 kV

Tabella 3 - Collegamento tra le WTG di impianto.

Gli aerogeneratori di ogni cluster risultano interconnessi mediante cavi tipo ARE4H1R 18/30 kV. Di seguito le principali caratteristiche:

- **Anima:**

Corda rotonda compatta di fili d'alluminio, classe 2, secondo prescrizioni IEC 60502-2.

- **Isolante:**

Isolante costituito da uno strato di polietilene reticolato (XPLE) senza piombo.

- **Strati semiconduttivi:**

Mescola estrusa.

- **Schermo:**

Fili di rame rosso con nastro di rame in contro spirale.

- **Guaina esterna:**

Mescola a base di PVC, qualità ST2 di colore rosso.

La loro sezione varia a seconda dei tratti percorsi, così come di seguito riportato:

	Da	A	Tipo di cavo	Formazioni	Sezione [mm <sup>2</sup> ]	Lunghezza [m]	Lunghezza+10 % [m]	Potenza [kW]	Caduta di tensione [%]
Cluster 1	WTG 1	SSE	ARE4H1R 18/30 kV	3x1x	240	13656	15022	6600	2.36%
Cluster 2	WTG 5	WTG 4	ARE4H1R 18/30 kV	3x1x	70	1662	1828	6600	0.85%
	WTG 4	SSE	ARE4H1R 18/30 kV	3x1x	400	14890	16379	13200	3.61%
Cluster 3	WTG 3	WTG 2	ARE4H1R 18/30 kV	3x1x	70	3897	4286	6600	1.98%
	WTG 2	SSE	ARE4H1R 18/30 kV	3x1x	400	16274	17901	13200	3.95%

Tabella 4 - Dimensionamento cavi MT Impianto Eolico

Si prevede la posa di cavi trifase con struttura unipolare in alluminio con conduttori disposti a trifoglio, interrati ad una profondità di 1,36 m dalla quota stradale.

Il percorso del cavidotto MT così costituito si sviluppa dall'area di impianto fino alla Sottostazione Utente 150/30 kV per una lunghezza di circa 21.06 km.

Il tracciato è stato scelto in modo da limitare al minimo l'impatto in quanto realizzato lungo viabilità di servizio e lungo viabilità esistente.

Per ulteriori dettagli di tipo tecnico relative ai cavidotti interrati, si rimanda all'elaborato "C23EOSW002G006R00\_Relazione di calcolo preliminare degli impianti".

## 2.5 SOTTOSTAZIONE ELETTRICA DI TRASFORMAZIONE 150/30 KV

L'energia prodotta dall'impianto eolico sarà convogliata alla sottostazione Utente di Trasformazione MT/AT, dove la tensione viene innalzata da 30 a 150 kV per il successivo collegamento in antenna a 150 kV alla nuova Stazione Elettrica della RTN 380/150 kV.

La sottostazione di trasformazione 150/30 kV avrà dimensioni 50.97x40.08m.

La Sottostazione di Trasformazione MT/AT è costituita da:

- N.1 Stallo di trasformazione 150/30 kV (completo di trasformatore AT/MT);
- Un edificio contenente: locale MT dove sono collocati i 3 quadri MT di arrivo provenienti dai clusters ed i 2 quadri MT di arrivo dal sistema di accumulo; sala quadri di controllo e protezione della Sottostazione; locale destinato all'alloggiamento delle apparecchiature di misura dell'energia elettrica; locale dove è collocato il trasformatore dei servizi ausiliari; locale magazzino ed ufficio.

Lo stallo trasformatore adibito alla connessione dell'impianto in oggetto sarà costituito dalle seguenti apparecchiature:

- Trasformatore elevatore 150/30 kV da 70 MVA, ONAN-ONAF, gruppo YNd11;
- Scaricatori di sovratensione per reti a 150 kV con sostegno;
- Trasformatore di tensione induttivo con sostegno, per misure e protezione;
- Interruttore a comando unipolare 170 kV;
- Sezionatore tripolare orizzontale con lame di terra;
- Terminale cavo AT.

La sottostazione di Trasformazione 150/30 kV sarà opportunamente recintata e dotata di ingresso collegato al sistema vario più prossimo.

Per i dettagli relativi alla disposizione elettromeccanica delle apparecchiature e dei vari componenti della sottostazione di progetto si rimanda all'elaborato: "C23EOSW002G029\_SSE – Pianta prospetti e sezioni".

## 2.6 VIABILITA'

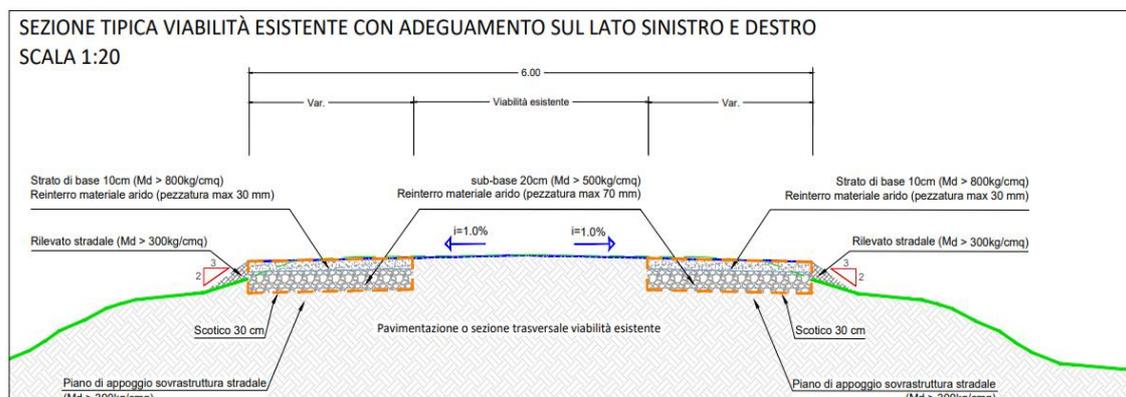
L'accesso al sito da parte dei mezzi di trasporto degli aerogeneratori avverrà attraverso un tratto di strada esistente da adeguare. Al fine di limitare al minimo gli interventi di nuova realizzazione di tratti di strada o di adeguamento della viabilità esistente, sono state prese in considerazione nuove tecniche di trasporto (blade lifter) finalizzate a ridurre al minimo gli spazi di manovra degli automezzi. Rispetto alle tradizionali tecniche di trasporto è previsto l'utilizzo di mezzi che permettono di modificare lo schema di carico durante il trasporto e di conseguenza limitare i raggi di curvatura, le dimensioni di carreggiata e quindi i movimenti terra e l'impatto sul territorio.

Le aree di ubicazione degli aerogeneratori risultano raggiungibili da viabilità di impianto di nuova realizzazione e da tratti di viabilità soggetti ad interventi di adeguamento. La presenza della viabilità esistente ha consentito, in fase di redazione del progetto, di minimizzare gli effetti derivanti dalla realizzazione dei tratti di strada in progetto, limitati alle zone dove non è presente alcun tipo di viabilità fruibile e/o adeguabile, portando allo sviluppo della nuova viabilità di accesso, tra le strade esistenti e/o adeguate e le piazzole di servizio degli aerogeneratori.

Nel caso di adeguamento di strade esistenti e/o di creazione di strade nuove, la larghezza normale della strada in rettilineo fra i cigli estremi (cunette escluse) è fissata in 5 m.

Il profilo trasversale della strada è costituito da due falde unica con pendenza dell'1%.

Nei tratti in trincea o a mezza costa la strada è fiancheggiata dalla cunetta di scolo delle acque, in terra rivestita, di sezione trapezoidale (superficie minima 0,30 m<sup>2</sup>). Nelle zone in riporto in cui la pendenza naturale del terreno non segue la pendenza del rilevato in progetto, ma risulta alla stessa contraria, per evitare che la base del rilevato possa essere scalzata nel tempo, verrà previsto un fosso di raccolta delle acque di pioggia, al piede del rilevato, al fine di convogliare le acque meteoriche verso il primo impluvio naturale. Le scarpate dei rilevati avranno l'inclinazione indicata nelle sagome di progetto oppure una diversa che dovesse rendersi necessaria in fase esecutiva in relazione alla natura e alla consistenza dei materiali con i quali dovranno essere formati.



**Figura 6 - Sezione trasversale viabilità di nuova realizzazione. Fonte: elaborato di progetto "C23EOSW002G018T00\_ Tipologico sezione stradale con particolari costruttivi"**

Nelle sezioni in scavo ed in riporto, il terreno più superficiale (scotico) viene rimosso per una profondità di circa 30 cm.

Il terreno del fondo stradale deve essere sempre privo di radici e materiale organico (deve essere rimosso uno strato adeguato di terreno) e adeguatamente compattato, almeno al 90% della densità del proctor modificata.

I materiali per la sovrastruttura stradale (sottobase e base) possono essere il risultato di una corretta frantumazione dei materiali del sito di scavo o importati dalle cave disponibili. In entrambi i casi il materiale deve avere una granulometria adeguata e le proprietà delle parti fini devono garantire un comportamento stabile durante i cambi di umidità. I materiali per lo strato di base e per lo strato di sottobase devono essere A1, secondo ASTM D3282– AASHTO M145 (la percentuale massima di materiale fine che passa attraverso lo 0,075 mm deve essere del 15%). La dimensione massima degli aggregati deve essere rispettivamente di 30 mm e 70 mm per lo strato di base e lo strato di sottobase.

Dopo la compattazione, il terreno deve avere un modulo di deformazione minimo  $Md > 500 \text{ kg / cm}^2$  e  $Md > 800 \text{ kg / cm}^2$  (da verificare nella fase esecutiva in loco mediante prove di carico sulla piastra) rispettivamente per lo strato di sotto base e lo strato di base.

**Tabella 5 - Caratteristiche materiale fondo stradale e rilevato, requisiti minimi per fondo stradale e rilevato.**

FONDO STRADALE E RILEVATO	
Proprietà	Valore minimo
Classificazione materiale	A1, A2 o A3 secondo ASTM Classificazione D3282 o AASHTO M145
% Massima passante al setaccio 0,075 mm	35%
Compattazione minima in sito	90% Proctor Modificato
CBR minimo dopo la compattazione (condizioni sature)	5%
Minimo $M_d$ in sito	30 MPa

**Tabella 6 - Caratteristiche materiale strato di base, requisiti minimi del materiale.**

STRATO DI BASE	
Proprietà	Valore minimo
Classificazione del Suolo	A1, secondo ASTM D3282– AASHTO M145
Diametro massimo degli Inerti	<30mm
% Massima passante al setaccio #200	<15%
LL per il passaggio dei materiali al #40	<40
PI per il passaggio dei materiali al #40	<6
Compattazione minima in sito	>95% Proctor Modificato
CBR Minimo	>60%
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles Abrasion Test)	<35
Minimo $M_d$ in sito	>80 MPa

**Tabella 7 - Caratteristiche materiale strato di sottobase, requisiti minimi del materiale**

STRATO DI SOTTOBASE (SUB-BASE)	
Proprietà	Valore minimo
Classificazione materiale	A1, secondo ASTM D3282– AASHTO M145
Diametro massimo degli Inerti	<70mm
% Massima passante al setaccio #200	<15%
LL per materiale che passa al setaccio da 0,425 mm	<40
PI per materiale che passa al setaccio da 0,425 mm	<6
Compattazione minima in sito	>95% Proctor Modificato
CBR Minimo	>40%
Minimo $M_d$ in sito	>50 MPa

Il progetto prevede tratti di viabilità di nuova realizzazione per una lunghezza complessiva pari a circa 0.76 km ed adeguamento della viabilità esistente interna al parco per una lunghezza pari a circa 14.75 km.

Per la realizzazione della viabilità interna di impianto si distinguono due fasi:

- Fase 1: realizzazione strade di cantiere (sistemazione provvisorie);
- Fase 2: realizzazione strade di esercizio (sistemazioni finali).

### Fase 1

Durante la fase di cantiere è previsto l'adeguamento della viabilità esistente e la realizzazione dei nuovi tracciati stradali, internamente all'area di impianto. La viabilità dovrà consentire il transito, dei mezzi di trasporto delle attrezzature di cantiere nonché dei materiali e delle componenti di impianto.

La sezione stradale avrà una larghezza variabile al fine di permettere senza intralcio il transito dei mezzi in riferimento al tipo di attività che si svolgeranno in cantiere. Sui tratti in rettilineo è garantita una larghezza minima di 4.5 m; tale larghezza potrebbe subire delle estensioni per i tratti più avversi. Le livellette stradali per le strade da adeguare seguiranno il più fedelmente possibile le pendenze attuali del terreno.

Con le nuove realizzazioni della viabilità di cantiere verrà garantito il deflusso regolare delle acque e il convogliamento delle stesse nei compluvi naturali o artificiali oggi esistenti in sito.

### Fase 2

Terminata la fase di cantiere si provvede al ripristino della situazione ante operam di tutte le aree esterne alla viabilità finale e utilizzate in fase di cantiere nonché la sistemazione di tutti gli eventuali materiali e inerti accumulati provvisoriamente.

Le opere connesse alla viabilità di esercizio saranno costituite dalle seguenti attività:

- Modellazione con terreno vegetale dei cigli della strada e delle scarpate e dei rilevati;
- Ripristino della situazione ante operam delle aree esterne alla viabilità di esercizio e delle zone utilizzate durante la fase di cantiere.

## **2.7 SISTEMA DI ACCUMULO**

Il sistema BESS è un impianto di accumulo elettrochimico di energia, ovvero un impianto costituito

da sottosistemi, apparecchiature e dispositivi necessari all'immagazzinamento dell'energia ed alla conversione bidirezionale della stessa in energia elettrica in media tensione.

Di seguito è riportata la lista dei componenti principali del sistema di accumulo BESS:

- Celle elettrochimiche assemblate in moduli e racks
- Sistema bidirezionale di conversione dc/ac (PCS)
- Cavi BT e MT
- Trasformatori di potenza MT/BT
- Quadri Elettrici di potenza BT e MT
- Sistema di gestione e controllo batterie, Battery Management System (BMS)
- Sistema locale di gestione e controllo integrato dell'energia chiamato EMS (Energy Management System)
- Sistema Centrale di Supervisione (SCADA) che consente, mediante apposite interfacce il controllo ed il monitoraggio dell'intero impianto
- Servizi Ausiliari (ventilazione e condizionamento aria, rilevazione e spegnimento incendi, illuminazione, tvcc, antintrusione)
- Protezioni elettriche
- Container atti al contenimento delle apparecchiature di cui sopra
- Cavi di potenza e di segnale

### 2.7.1 Batterie al Litio

La tecnologia degli accumulatori al Litio è basata su celle elettrochimiche. Le singole celle sono tra loro elettricamente collegate in serie ed in parallelo per formare moduli di batterie. I moduli, a loro volta, vengono elettricamente collegati tra loro ed assemblati in appositi armadi, detti racks, in modo tale da conseguire i valori richiesti di potenza, tensione e corrente.

Ogni "assemblato batterie" è gestito, controllato e monitorato, in termini di parametri elettrici e termici, dal proprio sistema BMS.



**Figura 7 - Esempio di modulo batteria**



**Figura 8 - Esempio di cella al litio**



**Figura 9 - Esempio di rack batterie**

I rack batterie sono installati all'interno di container contenenti anche i sistemi ausiliari quali ventilazione, condizionamento d'aria, rilevazione e spegnimento incendi.

### 2.7.2 Sistema di conversione

Il sistema di conversione, anche detto PCS (Power Conversion System) è basato su inverter elettronici bidirezionali che consentono la carica e la scarica delle batterie convertendo la corrente continua in alternata e scambiando energia attiva e reattiva con la rete elettrica.

### 2.7.3 Architettura di sistema

Il Sistema di accumulo con potenza pari a 25 MW è costituito da 40 Battery Unit (ognuna avente capacità nominale pari a 5015 KWh) e 10 unità di trasformazione (MV Skid), elettricamente interconnessi con collegamento di tipo "entra-esce" mediante cavo MT.

I blocchi risultano interconnessi mediante cavi tipo ARE4H1R 18/30 kV, si riporta di seguito il relativo dimensionamento:

	Da	A	Tipo cavo	di	Formazione	Sezione [mm <sup>2</sup> ]	Lunghezza [m]	Lunghezza+10 % [m]	Potenza [kW]	Caduta di tensione [%]
<b>RAMO 1</b>	BLOCCO 1	BLOCCO 2	ARE4H1R 18/30 kV		3x1x	50	12,041	13	2500	0,003%
	BLOCCO 2	BLOCCO 3	ARE4H1R 18/30 kV		3x1x	50	11,930	13	5000	0,006%
	BLOCCO 3	BLOCCO 4	ARE4H1R 18/30 kV		3x1x	70	12,173	13	7500	0,007%
	BLOCCO 4	BLOCCO 5	ARE4H1R 18/30 kV		3x1x	120	12,103	13	10000	0,006%
	BLOCCO 5	SSE	ARE4H1R 18/30 kV		3x1x	185	52,803	58	12500	0,021%
<b>RAMO 2</b>	BLOCCO 1	BLOCCO 2	ARE4H1R 18/30 kV		3x1x	50	12,173	13	2500	0,003%
	BLOCCO 2	BLOCCO 3	ARE4H1R 18/30 kV		3x1x	50	12,365	14	5000	0,007%
	BLOCCO 3	BLOCCO 4	ARE4H1R 18/30 kV		3x1x	70	12,650	14	7500	0,007%
	BLOCCO 4	BLOCCO 5	ARE4H1R 18/30 kV		3x1x	120	12,275	14	10000	0,006%
	BLOCCO 5	SSE	ARE4H1R 18/30 kV		3x1x	185	84,586	93	12500	0,034%

**Tabella 8 - Dimensionamento cavi MT Impianto BESS**

**Figura 10 - Trasformatore MT/BT****Figura 11 - Quadro MT****Figura 12- Inverter**

ROTORE	
Tipo	3 pale, asse orizzontale
Posizione	sopravento
Diametro	175 m
Area spazzata	24053 m <sup>2</sup>
Regolazione della potenza	Regolazione del passo e della coppia con velocità variabile
PALE	
Tipo	Autoportante
Lunghezza	85,7 m
Accordo max	3,6 m
Profilo aerodinamico	Profili alare
Materiale	G (Glassfiber) - CRP (Carbon Reinforced Plastic)
Lucentezza superficiale	Semilucido, <30 / ISO2813
Colore superficie	Grigio chiaro, RAL 7035 o Bianco, RAL 9018
FRENO AERODINAMICO	
Tipo	Beccheggio a tutto campo
Attivazione	Attivo, idraulico
PARTI DI SUPPORTO DEL CARICO	
Mozzo	Ghisa nodulare
Albero principale	Ghisa nodulare
Carlinga	Ghisa nodulare
FRENO MECCANICO	
Tipo	Freno a disco
Posizione	Sull'albero
COPERTURA NAVICELLA	
Tipo	Costruzione in acciaio saldato
Lucentezza superficiale	Semilucido, <30 / ISO2813
Colore	Grigio chiaro, RAL 7035 o Bianco, RAL 9018
GENERATORE	
Tipo	Asincrono, DFIG
TERMINALI DI RETE (bt)	
Tensione	690 V
Frequenza	50 Hz or 60 Hz
SISTEMA DI IMBARDATA	
Tipo	Attivo
Cuscinetto di imbardata	Orientato esternamente
Imbardata	Motoriduttori elettrici
Freno di imbardata	Freno a frizione attivo
CONTROLLER	
Tipo	Sistema Integrated Control System (SICS)
Sistema SCADA	MySite360
TORRE	
Tipo	Acciaio tubolare, ibrido
Altezza mozzo	112 m
Protezione dalla corrosione	Verniciatura
Lucentezza superficiale	Semilucido, <30 / ISO-2813
Colore	Grigio chiaro, RAL 7035 o Bianco, RAL 9018
DATI OPERATIVI	
Velocità del vento iniziale	3 m/s
Velocità del vento nominale	12,5 m/s (densità dell'aria 1.225 kg/m <sup>3</sup> )
Velocità di fermo	20 m/s
Velocità del vento di riavvio	19,5 m/s

**PESO**

Struttura modulare

Tutti i moduli hanno un peso inferiore di 80 t per il trasporto

**4 PESI APPROSSIMATIVI**

Tabella 9 - Pesi approssimativi

Peso della navicella	75 t
Peso mozzo	50 t
Peso pale	20 t
Peso torre	40 t
Peso trasformatore	10 t
Peso generatore	13,5 t

**5 NOZIONI SUL FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO**

Per poter funzionare e generare energia, l'aerogeneratore richiede una velocità minima del vento di circa i 3 m/s (cut-in); ad una velocità del vento pari a 12,5 m/s circa, l'aerogeneratore genera la sua potenza nominale; ad una velocità di 20 m/s l'aerogeneratore viene arrestato per motivi di sicurezza (cut-off).

La scala di Beaufort fornisce un riferimento indicativo dell'effetto sull'ambiente della velocità del vento.

Valore Scala Beaufort	Termine descrittivo	Velocità media del vento			Effetti sulla terra
		nodi (KT)	m/s	Km/h	
0	Calma	< 1	0-0.2	<1	Calma; il fumo sale verticalmente.
1	Bava di vento	1-3	0.3-1.5	1-5	La direzione del vento è segnalata dal movimento del fumo, ma non dalle maniche a vento.
2	Brezza leggera	4-6	1.6-3.3	6-11	Si sente il vento sul viso e le foglie frusciano; le maniche a vento si muovono.
3	Brezza tesa	7-10	3.4-5.4	12-19	Le foglie e i ramoscelli più piccoli sono in costante movimento; il vento fa sventolare bandiere di piccole dimensioni.
4	Vento moderato	11-16	5.5-7.9	20-28	Si sollevano polvere e pezzi di carta; si muovono i rami piccoli degli alberi.
5	Vento teso	17-21	8-10.7	29-38	Gli arbusti con foglie iniziano a ondeggiare; le acque interne s'increspano.
6	Vento fresco	22-27	10.8-13.8	39-49	Si muovono anche i rami grossi; gli ombrelli si usano con difficoltà.
7	Vento forte	28-33	13.9-17.1	50-61	Gli alberi iniziano a ondeggiare; si cammina con difficoltà contro vento.
8	Burrasca moderata	34-40	17.2-20.7	62-74	Si staccano rami dagli alberi; generalmente è impossibile camminare contro vento.
9	Burrasca forte	41-47	20.8-24.4	75-88	Possono verificarsi leggeri danni strutturali agli edifici (caduta di tegole o di coperchi dei camini).
10	Burrasca fortissima	48-55	24.5-28.4	89-102	(Raro nell'entroterra) Alberi sradicati e considerevoli danni agli abitati.
11	Fortunale	56-63	28.5-32.6	103-117	(Rarissimo nell'entroterra) Vasti danni strutturali.
12	Uragano	>63	>32.7	>118	Danni ingenti ed estesi alle strutture.

Tabella 10 - Tabella di Beaufort

La scala Beaufort è una misura empirica della forza del vento, basata sull'osservazione degli effetti del vento sul mare. La scala prende il nome dall'ammiraglio inglese Francis Beaufort (1774-1857), addetto al servizio idrografico britannico, che nel 1805 propose un metodo per la classificazione del vento in 13 gradi. Dal 1° gennaio 1949 questo sistema di valutazione ha validità internazionale.

Ai bassi regimi di vento corrispondono minimi valori di potenza erogata dalla macchina. Al crescere del vento, la potenza prodotta dalla macchina aumenta in modo più che proporzionale; all'interno della navicella il moltiplicatore di giri, posizionato tra il rotore e il generatore, riceve il moto dall'albero del rotore e lo trasferisce al generatore per la produzione di energia elettrica. I sistemi di controllo presenti all'interno della navicella hanno il compito di gestire automaticamente l'aerogeneratore in diverse situazioni come proteggere tutto l'apparato elettrico da casi di malfunzionamento o di vento elevato.

La produzione di energia elettrica pertanto dipende dalla velocità del vento. Il legame tra la velocità del vento e la potenza elettrica erogata è rappresentata mediante il grafico della curva di potenza.

La tabella ed il relativo grafico, riportati a seguire, considerata la densità dell'aria pari al valore standard  $1.225 \text{ kg / m}^3$ , si riferiscono alla curva di potenza per la versione standard dell'aerogeneratore proposto in progetto (variazione della potenza elettrica [kW] in funzione della velocità del vento [m / s]).

#### 6.1 Power Curves, Mode PO7200

Wind speed [m/s]	Air density [kg/m <sup>3</sup> ]													
	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	32	15	16	18	19	21	22	24	26	27	29	30	34	35
3.5	129	78	83	87	91	95	100	105	109	114	119	124	134	140
4.0	288	195	204	213	221	230	238	246	255	263	271	279	296	304
4.5	481	346	359	371	383	395	407	420	432	444	457	469	493	506
5.0	715	529	546	563	580	597	614	631	648	665	682	698	732	749
5.5	999	748	770	793	816	839	862	885	907	930	953	976	1022	1045
6.0	1340	1011	1041	1071	1101	1131	1160	1190	1220	1250	1280	1310	1370	1400
6.5	1739	1322	1360	1398	1436	1475	1512	1550	1588	1626	1663	1701	1776	1814
7.0	2203	1686	1733	1781	1828	1875	1922	1969	2016	2063	2109	2156	2249	2296
7.5	2729	2100	2158	2215	2273	2330	2387	2444	2502	2559	2616	2672	2785	2842
8.0	3324	2569	2639	2708	2777	2847	2915	2984	3052	3121	3189	3256	3391	3459
8.5	3986	3098	3180	3262	3344	3426	3507	3587	3668	3748	3827	3907	4061	4137
9.0	4685	3685	3780	3875	3969	4064	4155	4246	4337	4427	4513	4599	4737	4788
9.5	5314	4287	4388	4488	4589	4689	4781	4874	4966	5058	5143	5229	5335	5357
10.0	5904	4863	4964	5066	5168	5270	5363	5456	5550	5643	5730	5817	5909	5914
10.5	6441	5389	5494	5598	5703	5808	5904	6000	6096	6192	6275	6358	6441	6440
11.0	6854	5886	5993	6099	6205	6312	6399	6486	6574	6661	6725	6789	6850	6847
11.5	7078	6361	6456	6551	6646	6741	6800	6860	6920	6980	7012	7045	7076	7074
12.0	7160	6756	6820	6885	6949	7013	7040	7067	7094	7121	7134	7147	7159	7158
12.5	7195	7008	7038	7068	7098	7129	7140	7152	7164	7176	7182	7188	7194	7194
13.0	7200	7119	7133	7148	7162	7177	7182	7187	7193	7198	7199	7199	7200	7200
13.5	7200	7166	7173	7179	7186	7192	7194	7196	7198	7199	7200	7200	7200	7200
14.0	7200	7188	7191	7194	7196	7199	7199	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200
14.5	7200	7197	7198	7199	7199	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200
15.0	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200
15.5	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200
16.0	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200
16.5	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200
17.0	7200	7199	7199	7199	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200
17.5	7194	7179	7180	7182	7183	7185	7186	7187	7189	7190	7191	7192	7195	7196
18.0	7124	7064	7069	7074	7078	7083	7089	7094	7100	7106	7112	7118	7130	7136
18.5	6959	6887	6892	6897	6903	6908	6915	6922	6929	6935	6943	6951	6967	6976
19.0	6789	6719	6724	6730	6735	6740	6747	6754	6760	6767	6774	6782	6797	6806
19.5	6630	6561	6567	6572	6578	6584	6589	6595	6601	6607	6615	6622	6637	6645
20.0	6472	6384	6392	6399	6407	6414	6422	6431	6439	6448	6456	6464	6481	6490
20.5	6262	6129	6140	6151	6163	6174	6187	6200	6212	6225	6238	6250	6275	6287
21.0	5946	5762	5777	5793	5809	5825	5842	5859	5876	5893	5911	5928	5964	5983
21.5	5538	5328	5345	5362	5379	5396	5416	5435	5454	5474	5495	5516	5558	5579
22.0	5069	4864	4880	4897	4913	4930	4950	4971	4991	5011	5031	5050	5090	5110
22.5	4597	4402	4419	4436	4453	4471	4487	4504	4521	4538	4558	4577	4614	4631
23.0	4121	3930	3947	3963	3979	3996	4013	4030	4047	4064	4083	4102	4136	4150
23.5	3636	3468	3484	3500	3515	3531	3545	3559	3572	3586	3603	3619	3651	3666
24.0	3169	3020	3034	3048	3062	3076	3089	3102	3115	3127	3141	3155	3184	3199
24.5	2718	2589	2602	2615	2627	2640	2653	2665	2678	2690	2699	2709	2734	2750
25.0	2328	2223	2232	2242	2252	2262	2271	2280	2289	2298	2308	2318	2335	2343

Tabella 11 - Tabella di curva standard aerogeneratore tipo

La curva di potenza non include le perdite nel trasformatore e cavi ad alta tensione.

Dalla curva di potenza si evince che esistono due soglie di velocità, una minima e una massima, affinché l'aerogeneratore eolico produca energia elettrica:

- Al di sotto di una determinata velocità minima del vento, detta “cut-in” o anche velocità di taglio inferiore, l'aerogeneratore non eroga energia elettrica e il rotore resta fermo. Questa soglia minima per l'aerogeneratore di progetto è pari ad una velocità del vento di 3 m/s.
- Esiste anche una soglia massima, detta “cut-out” o anche velocità di taglio superiore, oltre la quale il rotore dell'aerogeneratore smette di girare per evitare danni alla turbina. Per l'aerogeneratore di progetto la velocità di “cut-out” risulta pari a 25 m/s. Oltre queste velocità l'aerogeneratore non produce energia elettrica.

Considerate le caratteristiche fisico-meccaniche dell'aerogeneratore tipo, proposto in progetto, la potenza nominale di 6,6 MW si raggiunge quando all'altezza del mozzo il vento raggiunge la velocità nominale di 11,6 m/s (vento costante senza turbolenze, come definito da IEC61400-1).

## 6 POSSIBILI INCIDENTI

Considerando la vita utile del parco eolico (25-30 anni), per gli eventi che possono influenzare il comportamento strutturale e funzionale delle macchine è utile riferirsi al periodo di esercizio dell'impianto.

Nell'ambito dell'esercizio di un parco eolico si distinguono le seguenti classi incidentali:

- Incidenti di natura meccanica:
  - distacco di pala intera;
  - rottura/deformazione torre e atterramento navicella;
  - rovesciamento completo di torre e/o fondazione;
  - lancio/caduta di ghiaccio;
  - collisioni con corpi aerei;
- Incidenti provocati da incendi:
  - da sorgenti interne;
  - da fulminazione;
  - da altre azioni esterne naturali o umane.

Gli impianti eolici non sono presidiati, funzionano in maniera autonoma; il controllo del funzionamento e la gestione dei sistemi è svolta da remoto. La presenza dei lavoratori nel sito avviene in occasione delle attività di manutenzione organizzate sulla base dei report e delle segnalazioni di anomalie durante il funzionamento che arrivano alla centrale di controllo.

Il ciclo di vita di un impianto eolico è articolato nelle seguenti fasi:

- commissioning, realizzazione del sito, installazione e montaggio delle macchine eoliche, collegamento alla rete elettrica;
- esercizio, gestione del funzionamento dell'impianto e produzione di energia elettrica;
- decommissioning, smantellamento delle torri e ripristino alle condizioni iniziali dei luoghi.

Nella fase di esercizio, sono indispensabili interventi di manutenzione distinti in:

- Programmata: lubrificazione, ingrassaggio, sostituzione di componenti usurate;
- Su guasto: riparazione/sostituzione delle parti danneggiate.

## 6.1 INCIDENTI DI NATURA MECCANICA

### 6.1.1 Rottura delle pale dell'aerogeneratore e/o della torre

Nel corso della vita utile di un aerogeneratore può accadere per svariati motivi che un componente (ad esempio una pala e/o navicella) si danneggi o si disancori. Il distacco del componente può avvenire senza interferire con altri elementi o collidere con porzioni della torre.

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 o 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.

La prima causa è correlabile ad una debolezza del sistema. Può colpire in diversa misura i vari componenti responsabili della risposta non adeguata alle sollecitazioni esterne, siano essi parti strutturali, apparecchiature di controllo, dispositivi di sicurezza, programmi di regolazione, processi di costruzione o altro. Per sanare tali manchevolezze il fornitore della macchina dovrà provvedere in modo da eliminare le cause o da ridurne gli effetti.

Il mancato o difettoso intervento del controllo di velocità, le rotture sul sistema di freno o sul moltiplicatore possono essere una causa comune della rottura di una pala per ragioni interne. Il

meccanismo di freno è previsto, sia per arrestare il rotore, sia per tenerlo fermo, quando il vento soffi ad una velocità eccessiva (20-25 m/s) tale per cui la macchina deve essere tenuta fuori servizio 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 dovessero andare in avaria, la macchina si dice nella condizione di "fuga". Il rotore tende ad accelerare il suo regime di rotazione e raggiunge parecchie volte il suo valore a funzionamento normale. Così si producono carichi sulle pale in notevole eccesso rispetto a quelli di progetto. La rottura può verificarsi alla radice della pala, dove si innesta nel mozzo.

Il processo di rottura può anche essere indotto o propagato da azioni esterne, come una fulminazione o un tornado od altro.

Il distacco della pala può concludersi in corrispondenza del piano campagna (per ulteriori approfondimenti si rinvia al documento "C23EOSW002G033R00\_Relazione gittata massima elementi rotanti") o nel suo movimento può provocare lesioni locali alla torre che potrebbero in casi eccezionali essere accompagnati da deformazioni della sezione con eventuali ripercussioni sulla stabilità della navicella; quest'ultima potrebbe essere lanciata verso il piano campagna.

In altri casi l'urto potrebbe incidere in profondità sulla struttura della torre sino a determinare una sua inflessione, la torre è infatti un elemento strutturale caratterizzato da elevata snellezza che potrebbe subire l'abbattimento della parte a quota più elevata.

#### Misure di mitigazione

In ottemperanza al § 7.2 dell'Allegato 4 "Impianti eolici: elementi per il corretto inserimento nel paesaggio e sul territorio" del DM 10 settembre 2010 "Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili", la distanza di ogni turbina eolica da una strada provinciale o nazionale sarà superiore all'altezza massima dell'elica comprensiva del rotore e comunque non inferiore a 150 m dalla base della torre.

Inoltre, l'assenza di elementi sensibili e/o aree ad elevata frequentazione umana permettono di considerare contenuto il rischio legato ad eventuali fenomeni di distacco delle pale, caduta della navicella o deformazione della torre.

#### **6.1.2 Rovesciamento completo di torre e/o fondazione**

Ulteriori casi di incidenti possono essere quelli in cui si verificano guasti meccanici che possono portare a rotture o distruzioni dell'hub e a seguito del rovesciamento completo dell'insieme turbina-torre-fondazione.

Il vento, come condizione eccezionale di carico, trova attività contrastante (anti-ribaltante), nel

blocco di fondazione della torre dell'aerogeneratore. Il blocco di fondazione è inoltre chiamato a sopportare le sollecitazioni dovute ai carichi sismici.

È in questo caso che la fondazione deve operare come protezione (massa adeguata e sufficiente) per la turbina eolica, tenendola costantemente nel suo corretto assetto verticale.

Cedimenti della struttura di sostegno, o di sua parziale deformazione, in termini probabilistici, è il terzo dopo i casi di rottura delle pale o di incendi dovuti ai casi di fuoco.

### Misure di mitigazione

Il rischio per la popolazione e per il personale addetto alla manutenzione ed alle lavorazioni in fase di costruzione ed esercizio appare essere tuttavia bassa visto che l'eventuale caduta nella maggior parte dei casi può risolversi entro una distanza dal piede circoscritta. Il fenomeno tuttavia interessa per la maggior parte le turbine più vetuste e per tanto con una potenza minore. La mitigazione del rischio, in questo senso può essere attuata mediante dimensionamenti opportuni della fondazione, in accordo alle indicazioni normative vigenti, valutando in maniera adeguata i carichi accidentali ed eccezionali in gioco, oltre che le caratteristiche chimico-fisiche dei terreni interessati. Alla corretta progettazione si affianca chiaramente una corretta esecuzione a regola d'arte.

### **6.1.3 Eventi accidentali dovuti alla formazione di ghiaccio**

La formazione di ghiaccio o ammassi nevosi sulle superficie delle pale sono da far risalire all'azione di stagioni fredde in zone climatiche rigide e solitamente settentrionali. Pur se infrequente il fenomeno di clima molto rigido con temperature sottozero non è da escludere anche alle latitudini interessate dall'impianto eolico in trattazione.

Il comune di Calangianus, interessato dall'installazione dell'impianto eolico, è caratterizzato da inverni con una temperatura massima giornaliera media inferiore ai 15°C. Il mese più freddo dell'anno è gennaio, con una temperatura media minima di 5°C e massima di 12°C.

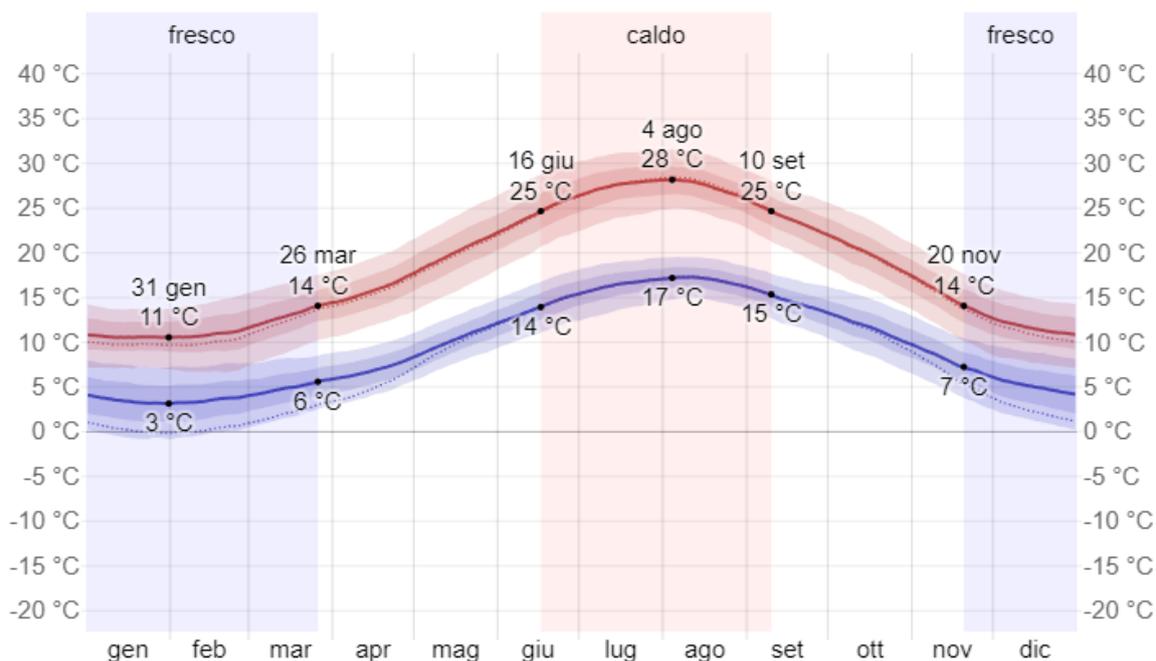


Figura 13: La temperatura massima (riga rossa) e minima (riga blu) giornaliere medie, con fasce del 25° - 75° e 10° - 90° percentile. Le righe sottili tratteggiate rappresentano le temperature medie percepite. (fonte: [Clima, condizioni meteo per mese, temperatura media Calangianus \(Italia\) - Weather Spark](#)).

L'area circoscritta sui cui è ubicato l'impianto in progetto si trova a non più di 760 m.s.l.m., l'altezza al top degli aerogeneratori tuttavia, raggiunge la quota massima circa 960 m.s.l.m.. Il sito di realizzazione dell'opera, potrebbe essere interessato da eventi meteorologici eccezionali correlati a stagioni particolarmente fredde, ciò porta a non escludere la possibile formazione di ghiaccio lungo le pale, con conseguente rischio di cadute o lanci di frammenti ghiacciati.

#### Misure di mitigazione

Le distanze raggiungibili dai corpi estranei dipendono da diversi fattori come dimensione, conformazione e consistenza della massa, forza centrifuga raggiunta dalle pale (in funzione dalla loro velocità di rotazione), altezza e punto di distacco della massa. L'assenza di elementi sensibili e/o aree ad elevata frequentazione umana permettono di considerare contenuto il rischio legato ad eventuali fenomeni di distacco delle masse ghiacciate.

#### 6.1.4 Collisione con corpi estranei

A causa della sua altezza, l'aerogeneratore, rappresenta un ostacolo mobile contro cui corpi estranei potrebbero collidere.

L'analisi della componente faunistica ed avifauna è stata effettuata in prima fase attraverso una ricerca bibliografica di dati esistenti inerenti all'area di studio.

L'impianto eolico in trattazione non ricade in aree afferenti alla rete Natura 2000 o in aree protette.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda all'elaborato specialistico "C23EOSW002A001R00\_Studio di Impatto Ambientale".

### Misure di mitigazione

Verniciare con colori diversi le pale del rotore o le torri, e altre misure per aumentare il contrasto cromatico fra le varie componenti di un impianto eolico possono ridurre notevolmente il rischio di collisioni con corpi estranei.

## **6.2 INCIDENTI PROVOCATI DA INCENDI**

A causa dei possibili guasti che potrebbero interessare le apparecchiature elettriche e le varie componenti contenute nell'aerogeneratore non è possibile trascurare l'eventualità di eventi pericolosi dovuti al rischio incendio.

La navicella è dotata di un sistema antincendio. In aggiunta a ciò, il suo rivestimento contiene materiali autoestinguenti.

In caso di incendi non correlati a cause interne all'aerogeneratore (incendio esterno all'aerogeneratore o caduta di un fulmine), si dovranno studiare per quanto possibile soluzioni di contenimento, atte a prevenire conseguenze catastrofiche.

Motivo per il quale, nel caso in cui i meccanismi di protezione non riuscissero, a causa di avarie, a entrare in funzione, e non potendo a causa dell'elevata altezza dell'hub effettuare un pronto intervento, le autorità locali provvederanno a circoscrivere l'area interessata dalla possibile caduta di frammenti fino al completo esaurimento dell'incendio e conseguente estinzione del rischio.

### Misure di Mitigazione

Le misure di mitigazione del rischio legato a questa tipologia di incidente sono da ricercare nella scelta dell'ubicazione degli aerogeneratori a adeguata distanza da fabbricati e/o strade ad alta frequentazione caratterizzate da presenza di "recettori" sensibili.

## 7 PROBABILITÀ DI ACCADIMENTO

Come qualsiasi apparecchiatura l'aerogeneratore è soggetto ad una serie di danni potenziali che possono essere limitati ottemperando alle prescrizioni del produttore della macchina, al rispetto della normativa vigente e alla manutenzione periodica. Ogni evento individuale e probabile, è visto con le sue conseguenze in modo che il prodotto della probabilità di occasione di ogni individuale evento fornisca la relativa probabilità di danno.

La probabilità di accadimento di ogni singolo evento può essere messa in relazione con un valore di soglia  $P_{SO}$  attraverso la disuguaglianza:

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

- $P_{SO}$  è il valore di soglia relativo all'oggetto da difendere e che per prassi corrisponde a 1006 o valore ben maggiore;
- $P_1$  è la probabilità di occasione dell'evento incidentale accaduto alla turbina eolica;
- $P_2$  è la probabilità di occasione dell'urto tra l'oggetto da proteggere e la pala;
- $P_3$  è la probabilità di occasione della condizione di vento sfavorevole o dei condizionamenti ambientali;
- $P_4$  la probabilità di occasione relativa ad altre cause, come tolleranze di costruzione, etc

Studi specialistici condotti dall'ECN (Energy Research Centre of the Netherlands) sulla base dei dati relativi a produzione di energia eolica, incidenti e manutenzione raccolti dallo ISET in Germania e dall'EMD in Danimarca, hanno valutato le frequenze degli eventi accidentali più comuni. I risultati dell'analisi mostrano come:

- la probabilità di rottura di una pala si aggiri intorno allo 0.84‰;
- la probabilità della rottura della torre si aggiri intorno allo 0.13‰;
- la probabilità della rottura della navicella e del rotore si aggiri intorno allo 0.32‰.

Il tecnico

Ing. Leonardo Sblendido



The stamp is circular and contains the following text: 'INGEGNERE', 'LEONARDO SBLENDIDO', '1947', 'Ambiente - Informazione', 'Industria - Ambiente - Informazione'.