

Progetto definitivo autorizzato  
Decreto di Autorizzazione Unica n° 8254  
rilasciato in data 08/06/2012

SERVIZIO 3 FONTI RINNOVABILI

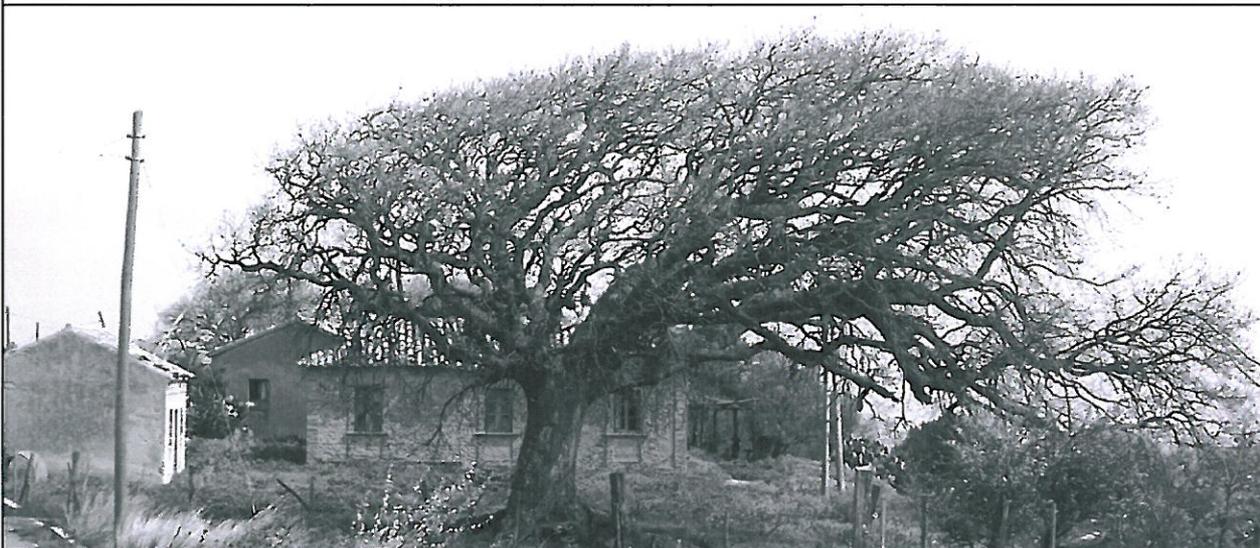
U.O.3.3 IL RESPONSABILE

Franco VALEA

21 DIC. 2012

# COMUNE DI BORGIA

REGIONE CALABRIA - PROVINCIA DI CATANZARO



**PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO EOLICO BORGIA 1  
ADEGUAMENTO ALLE PRESCRIZIONI  
DI CUI ALLA CONFERENZA DEI SERVIZI DEL 17 MARZO 2008**

TITOLO

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE  
QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

ELABORATO

S/A 001

PROPONENTE

**BORGIA WIND S.r.l.**

Via Galvani, 8 - 88046 Lamezia Terme (CZ)  
P.IVA 02924730795

PROGETTISTA



GREEN & GREEN S.R.L. UNIPERSONALE  
CORSO ITALIA, 79 87100 COSENZA  
Tel. 0984/483429 Fax 0984/506986  
www.greengreen.it

Arch. Rocco Cristofaro



COD. ID. S.L. ORD. 11947

## INDICE

<b>1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>2</b>
<b>2. DESCRIZIONE TECNOLOGICA E DIMENSIONALE DELL’IMPIANTO .....</b>	<b>3</b>
2.1. GLI IMPIANTI EOLICI .....	3
2.1.1. Generalità per la realizzazione degli impianti.....	3
2.1.2. Le tipologie degli impianti eolici .....	5
2.1.3. Classificazione e tipologie delle macchine eoliche.....	6
2.1.4. Layout delle macchine eoliche.....	8
2.1.5. Funzionamento delle macchine eoliche .....	10
2.1.6. Energia producibile da una macchina eolica .....	12
2.1.7. Utilizzazione dell’energia eolica per la produzione di energia elettrica.....	13
2.2. L’IMPIANTO EOLICO “BORGIA 1”- CARATTERISTICHE TECNICHE .....	14
2.2.1. L’aerogeneratore .....	15
2.2.2. Descrizione delle opere.....	26
2.2.3. Cavidotto interrato fino alla Stazione Utente .....	29
<b>3. PROCESSI PRODUTTIVI E MATERIALI IMPIEGATI.....</b>	<b>35</b>
3.1. PROCESSI DI REALIZZAZIONE E FUNZIONAMENTO DEL SITO .....	35
3.2. MACCHINE IMPIEGATE PER LA COSTRUZIONE DEL SITO .....	37
3.2.1. Macchine per il trasporto dei materiali.....	37
3.2.2. Macchine per il sollevamento .....	43
3.3. PROCESSO DI FUNZIONAMENTO .....	44
<b>4. SOLUZIONI TECNICHE PER LA REALIZZAZIONE DEL PROGETTO E RIDUZIONE DELLE FONTI D’IMPATTO.....</b>	<b>46</b>
4.1. CRITERI DI SCELTA DELLE TURBINE E LORO DISPOSIZIONE .....	46
4.2. PRODUZIONE ANNUALE E CURVE DI POTENZA.....	48
4.3. IMPATTI SULL’AMBIENTE.....	52
4.3.1. Occupazione del territorio ed impatto visivo.....	52
4.3.2. Rumore.....	54
4.3.3. Effetti elettromagnetici.....	55
4.3.4. Interferenze elettromagnetiche sulle telecomunicazioni .....	56
4.3.5. Effetti sulla flora e sulla fauna.....	56
4.3.6. Altri impatti.....	57
4.4. VALUTAZIONE DEI RESIDUI E DELLE EMISSIONI ED EVENTUALE DISMISSIONE E/O BONIFICA DEL SITO .....	59
4.4.1. Rifiuti generati durante l’installazione dell’impianto.....	59
4.4.2. Rifiuti generati durante il funzionamento dell’impianto.....	59
4.5. EMISSIONI EVITATE .....	63
4.6. DISMISSIONE DELL’OPERA .....	64

REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO REGIONALE

## 1. INTRODUZIONE

Il presente studio è finalizzato all’analisi della compatibilità ambientale di un impianto eolico in provincia di Catanzaro, situato in una porzione di territorio ricadente nel Comune di Borgia. Il progetto prevede l’installazione di 36 aerogeneratori, per una potenza complessiva di 90 MW.

Le centrali eoliche, alla luce del continuo sviluppo di nuove tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili, rappresentano oggi una realtà concreta in termini di disponibilità di energia elettrica, soprattutto in aree geografiche come quelle interessate dal presente progetto che, grazie alla loro particolare vocazione, sono in grado di garantire una sensibile diminuzione del regime di produzione delle centrali termoelettriche tradizionali, il cui funzionamento prevede l’utilizzo di combustibile di tipo tradizionale (gasolio o combustibili fossili). Lo sfruttamento dell’energia eolica ha il duplice vantaggio di eliminare l’emissione di anidride carbonica nell’atmosfera e di garantire un cospicuo risparmio di energia consumata. Ai vantaggi legati alla salvaguardia dell’ambiente si aggiungono quelli relativi allo sviluppo socio-economico in termini di occupazione.

L’intervento progettuale ricade su terreni compresi nella zona agricola dei vigenti strumenti urbanistici del Comune interessato.

I terreni su cui verranno ubicati gli aerogeneratori e realizzate le infrastrutture necessarie risultano di proprietà privata. La disponibilità dei terreni è stata garantita mediante la stipulazione di appositi contratti con i proprietari dei singoli terreni, necessari per l’esercizio dell’impianto.

Ai sensi dell’art. 1 comma 4 della Legge 10/91 i parchi eolici sono da intendersi di interesse pubblico, nonostante il fatto che le opere previste nel presente progetto ricadano in zona agricola degli strumenti urbanistici.

I volumi dei fabbricati della stazione utente rappresentano esclusivamente volumi tecnici indispensabili all’esercizio dell’intera opera.

E’ stato verificato che tutti gli interventi previsti non ricadono all’interno di Parchi Nazionali o di Aree protette.

REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO REGIONALE  
ATTIVITÀ

## Contenuti del quadro di riferimento progettuale

Di seguito sono riportati i contenuti del quadro di riferimento progettuale, come previsto dal D.P.C.M. 27/12/1988:

- ✓ la descrizione delle caratteristiche fisiche dell’insieme del progetto e delle esigenze di utilizzazione del suolo durante le fasi di costruzione e di funzionamento;
- ✓ la descrizione delle principali caratteristiche dei processi produttivi, con l’indicazione della natura e della quantità dei materiali impiegati;
- ✓ la descrizione della tecnica prescelta, con riferimento alle migliori tecniche disponibili a costi non eccessivi, e delle altre tecniche previste per prevenire le emissioni degli impianti o per ridurre l’utilizzo delle risorse naturali, confrontando le tecniche prescelte con le migliori tecniche disponibili;
- ✓ la valutazione del tipo e della quantità dei residui e delle emissioni previste (quali inquinamento dell’acqua, dell’aria e del suolo, rumore, vibrazioni, luce, calore, radiazioni, ecc.) risultanti dalla realizzazione e della attività del progetto proposto;
- ✓ la descrizione delle principali soluzioni alternative possibili, inclusa l’alternativa zero, con indicazione dei motivi principali della scelta compiuta, tenendo conto dell’impatto sull’ambiente”.

## **2. DESCRIZIONE TECNOLOGICA E DIMENSIONALE DELL’IMPIANTO**

### **2.1. Gli impianti eolici**

#### **2.1.1. Generalità per la realizzazione degli impianti**

La prima operazione da effettuare nella progettazione di un qualsiasi impianto eolico consiste nella corretta individuazione del sito, la cui scelta deve essere subordinata ad una serie indagini fondamentali che hanno inizio con l’esecuzione di rilievi anemometrici.

**REGIONE CALABRIA**  
**ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE**  
**CATANZARO**

Altre operazioni necessarie sono:

- ✓ Ricerca bibliografica e letteraria per l’individuazione e descrizione di eventi eolici interessanti, sitologici e dati storici registrati;
- ✓ Effettuazione di interviste ai residenti per individuare microscopicamente località di interesse e valutare le relazioni con l’ambiente;
- ✓ Catalogazione secondo la tabella di densità di potenza.

Individuato l’elenco dei siti più idonei, occorre procedere con una serie di analisi dettagliate che consentano una descrizione puntuale dei territori considerati, delle scale e dell’intensità della turbolenza.

Per operare una scelta ottimale del sito si può poi ricorrere all’inquadramento fornito da Dickenson and Cheremisinoff (eds) (1980) che si articola nei seguenti punti:

- ✓ Determinazione della localizzazione, dell’estensione spaziale e dell’intensità della risorsa eolica in una scala opportuna e congruente con l’applicazione e la natura della dipendenza della risorsa dal tempo;
- ✓ determinazione dei parametri specifici della risorsa del sito quali intensità, frequenza, tempo di avvio e/o ritorno delle raffiche, parametri dello strato limite, modellazione della turbolenza locale;
- ✓ acquisizione delle informazioni relative all’impatto ambientale legate all’opposizione di sfruttamento dell’energia eolica del sito;
- ✓ acquisizione delle informazioni relative all’impatto socio-economico e sul territorio conseguente allo sfruttamento della risorsa sul sito.

Una volta conclusa la qualificazione anemologica del sito, si procede con l’analisi impiantistica, mediante la determinazione del posizionamento reciproco fra macchine, seguendo criteri di convenienza e razionalità.

REGIONE CALABRIA  
ASSEMBLEA REGIONALE  
DIRETTIVE  
CULTURALE

### 2.1.2. Le tipologie degli impianti eolici

La bassa densità dell’energia eolica per unità di superficie di territorio, comporta la necessità di procedere alla installazione di più macchine per lo sfruttamento della risorsa disponibile.

L’esempio più tipico di un impianto eolico è rappresentato dalla Wind farm (cluster di più aerogeneratori disposti variamente sul territorio, ma collegati ad una unica linea che li raccorda alla rete locale o nazionale).

La concezione della wind farm è legata allo sfruttamento della risorsa eolica e deve commisurarsi alla risorsa accessibile tecnicamente ed economicamente sfruttabile e alle esigenze dell’utenza di riferimento.

Gli impianti si suddividono sostanzialmente nelle seguenti tipologie:

a) *Isolati*

- ✓ aerogeneratori a servizio di multiutenze (macchine alimentanti piccole comunità);
- ✓ aerogeneratori a servizio di una utenza isolata (anche aeropompa azionante motore elettrico);
- ✓ aeromotori in servizio isolato (aeropompa in genere lenta).

b) *in Cluster* (in genere collegati alla rete di potenza o ad una rete locale con sistemi diesel);

c) *Combinati o integrati*

- ✓ sistemi wind diesel;
- ✓ sistemi wind hydro;
- ✓ sistemi con accumulo elettrochimico.

REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO ATTIVITÀ PRODUTTIVE  
CATANZARO

### 2.1.3. Classificazione e tipologie delle macchine eoliche

Le macchine utilizzate sono classificabili in funzione di molteplici parametri: tipologia di energia sfruttata, posizione dell’asse di rotazione, taglia di potenza, numero di pale etc. Di seguito sono riportate le principali forme di classificazione:

#### *Classificazione in funzione dell’energia sfruttata*

- ✓ Aeromotori: effettuano la trasformazione dell’energia meccanica del vento in energia meccanica dell’asse di rotazione e tramite una catena puramente cinematica movimentano materiali (aeropompe), macinano e frantumano materiali (mulini) e azionano macchine operatrici in genere come motori primi eolici;
- ✓ Aerogeneratori: effettuano la conversione dell’energia meccanica del vento in energia elettrica continua o alternata; sono le macchine eoliche per definizione, solitamente ad asse orizzontale o verticale, nella maggior parte dei casi del tipo Darrieus (la versione Giromil deriva dal Darrieus). Possono essere isolati o in cluster e anc collegati ad utenze isolate, piccole reti locali (in genere in sistema integrato con motori diesel) o alle reti regionali e nazionali. Sono in grado di alimentare direttamente macchine operatrici azionate da motori elettrici);

#### *Classificazione in funzione della posizione dell’asse di rotazione*

- ✓ ad asse orizzontale (HAWT= Horizontal Axis Wind Turbine);
- ✓ ad asse esattamente orizzontale;
- ✓ ad asse inclinato sull’orizzontale(esiste il solo rotore Poulsen);
- ✓ ad asse verticale (VAWT = Vertical Axis Wind Turbine):
- ✓ Rotori Darrieus ;
- ✓ Rotori Savonius;
- ✓ Rotori Giromill;
- ✓ macchine di difficile catalogazione (del tipo ad ala battente e a tapis roulant).

REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE  
CATANZARO

*Classificazione in funzione della taglia di potenza*

- ✓ di piccola taglia (rotore di  $D < 20$  m e  $P < 100$  kW);
- ✓ di media taglia (rotore di  $20 < D < 50$  m e  $100 < P < 800$  kW);
- ✓ di taglia intermedia (rotore di  $D = 50$  m (o poco più) e  $800 < P < 1000$  kW)
- ✓ di grande taglia (rotore di  $D > 50$  m e  $P > 1000$  kW)

*Classificazione in funzione della velocità del rotore*

- ✓ lento (multipla o mulino americano);
- ✓ veloce (con poche pale, in genere fino a 4);

*Classificazione in funzione del numero di pale*

- ✓ multipla (ad elevata solidità o mulino americano);
- ✓ a bassa solidità (da 1 a 3-4 pale al massimo);

*Classificazione in funzione della regolazione*

- ✓ controllo di passo;
- ✓ controllo per stallo;
- ✓ controllo di imbardata.

Altre variabili utilizzate nella classificazione riguardano, per esempio, la tipologia della torre (metallica tubolare o a traliccio, in cemento) ed il tipo di progetto delle macchine soft o hard in funzione della rigidità del rotore. Questo tipo di classificazione riguarda solitamente le macchine ad asse orizzontale.

Esistono ulteriori classificazione in funzione della velocità (variabile o fissa) e del tipo di generatore elettrico. In particolare, per quest’ultima si ha:

*Classificazione in funzione del tipo di generatore elettrico*

- ✓ sincro;
- ✓ asincro;
- ✓ a magneti permanenti.

REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE  
CATANZARO

In questa ultima ripartizione sono comprese macchine munite di due generatori e macchine con generatori a numero di coppie polari variabili.

Esistono, inoltre, macchine dotate di inverter e macchine che ne sono prive. Dal punto di vista della linea d’assi: con o senza moltiplicatore del numero di giri.

Sulla base di quanto detto, gli impianti eolici di potenza sono sostanzialmente rappresentati dalle wind farms.

#### 2.1.4. Layout delle macchine eoliche

La strutturazione delle macchine presenta criteri che ne consentono una sorta di classificazione topologica.

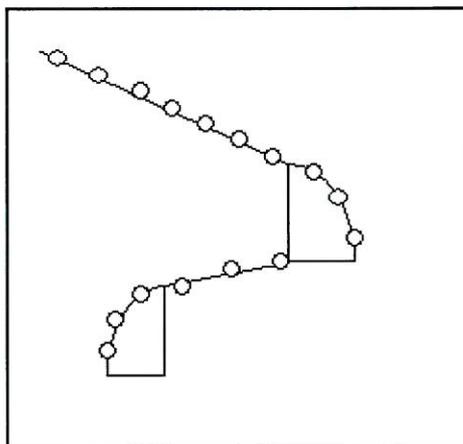
Dall’esame di diversi esempi di parchi eolici, sia per disposizione delle macchine che per densità di popolazione del cluster delle stesse, risulta un gran numero di tipologie possibili che, tuttavia, possono raggrupparsi in un insieme discreto. Si riportano di seguito le disposizioni maggiormente utilizzate:

- ✓ disposizione su reticolo quadrato o romboidale;
- ✓ disposizione su una unica fila;
- ✓ disposizione su file parallele;
- ✓ disposizione su file incrociate (croce di S. Andrea);
- ✓ disposizione risultante della combinazione e sovrapposizione delle precedenti tipologie;
- ✓ apparentemente casuale.

La prima tipologia è caratteristica delle installazioni più vecchie (utilizzate soprattutto negli USA), mentre l’ultima è caratterizzata da disposizione in pianta secondo linee e figure molto articolate e si presta alle installazioni in ambiente “complex terrain”.

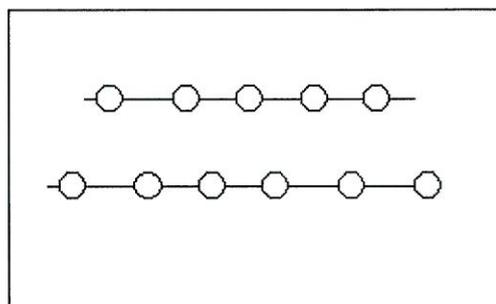
La seconda tipologia si presta all’utilizzazione per la produzione di energia elettrica da riversare in rete.

La maggior parte degli aerogeneratori attualmente impiegati sono del tipo di asse orizzontale (HAWT).



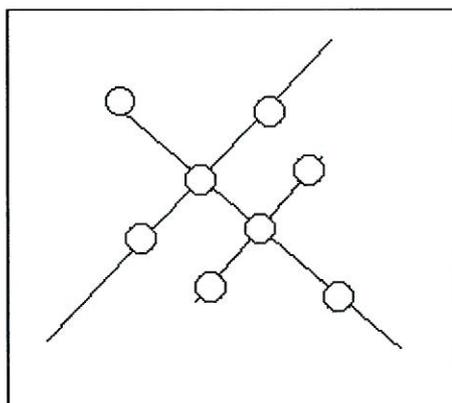
**Figura 1: Wind Farm di Zeebrugge**

Tipologia "B" con linea portante rettilinea a tratti raccordati



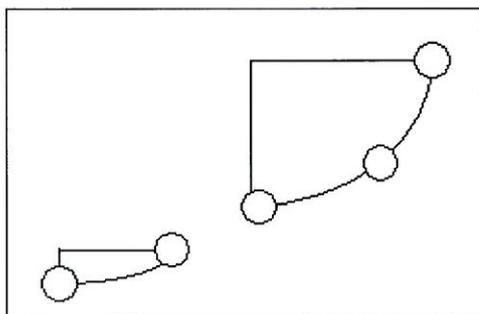
**Figura 2: Wind Farm di Vindeby ("C")**

Tipologia "C" con linea portante rettilinea a tratti raccordati



REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE  
CATAZZARO

**Figura 3: Disposizione dei WTG detta di "pine-tree array" (Alta Nurra)  
Tipologia "E" ("C" con sovrapposizione di "D")**



**Figura 4: Wind Farm di Masnedo**  
Tipologia "F" apparentemente casuale.

#### 2.1.5. Funzionamento delle macchine eoliche

Il funzionamento delle macchine eoliche dipende dalla distribuzione di pressione che si crea intorno al profilo della sezione e che genera un sistema di forze riconducibile ad una portanza aerodinamica, ad una resistenza aerodinamica e ad un momento.

Queste forze hanno una distribuzione lungo la lunghezza della pala e, per effetto della rotazione che ricrea, si rende disponibile all'asse della macchina, rotante ad un certo valore di velocità, una coppia di forze, e quindi del lavoro utile che, attraverso un albero ed un cambio di velocità, si trasferisce al generatore elettrico.

L'energia da questi prodotta viene avviata a terra dove esiste una cabina di trasformazione (oggi la trasformazione avviene all'interno della torre eolica) che da una corrente a tensione di circa 600-1.000 V la eleva fino a 20.000 – 30.000 V (MT o media tensione) e da qui si avvia l'energia alla stazione utente di collegamento alle reti di ordine superiore.

I cavi di trasporto sono in genere interrati al fine di diminuire l'impatto visivo sul sito e diminuire anche le interferenze con le torri delle macchine. Nel dettaglio delle parti risulta la seguente descrizione.

Le pale della macchina sono fissate su un mozzo e, nell'insieme, costituiscono il rotore; il mozzo, a sua volta, è collegato a un primo albero, detto albero lento, che ruota alla stessa velocità angolare del

rotore. L'albero lento è collegato a un moltiplicatore di giri, da cui si diparte un albero veloce che ruota con velocità angolare data da quella dell'albero lento per il rapporto di moltiplicazione del cambio di velocità.

Sull'albero veloce è posizionato un freno, a valle del quale si trova il generatore elettrico, da cui si dipartono i cavi elettrici di potenza.

Nella maggior parte delle macchine, tutti i componenti sopra menzionati, ad eccezione del rotore e del mozzo, sono ubicati in una cabina, detta navicella la quale, a sua volta è posizionata su un supporto cuscinetto (ralla di base), in maniera da essere facilmente orientata a seconda della direzione del vento.

Oltre ai componenti su elencati, vi è un sistema di controllo.

Il controllo dell'orientamento della navicella è detto controllo dell'imbardata e serve ad allineare la macchina rispetto alla direzione del vento, ma può essere anche utilizzato per il controllo della potenza. L'avviamento della macchina si verifica allorché la velocità del vento abbia raggiunto il valore di cut in mentre, la fermata della macchina si verifica quando il vento raggiunge la velocità di cut out. In questo caso dopo aver disposto il rotore in bandiera, il controllo dell'imbardata procede a disallineare la macchina rispetto al vento ponendola in modo da non aver interferenza alcuna con esso. L'intera navicella è posizionata su una torre che può essere, come anticipato, di diverse tipologie.

Al fine di completare l'exkursus sulle macchine eoliche, vale la pena di elencare le componenti dell'aerogeneratore:

- a. sistema “torre e fondazione” o struttura di sostegno;
- b. sistema “Navicella” o struttura di alloggiamento o contenimento;
- c. sottosistema di orientamento;
- d. sottosistema di protezione esterna;
- e. sistema “Rotore”;
- f. sottosistemi del rotore;
  - il moltiplicatore di giri;
  - il generatore elettrico;
  - il sottosistema di regolazione;
  - il sistema di attuazione;
  - il freno

REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO REGIONALE  
ENERGIA

- g. sistema di controllo della macchina;
- h. sistema connessione alla rete o sistema di collegamento.

#### 2.1.6. Energia producibile da una macchina eolica

La producibilità di un aerogeneratore dipende dall’area del rotore e dalla efficienza aerodinamica dello stesso.

Un aspetto importante da valutare è la disponibilità della fonte e della stessa macchina. Siti ottimali garantiscono intorno a 100 giorni di vento/anno (circa 2400 h/anno). Buone macchine consentono di avere una disponibilità dell’ordine di almeno il 95%.

In via prioritaria la producibilità di un aerogeneratore è caratterizzata dalla curva di potenza, che esprime la potenza elettrica che la macchina rende disponibile al variare della velocità del vento.

Si definisce come velocità del vento di avviamento (start-up) la minima velocità alla quale la macchina inizia a ruotare, mentre si definisce velocità del vento di inserimento o di generazione (cut-in) la minima velocità per cui l’aerogeneratore inizia ad erogare energia.

La velocità del vento nominale (rated) è in genere la minima velocità del vento che dà la potenza corrispondente al massimo rendimento aerodinamico del rotore (potenza nominale).

La velocità del vento di fuori servizio (o distacco cut-out) è la velocità alla quale la macchina viene messa fuori servizio, provocando l’intervento delle protezioni contro le sovravelocità.

Infine la velocità del vento al limite della resistenza è la massima velocità che una macchina può sopportare senza danno.

Nell’intervallo compreso tra la velocità massima e quella nominale, l’aerogeneratore produce energia e la potenza resa cresce al crescere della velocità del vento. La potenza cresce fino alla velocità nominale (rated) e poi si mantiene costante fino alla velocità di fuori servizio (cut-out). Per ragioni di sicurezza a partire dalla velocità nominale la turbina si regola automaticamente.,

L’aerogeneratore continua a fornire la potenza nominale nell’intervallo di velocità rated cut-out servendosi dei suoi meccanismi di controllo. L’aerogeneratore si avvicinerà più o meno al valore della potenza nominale in funzione della tipologia della turbina: passo fisso, passo variabile, velocità variabile, basculante, etc.

### 2.1.7. Utilizzazione dell'energia eolica per la produzione di energia elettrica

La produzione di energia elettrica avviene direttamente con impianto di consegna collegato alla rete nazionale di distribuzione dell'energia, e deve quindi generare corrente alternata alla frequenza di 50 Hz.

I sistemi eolici per grandi reti elettriche costituiscono l'argomento principale dello sviluppo delle tecnologie eoliche.

La produzione di energia da fonte eolica per alimentare le grandi reti dei paesi industrializzati è l'applicazione a cui si guarda con maggiore interesse, perché è l'unica potenzialmente in grado di fornire un contributo significativo alla produzione di energia elettrica nazionale, abbassando i costi e riducendo la dipendenza dai combustibili fossili, con un sensibile miglioramento della qualità d'aria.

Nei paesi industrializzati il servizio elettrico è fornito da una rete a maglie fittissime, alimentate da centrali di vario tipo (idroelettriche, termoelettriche, elettronucleari) con potenze unitarie che vanno da centinaia fino a migliaia di megawatt.

Le Wind Farm possono partecipare a pieno titolo, con una quota significativa, alla produzione di energia elettrica. L'estensione capillare consente alle grandi reti nazionali di accettare l'energia prodotta da centrali eoliche dislocate in quasi tutte le aree che hanno un regime dei venti favorevole.

L'inserimento dell'energia del vento nel sistema elettrico nazionale può avvenire in due modi diversi: produzione da parte di privati oppure da parte dell'Ente Gestore di Rete (produzione diretta).

L'utenza privata può installare piccoli gruppi o anche singoli aerogeneratori per contribuire a soddisfare la domanda di energia di abitazioni e aziende.

La tipica discontinuità della fonte la rende integrativa, ma non sostitutiva dell'energia fornita dalla rete.

Gli aerogeneratori possono essere o medio – piccoli (qualche decina di kW) o anche dell'ordine delle centinaia di kW e possono essere collegati alla rete di distribuzione a media e bassa tensione, eventualmente attraverso una stazione di trasformazione.

In linea di principio l'utente può stipulare con la società elettrica un contratto che prevede l'acquisto, da parte di quest'ultima, dell'energia che egli eventualmente produce in eccesso quando il vento è favorevole.

**REGIONE CALABRIA**  
**ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE**  
**CATANZARO**

Nella produzione diretta è la stessa società elettrica che dà vita a proprie centrali eoliche con decine o centinaia di unità collegate a stazioni di trasformazione che convogliano l’energia prodotta direttamente nella rete ad alta tensione.

Gli aerogeneratori sono in questo caso di dimensioni medie e grandi.

## 2.2. L’impianto eolico “Borgia 1”- caratteristiche tecniche

Un parco eolico si caratterizza per una serie di elementi fondamentali, quali il dimensionamento e la capacità produttiva dell’impianto e dei singoli aerogeneratori.

Di seguito si riportano sinteticamente le caratteristiche principali del parco eolico in oggetto:

- ✓ numero totale degli aerogeneratori: 36;
- ✓ potenza unitaria degli aerogeneratori: 2.500 kW;
- ✓ potenza complessiva prodotta a regime nelle condizioni ottimali di funzionamento: 90 MW.

Le caratteristiche appena descritte danno un’idea di massima dell’impianto eolico che sarà realizzato, come sopra citato, in provincia di Catanzaro e, più precisamente, nel territorio del Comune di Borgia. In maniera più dettagliata esso sarà costituito da:

- ✓ n° 36 aerogeneratori di potenza 2.500 kW, 0,66 kV, 50 HZ;
- ✓ n° 36 sistemi di trasformazione BT/MT posti alla base e all’interno di ogni aerogeneratore;
- ✓ n° 1 stazione utente AT/MT;
- ✓ rete elettrica interna a 30 kV dalle singole cabine di trasformazione alla stazione utente;
- ✓ rete telematica di monitoraggio interna per il controllo dell’impianto mediante trasmissione dati via modem;
- ✓ rete di telecontrollo per garantire il non superamento dell’immissione in rete della potenza autorizzata.

### 2.2.1. L'aerogeneratore

Gli aerogeneratori impiegati nel parco eolico in oggetto, saranno del tipo asincroni trifase, con potenza nominale di 2.500 kW, con una tensione nominale di 660 V. Saranno dotati di tutte le apparecchiature e circuiti di potenza nonché di comando, protezione, misura e supervisione.

A livello **macroscopico e funzionale**, un aerogeneratore è composto da 4 elementi fondamentali: rotore, navicella, torre e fondazioni (all'interno della torre è presente altresì il sistema di trasformazione BT/MT).

Gli elementi appena elencati, sono rappresentati in figura 5, fornendo, in questo modo, un utile schema funzionale della turbina, con la focalizzazione dei componenti principali e la loro disposizione.

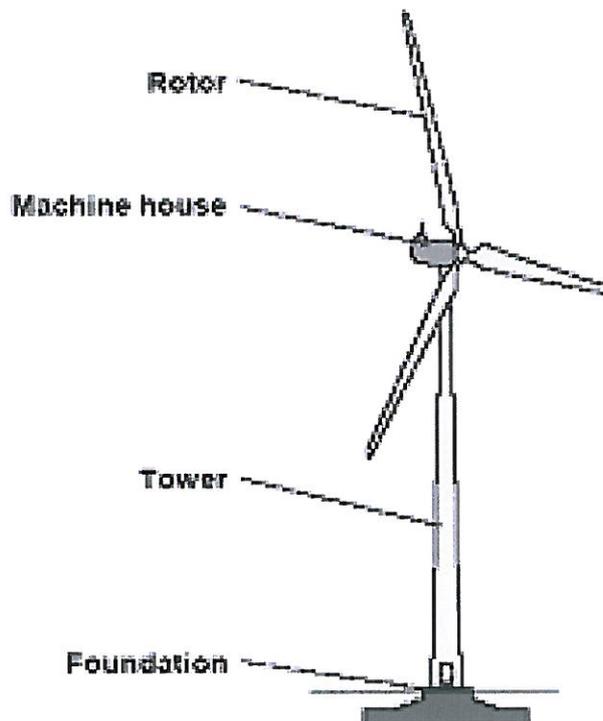


Figura 5: schema funzionale di un aerogeneratore

REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE  
CATANZARO

Nella tabella 1, sono riportati i dati principali di una tipica turbina eolica di taglia medio-grande.

<b>Overall Data</b>	
Type	3-blade rotor with horizontal axis, up-wind pitch
Power regulation	
Rated power	2,300 kW
Start wind speed	3 m/s
Wind speed for rated power	approx. 13 m/s
Stop wind speed	25 m/s
Calculated lifetime	20 years

<b>Climatic Design Conditions</b>	
Nacelle and rotor certified acc. to	GL 2, IEC 2
Ambient temperature range	-20...+40 °C

**Tabella 1: caratteristiche tecniche di una turbina tipo.**

Da un punto di vista microscopico, un aerogeneratore è composto da molte componenti, tra cui verranno elencati quelli più importanti, per i quali è fornita una breve descrizione tecnica.

Lista componenti

- ✓ rotore;
- ✓ moltiplicatore;
- ✓ albero primario;
- ✓ generatore;
- ✓ sistema di frenatura;
- ✓ sistema idraulico;
- ✓ sistema di orientamento;
- ✓ navicella;
- ✓ torre e fondamenta;
- ✓ sistema di controllo;
- ✓ protezione dai fulmini.

Di seguito è riportata una schematizzazione della turbina tipo e degli elementi che la compongono.

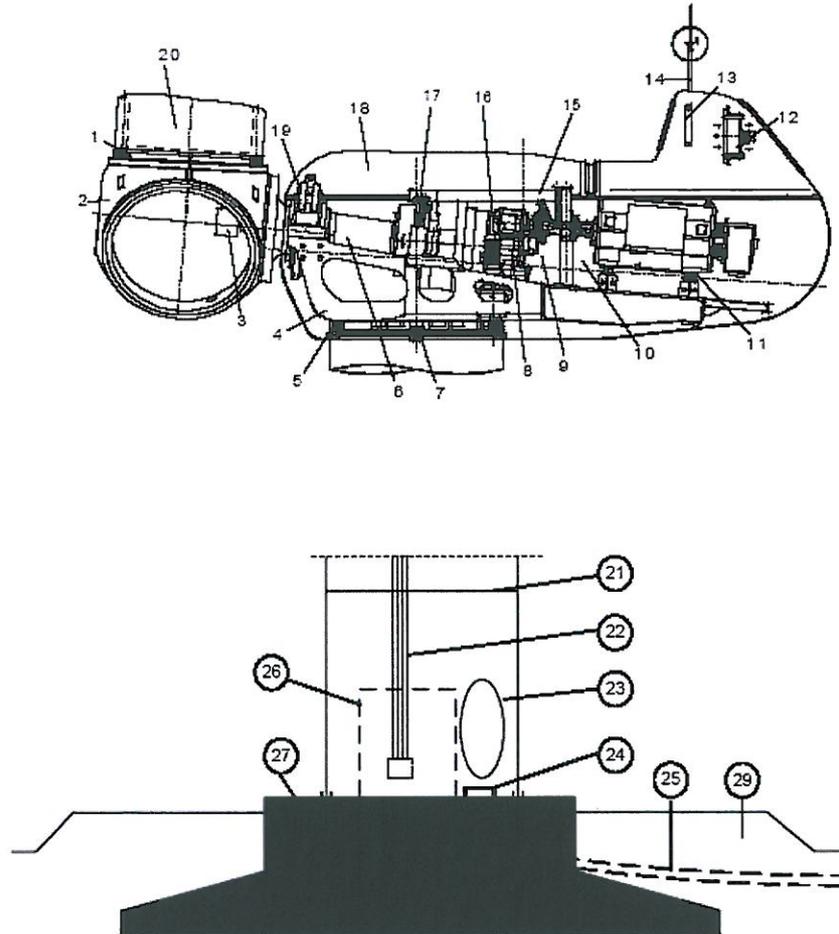


Figura 6: schema funzionale di una turbina.

REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE  
CATANZARO

## Descrizione componenti

### **Rotore**

Il rotore è costituito da tre pale, un mozzo, i cuscinetti per il sistema di orientazione delle pale (Pitch-Control) e l’azionamento per regolare l’angolo d’orientamento delle stesse. Queste ultime sono costituite di poliestere rinforzato con fibre di vetro.

Il sistema Pitch-Control è un particolare dispositivo che permette la rotazione individuale delle pale, in maniera tale da consentire un adattamento ottimale delle stesse in funzione del vento. Per la fase di frenatura, le pale sono ruotate di 90°, così da generare una considerevole resistenza dell’aria che porta alla frenatura del rotore (freno aerodinamico). Per assicurare la frenatura del sistema anche nei casi di emergenza, ogni pala è dotata di batteria che fornisce l’energia necessaria a ruotare la pala di 90°.

Il rotore è dotato, come il resto dei componenti della turbina eolica, di un sistema di protezione antifulmine, munito di ricettore che deflette il fulmine dalle pale al mozzo del rotore.

Nella tabella seguente sono riportati i dati principali del rotore, del mozzo e delle pale di un rotore tipo.

<b>Rotor main data</b>	
Rotor diameter	90 m
Swept area	6,362 m <sup>2</sup>
Maximum tip speed	approx. 80 m/s
Specific power	362 W/m <sup>2</sup>
Rotor speed	9.6...16.9 rpm
Rotor tilt angle	5°
Rotor cone angle	2°
Total weight	approx. 52 t

<b>Rotor hub</b>	
Material	spheroidal graphite cast iron EN-GJS-400-18U-LT
Total weight	approx. 22.5 t

<b>Rotor blades</b>	
Material	glass fibre-reinforced polyester
Total length	43.8 m
Weight per blade	approx. 10.2 t

Tabella 2: caratteristiche tecniche di un rotore tipo.

## Albero primario

Il gruppo propulsore è formato dall'albero rotore, il moltiplicatore connesso tramite un accoppiamento montato a caldo, l'accoppiamento cardanico e il generatore.

Le pale della macchina sono fissate su un mozzo e nell'insieme costituiscono il rotore; il mozzo a sua volta viene collegato ad un primo albero, detto albero lento, che ruota alla stessa velocità angolare del rotore.

L'albero lento è collegato ad un moltiplicatore di giri da cui si diparte un albero veloce, che ruota con velocità angolare data da quella dell'albero lento per il rapporto di moltiplicazione del moltiplicatore.

Sull'albero veloce è posizionato un freno, a valle del quale si trova il generatore elettrico da cui si dipartono i cavi elettrici di potenza.

In particolare, un l'albero principale tipo ha le caratteristiche riportate in tabella 3.

<b>Main shaft</b>	
Material	34 CrNiMo6
Weight	approx. 11.3 t
Bearing	self-aligning roller bearing
Bearing housing	spheroidal graphite cast iron EN-GJS-400-18U-LT

**Tabella 3: caratteristiche tecniche di un albero principale tipo.**

## Moltiplicatore

Il moltiplicatore è a tre stadi con due ruote epicicloidali ed una ruota dentata cilindrica. Il sistema di raffreddamento di tale dispositivo è composto da un circuito di raffreddamento olio- acqua, con capacità di raffreddamento graduale. Sia i cuscinetti che gli ingranaggi sono costantemente lubrificati a spruzzo, mediante olio refrigerante. La temperatura dei cuscinetti e dell'olio è costantemente monitorata.

Nella tabella 4 sono riportate le caratteristiche principali di un moltiplicatore tipo.

<b>Gearbox</b>	
Type	two-stage planetary + one-stage spur gear
Nominal power	2,450 kW
Gear ratio	approx. 1 : 77
Lubrication	splash lubricated
Oil quantity	approx. 360 l
Oil type	VG 320
Oil change	biannual check, change as required
Weight	approx. 18.5 t

**Tabella 4: caratteristiche tecniche di un moltiplicatore tipo.**

## **Generatore**

Il generatore è concepito quale macchina asincrona a doppio avvolgimento, con una potenza nominale di 2.500 kW.

Il generatore è mantenuto nel suo range ottimale di temperatura attraverso un circuito di raffreddamento acqua-glicole.

Nella tabella 5 sono riportate le caratteristiche principali di un generatore tipo.

<b>Generator</b>	
Type of enclosure	IP 54
Nominal power	2,300 kW
Nominal voltage	660 V
Frequency	50 Hz
Speed	740...1,310 rpm
Poles	6
Weight	approx. 10 t

**Tabella 5: caratteristiche tecniche di un moltiplicatore tipo.**

Moltiplicatore, generatore e convertitore della turbina che saranno impiegati nel parco in oggetto, sono dotati di sistemi di raffreddamento indipendenti l'uno dall'altro. Essi sono progettati in maniera tale da lavorare alla temperatura ottimale anche in condizioni di temperatura ambiente molto elevata.

Il sistema di controllo monitora la temperatura di alcuni cuscinetti e dell'olio del moltiplicatore, degli avvolgimenti e dei cuscinetti del generatore e del liquido refrigerante (miscela acqua-glicole). Segue una breve descrizione dei singoli sistemi di raffreddamento.

### *Sistemi di raffreddamento del moltiplicatore*

La dispersione del calore del sistema di trasmissione avviene attraverso uno scambiatore di calore olio/aria, tramite il circuito dell’olio. L’unità di filtraggio, costituita da due filtri (un filtro grezzo da 100  $\mu\text{m}$  e un filtro a rete fine da 10  $\mu\text{m}$ ) trasferisce l’olio caldo dal moltiplicatore all’interno del circuito di raffreddamento. Si strozza il circuito finché non si raggiunge il livello ottimale di temperatura di funzionamento. Quando la temperatura dell’olio supera un certo valore, l’olio viene raffreddato immediatamente attraverso i due scambiatori olio/aria. I due scambiatori, posizionati nella parte superiore della navicella e sono flussati continuamente con aria (vedi descrizione navicella), inoltre entrambi sono dotati di ventilatori. L’olio raffreddato ritorna nel moltiplicatore attraverso un sistema di tubazioni. I due filtri trattengono le particelle estranee dall’olio.

### *Sistema di raffreddamento del generatore*

Il calore viene disperso attraverso un circuito di raffreddamento ad aria. Il calore dell’aria viene dissipato attraverso uno scambiatore di calore, nell’acqua di raffreddamento.

### *Sistema di raffreddamento del convertitore*

Il convertitore è inserito in una cabina nella parte più bassa della torre. L’acqua di raffreddamento del convertitore viene raffreddata attraverso uno scambiatore acqua/aria. L’aria calda viene buttata fuori dal sistema attraverso un ventilatore.

Nella figura 7 sono rappresentati i tre sistemi di raffreddamento appena descritti.

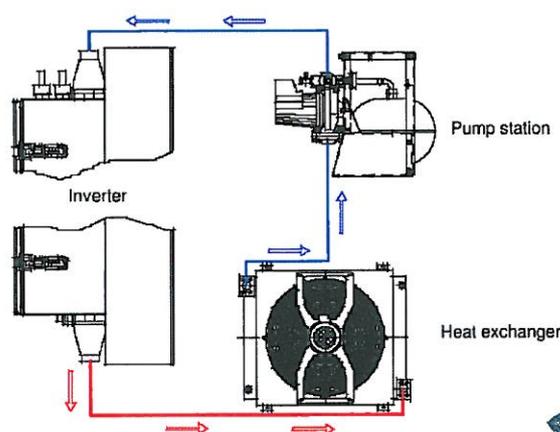


Figura 7: schema funzionale dei sistemi di raffreddamento.

**REGIONE CALABRIA**  
ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE  
CATANZARO

### Sistema di frenatura

Poiché la regolazione del passo di ogni singola pala è realizzata quale sistema autonomo indipendente, può essere impiegata al contempo quale sistema di frenatura primario e secondario. Per il sicuro rallentamento dell’impianto anche nelle condizioni di mancata alimentazione della rete, lo spostamento delle pale è garantito da una batteria. Ogni singola unità di regolazione, infatti, è dotata di batteria tampone nel mozzo, in modo da garantire lo spostamento delle pale anche in mancanza di alimentazione dalla rete.

Sull’albero veloce, inoltre, nello spazio compreso tra moltiplicatore e generatore, è stato montato un freno idraulico a dischi che interviene solo nei casi di spegnimenti di sicurezza, arresti manuali e assenza di corrente.

Il sistema frenante agisce direttamente sul rotore.. Una serie di programmi di frenatura controllano la potenza di frenaggio per garantire una frenatura morbida. Appena il rotore si ferma, il freno fornisce un momento torcente pari a due volte il momento torcente nominale.

Nella tabella 6 si ha una breve descrizione del freno aerodinamico e di quello meccanico di un tipico sistema di frenatura.

<b>Aerodynamic Brake</b>	
Type	individual blade pitch
Activation	electrical

<b>Mechanical Brake</b>	
Type	disc brake
Location	on the high-speed shaft
Disc diameter	1,000 mm
Number of brake callipers	2
Material of brake pads	sintered metal

Tabella 6: caratteristiche tecniche di un freno tipo.

### Sistema idraulico

Il sistema idraulico fornisce la pressione dell’olio per le operazioni di frenatura del sistema di orientamento e frenatura del rotore.

Nella tabella 7 seguente sono rappresentate le caratteristiche principali di un tipico sistema idraulico.

<b>Hydraulic system</b>	
Hydraulic oil	VG 32
Oil quantity	approx. 45 l
Nominal power of the hydraulic pump	1.5 kW
Thermal protection	integrated PT 100

**Tabella 7: caratteristiche tecniche di un tipico sistema idraulico.**

### **Navicella**

La navicella è costituita da una struttura principale in ghisa e da un involucro in vetroresina di alta qualità (GRP).

Essa è dotata di uno sportello la cui apertura avviene idraulicamente.

La particolare forma della navicella e la posizione dello scambiatore nella sezione superiore della turbina contribuiscono alla generazione di un flusso di aria che viene sfruttato per il raffreddamento.

All'interno della navicella è installata una gru di servizio, utilizzata per sollevare strumenti o materiali.

Di seguito, nella tabella 8, sono riportate le caratteristiche principali di una navicella tipo.

<b>Nacelle</b>	
Type of nacelle frame	cast construction
Material	cast iron GGG EN-GJS-400-18U-LT
Type of nacelle cover	shell construction on welded frame
Material	glass fibre-reinforced plastic (GRP)/S235JR
Manufacturer of the crane	Mechanik Taucha
Allowed load	250 kg

**Tabella 8: caratteristiche tecniche di una navicella tipo.**

### **Dispositivo di orientamento del timone di direzione**

La direzione del vento è continuamente monitorata da due pale eoliche all'altezza del mozzo. Quando la direzione del vento cambia l'orientazione della navicella si adegua immediatamente alla nuova direzione del vento. La navicella è collegata alla torre mediante un giunto rotante a sfere e può essere spostata mediante motoriduttori alimentati dalla rete e dotati di freno a disco sull'albero veloce. Quando non è presente alcuna operazione di orientamento, i freni vengono attivati.

Nella tabella 9 sono descritte le principali caratteristiche del sistema di orientamento di un timone di direzione tipo.

<b>Yaw bearing</b>	
Type	ball bearing
Material	42CrMo4
Weight	approx. 2.3 t

<b>Yaw drive</b>	
Motor	asynchronous motor
Gear	4-stage planetary gear
Number of drives	2
Lubrication	oil, ISO VG 620
Yaw rate	approx. 0.5 %/s

<b>Yaw brake</b>	
Type	hydraulic disc brake
Material of brake pads	organic
Number of brake callipers	10

**Tabella 9: caratteristiche tecniche di un sistema di orientamento tipo.**

La torre ha un'altezza di 100 m e presenta una struttura conica tubolare.

Nella tabella 10 sono riportate le caratteristiche della torre, in funzione dell'altezza del mozzo. Nel caso in oggetto bisognerà considerare i dati relativi ad un'altezza del mozzo di 100 m.

<b>Hub height</b>	<b>80 m (MT)</b>	<b>100 m (MT)</b>	<b>105 m</b>
Classes	DIBt 3 GL 2	DIBt 2 IEC 3	DIBt 2
Number of tower segments	4	6	lattice tower
Weight with built-in equipment	[t], approx. 180	320	185

**Tabella 10: caratteristiche tecniche della torre in funzione dell'altezza.**

La superficie della torre (tab. 11) è stata sottoposta ad un trattamento di sabbiatura per prevenire problemi di corrosione. Come trattamento aggiuntivo anticorrosione essa è stata ricoperta di una resina epossidica in accordo alla ISO 12944.

<b>Tower</b>	
Material	S355
Corrosion protection	multi-layer epoxy coating
Tower-to-base connection	flange and bolts cast in concrete

**Tabella 11: caratteristiche tecniche della torre in funzione dei materiali.**

In conformità alle norme sulla sicurezza emanate dalle associazioni professionali di categoria, la torre è dotata di piattaforma di montaggio e di pedane di sosta.

## Sistema di controllo

Il sistema di controllo esegue le seguenti funzioni:

- ✓ controllo della potenza, che può essere eseguito ruotando le pale intorno all’asse principale in maniera da aumentare o ridurre la superficie esposta al vento, oppure in termini costruttivi, tramite la scelta di un opportuno profilo delle pale;
- ✓ controllo della navicella, detto controllo dell’imbardata, che serve ad inseguire la direzione del vento, ma che può essere anche utilizzato per il controllo della potenza;
- ✓ avviamento della macchina allorché è presente un vento di velocità sufficiente, la fermata della macchina, quando vi è un vento di velocità superiore a quella massima per la quale la macchina è stata progettata.

Nella tabella 12 sono descritte le principali caratteristiche di un tipico sistema di controllo.

Controller	
Type	remote Field Controller/PLC, Nordex Control
Network connection	IGBT converter
Automatic restart:	
– After grid drop	yes, by remote monitoring
– After cut-out wind	yes

Tabella 12: caratteristiche tecniche di un tipico sistema di controllo

In figura 8 vi è una rappresentazione di alcuni sensori impiegati nel sistema di controllo.

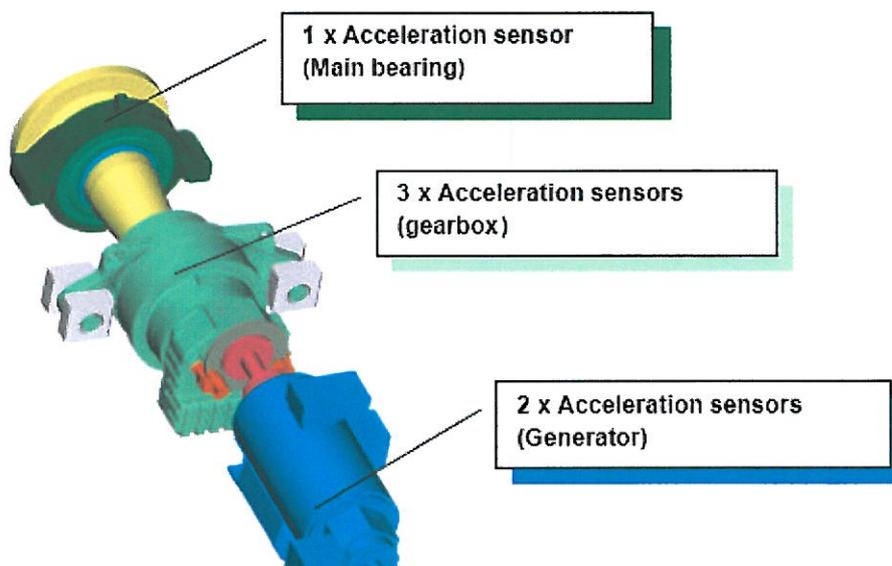


Figura 8: sensori impiegati nel sistema di controllo.

### **Protezione antifulmine**

Gli areogeneratori attraggono fortemente i fulmini. Per questo motivo sono dotate di sistemi antifulmine tali da scaricare a terra il fulmine, senza conseguenze negative per la rete di utenza, né per le zone attorno alle turbine, garantendo un ottimo livello di affidabilità. La protezione antifulmine e dalla sovratensione atmosferica della turbina eolica è progettata conformemente alla IEC 61024 e alla DIN VDE 0185.

#### *2.2.2. Descrizione delle opere*

Le opere edili previste consistono essenzialmente nella realizzazione di:

- ✓ fondazioni delle torri degli aerogeneratori;
- ✓ stazione utente;
- ✓ viabilità interna, tale da consentire il collegamento di ciascuna delle postazioni con la viabilità principale.

### **Fondazioni**

Sulla scorta dei valori di sollecitazione che gli aerogeneratori trasmettono alle fondazioni e dei valori di portanza dei terreni, saranno effettuati i dimensionamenti tipo delle strutture fondali, comunque riportate negli elaborati grafici allegati al progetto ai quali si rimanda.

Si tratta di fondazioni costituite da plinti in cemento armato di idonee dimensioni poggianti, eventualmente, a seconda della natura del terreno su cui ogni singola torre dovrà sorgere, sopra una serie di pali la cui profondità varierà in funzione delle caratteristiche geotecniche del sito (fig. 9).

**REGIONE CALABRIA**  
**ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE**  
**CATANZARO**

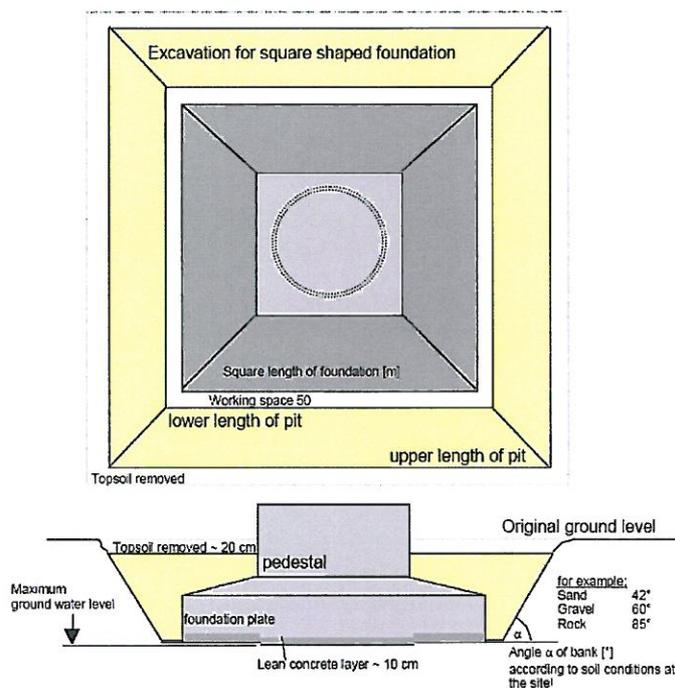


Figura 9: schema delle fondazioni.

Gli accorgimenti necessari alla scelta della tipologia di fondazione più adatta, sono riportate nella relazione geologica allegata al progetto, alla quale si rimanda per maggiori approfondimenti.

Le fondazioni, le opere in muratura, le pavimentazioni, le strade di accesso e quelle interne al parco, incidono sulla struttura del suolo e delle sue funzioni. Tuttavia la scelta di ubicare gli aerogeneratori in prossimità delle strade già esistenti, minimizzando l'apertura di nuovi tracciati riduce di molto l'impatto sul suolo e sulle funzioni connesse allo stesso, infiltrazione, e ruscellamento.

La scelta di utilizzare pietrisco per la pavimentazione dei tracciati garantisce, inoltre, la conservazione del regime di infiltrazione delle acque meteoriche, ovviando in tal modo ai problemi di drenaggio delle precipitazioni.

## Impianti

Ogni singolo aerogeneratore produrrà energia elettrica in bassa tensione e sarà collegato, tramite apposite trasformazioni, alla Rete di Trasporto Nazionale in Alta Tensione. Pertanto il parco eolico sarà

connesso ad una stazione di trasformazione (stazione utente) MT/AT che eleverà la tensione di esercizio da media tensione ad alta tensione (30 kV – 150 kV).

Adiacente alla stazione utente verrà realizzato il punto di consegna dimensionato secondo le indicazioni della Società TERNA e in cui saranno alloggiati i contatori di energia elettrica per la misura dell'energia immessa in rete. L'immissione nella Rete di Trasporto Nazionale avverrà all'interno del punto di consegna in corrispondenza del traliccio dell'esistente linea di A.T.

In particolare, le opere impiantistiche riguarderanno:

- Sistema di trasformazione BT/MT interna ad ogni aerogeneratore;
- collegamenti elettrici in MT tra i singoli aerogeneratori ed il cavidotto principale;
- collegamento elettrico tra il cavidotto principale e la stazione di impianto;
- stazione d'impianto;
- cavidotto per il trasporto dell'energia;
- Stazione di trasformazione MT/AT e cabina di consegna alla Rete di Trasporto Nazionale (RTN).

#### **Sistema di trasformazione BT/MT**

Internamente ad ogni aerogeneratore è prevista un'area di trasformazione elettrica BT/MT in cui trovano collocazione:

- il collegamento della rete interna di impianto previa trasformazione da 660 V a 30.000 V ;
- il sistema di protezione del trasformatore con i relativi sezionamenti;
- il quadro BT.

La struttura è articolata ed equipaggiata in modo tale da realizzare la distribuzione seguente:

- quadro BT ;
- cella trafo + trasformatore 1,0/30 kV, 1.200 kVA, 50 HZ;
- cella partenza trafo con sezionatore e fusibile;
- accessori tipici di cabina.

**REGIONE CALABRIA**  
**ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE**  
**CATANZARO**

### **Reti elettriche ed informatiche interne (Cavidotti)**

La distribuzione interna è stata suddivisa in sottogruppi di linee in Media Tensione, ognuno dei quali raggruppa i collegamenti relativi ai singoli aerogeneratori.

Tali cavidotti, seguendo il tracciato della viabilità esistente, convergeranno alla cabina d’impianto.

I cavi saranno posati ad una **profondità minima di 1,20 ml** e saranno circondati da uno strato di sabbia vagliata di spessore pari ad almeno 30 cm. Al di sopra di tale strato saranno posti dei tegoli o lastre a protezione dei cavi stessi ed un ulteriore riempimento con materiale arido fino a ricoprire il cavo; inoltre, a circa 40 cm di profondità dal piano campagna sarà teso un nastro monitore a segnalazione della presenza di cavi in MT.

Nello stesso scavo sarà altresì presente un cavo in fibra ottica per i segnali di controllo.

#### **2.2.3. Cavidotto interrato fino alla Stazione Utente**

Per il collegamento del Parco eolico alla Stazione di Trasformazione MT/AT (Stazione utente) occorrerà utilizzare un collegamento in cavo interrato a media tensione.

La tavola “*Corografia Generale-Cavidotti*” illustra la distribuzione planimetrica del cavidotto.

La posa del cavidotto prevede, in prossimità della sezioni di giunzione dei vari conduttori, la realizzazione di una buca giunti di dimensioni adeguate (almeno di 1m di larghezza e 4m di lunghezza). La realizzazione della stessa non altera le caratteristiche della viabilità e rispetta le specifiche norme di posa del cavidotto in termini di profondità e dei materiali utilizzati per il relativo rinterro.

Inoltre sono previsti una serie di pozzetti prova schermi di dimensioni adeguate, da porre in opera ogni 2 Km lungo la tratta di realizzazione del cavidotto; lo stesso ha la funzione di richiudere il circuito per la ricerca degli eventuali guasti lungo la linea di conduzione dell’energia elettrica. Tale opera si rende necessaria in quanto, in caso di eventuale guasto di linea, permette la localizzazione immediata del punto danneggiato e la conseguente riduzione dei tempi di ripristino

dell’opera, riducendo gli interventi lungo la relativa viabilità. La posa del singolo pozzetto è realizzata secondo normativa vigente in materia di sicurezza e nel rispetto delle specifiche di installazione del relativo cavidotto (Vedi elaborato “Particolari costruttivi posa cavidotti”).

Al fine di evitare l’immissione in rete di una potenza superiore a quella autorizzata sarà realizzato un impianto di telecontrollo, che provvederà a bloccare le macchine a minor produzione consentendo di mantenere la potenza a valori inferiori o uguali a quella autorizzata.

**REGIONE CALABRIA**  
**ASSESSORATO ATTIVITÀ PRODUTTIVE**  
**CATANZARO**

### **Stazione utente**

Secondo la STMG elaborata da TERNA ai sensi dell’art. 3 del D.Lgs n. 79/99, della deliberazione n. 281/05 dell’AEG e del Codice di trasmissione, in relazione alle condizioni di esercizio delle infrastrutture di rete a 150 kV limitrofe all’impianto in progetto, lo schema di allacciamento alla RTN prevede un collegamento in antenna con la sezione a 150 kV della futura stazione elettrica a 380 kV che sarà collegata in entra – esce sulla linea a 380 kV “Rizziconi - Scandale”.

Nei pressi del punto di allaccio e connessione alla Rete di Trasporto Nazionale verrà realizzata la stazione utente e misure composta da un’area a cielo aperto per le apparecchiature di trasformazione Alta Tensione – Media Tensione di competenza dell’Utente produttore, un’area a cielo aperto adibita al sistema di connessione alla RTN di competenza della Società di gestione TERNA e da due edifici a servizio del sistema Alta Tensione e del sistema Media Tensione.

Nell’elaborato “Stazione Utente” è rappresentata la planimetria.

### **Messa a terra**

Ciascun aerogeneratore con la relativa cabina di trasformazione ed il presidio-cabina di consegna sono provvisti di un impianto di messa a terra.

In particolare, tutti i cavi equipotenziali dei componenti della turbina eolica, conduttori elettrici sono muniti di sistema di messa a terra. Questo ultimo è parte fondamentale del sistema antifulmine.

### **Regimazione acque**

Le acque meteoriche non assorbite dalla superficie e convogliate dalle cunette laterali dei piazzali e delle strade verranno opportunamente convogliate ed indirizzate verso l’impluvio naturale esistente. Inoltre la scelta di utilizzare pietrisco per la pavimentazione dei tracciati garantisce la conservazione del regime di infiltrazione delle acque meteoriche, ovviando in tal modo ai problemi di drenaggio delle precipitazioni. Le fondazioni, le opere in muratura, le pavimentazioni, le strade di accesso e quelle interne al parco, incidono sulla struttura del suolo e delle sue funzioni. Tuttavia la scelta di ubicare gli aerogeneratori in prossimità delle strade già esistenti, minimizzando l’apertura di nuovi tracciati riduce di molto l’impatto sul suolo e sulle funzioni connesse allo stesso: infiltrazione e ruscellamento.

## Viabilità

La viabilità da realizzare consiste in una serie di strade e di piazzole al fine di raggiungere agevolmente tutti i siti in cui verranno sistemati gli aerogeneratori.

Dette strade, la cui larghezza sarà di 4,50 m, saranno in futuro solo utilizzate per la manutenzione degli aerogeneratori e verranno realizzate seguendo l’andamento topografico esistente del sito, cercando di ridurre al minimo eventuali movimenti di terra, utilizzando come sottofondo materiale calcareo e rifinendole con doppio strato di pietrisco.

In particolare le strade di accesso possederanno i requisiti per il rispetto dei vincoli sotto descritti (si tratta di un calcolo per il montaggio di una singola turbina):

### Veicoli per il trasporto dei componenti aerogeneratori

- ✓ Circa 50 camion;
- ✓ Da 12 a 20 camion per i componenti della turbina (3-6 per le parti delle torri, 3 per le pale, 2 per la navicella e il mozzo, 1 per parti varie);
- ✓ Lunghezza max 52m, altezza 5m;
- ✓ Altri veicoli di costruzione

### Peso dei veicoli

- ✓ Max carico per asse 16t;
- ✓ Max peso totale 165t;
- ✓ Max pressione del suolo dei cingoli delle gru 25t/m2.

### Profilo dei carichi

- ✓ H altezza profilo del carico 5m
- ✓ W larghezza profilo del carico 5m

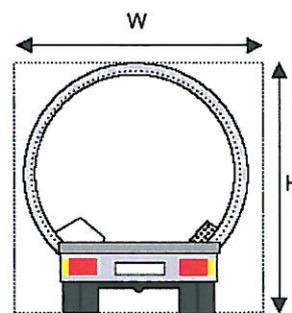


Figura 10: ingombro veicoli.

REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE  
CAIAZZARO

### Pendenze

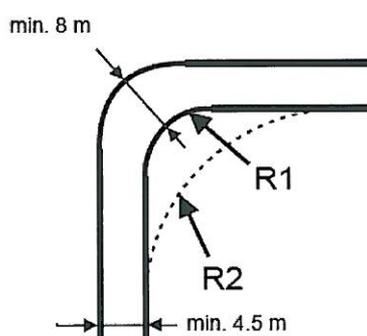
Con la superficie utilizzata (pietrisco) il gradiente non supera il 6%.

### Curvature

Le strade saranno costruite con le seguenti curvature:

- ✓ R1 raggio interno di curvatura 35 m
- ✓ R2 raggio interno nell'area libera da ostacoli 50 m

Nella figura riportata di seguito, l'area tratteggiata rappresenta l'area che nella realtà rimarrà libera da ostacoli, per evitare problemi durante il trasporto.



REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE  
CATANZARO

**Figura 10: raggio di curvatura e area libera.**

Le strade di accesso saranno realizzate in pietrisco (diametro 0-60 mm, per uno strato di 0.40m) su sabbia compatta (0.30 m). Il materiale impiegato in superficie ha un diametro max di 0.30m.

Gli strati saranno compattati con appositi macchinari per evitare inconvenienti con i carichi di utilizzo.

Nella figura 11 si ha una rappresentazione schematica di come la strada verrà realizzata.

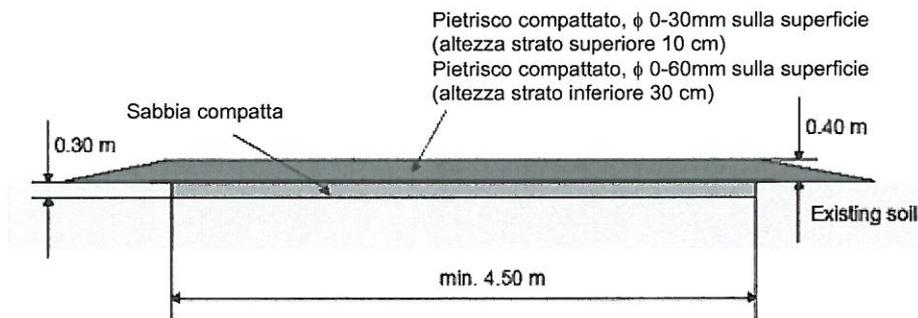


Figura 11: schematizzazione strada.

### Gestione delle terre di scavo

La realizzazione delle piazzole, delle strade e delle fondazioni delle torri eoliche, comporteranno scavi di sbancamento.

La gestione del materiale derivante da questi scavi avverrà secondo il disposto del D. Lgs. 153/2006. Le terre e rocce di scavo saranno riutilizzate senza trasformazioni preliminari. L'appaltatore sarà il soggetto responsabile dello scavo e del materiale destinato al riutilizzo.

L'accumulo temporaneo del materiale scavato avverrà all'interno delle piazzole successivamente destinate agli aerogeneratori.

Non è previsto l'utilizzo di sostanze inquinanti nelle attività di escavazione e costruzione. La verifica della concentrazione di inquinanti sarà effettuata nel sito di produzione.

Non saranno create quantità di detriti incontrollate, né saranno abbandonati materiali da costruzione o resti di escavazione in prossimità delle opere. Nel caso rimanessero inerti inutilizzati, questi verranno trasportati al di fuori delle zona, presso l'impianto di riciclaggio più vicino.

I centri di riciclaggio degli inerti che potranno ricevere il materiale in eccesso sono l'impianto Ecologia Oggi s.r.l., sito in Via Cassoli 18 a Lamezia Terme (Cz) e l'impianto Ecosistem s.r.l., sito in località Lenza – Viscardi, anch'esso a Lamezia Terme.

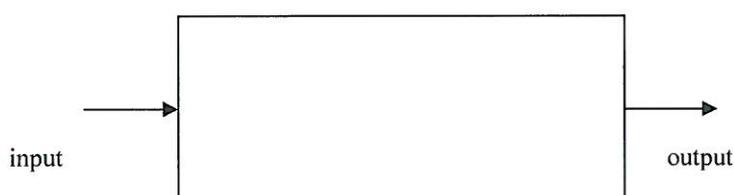
REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE  
CATANZARO

### 3. PROCESSI PRODUTTIVI E MATERIALI IMPIEGATI

#### 3.1. Processi di realizzazione e funzionamento del sito

La produzione di energia elettrica dal vento, passa attraverso due processi fondamentali. Il primo è rappresentato dalla costruzione del sito.

Tale processo può essere rappresentato da una scatola nera, che trasforma una serie di inputs in un output (figura 12).



**Figura 12**

Gli inputs sono rappresentati da tutte le risorse impiegate per la realizzazione del sito, quindi materiali e macchine.

I principali materiali impiegati durante la costruzione del sito sono: suolo, acqua, cemento, pietrisco, plinti, componenti delle turbine eoliche.

Le macchine utilizzate durante la realizzazione del sito sono, invece: mezzi di trasporto, gru, escavatrici etc.

Durante la costruzione del parco gli unici residui che si genereranno saranno quelli relativi alla realizzazione delle opere civili, che saranno utilizzati per il rinterro o, eventualmente, trasportati in zone adeguate e debitamente controllate al di fuori della zona del Parco.

Il sito completato, rappresenta l'output del processo che a sua volta rappresenta l'input per il processo successivo (funzionamento dell'impianto).

Un altro output, ma meno rilevante da un punto di vista quantitativo, rispetto a quello appena descritto, è rappresentato dai residui che si genereranno che saranno esclusivamente quelli relativi alla fase di realizzazione delle opere civili, che saranno utilizzate per il rinterro od eventualmente,

trasportati in zone adeguate e debitamente controllate al di fuori della zona del Parco.

Il secondo processo è quello di funzionamento che, a differenza del primo, avviene in maniera continua e finché non si raggiunge il ciclo di vita dell’intero impianto.

In particolare, nella figura 13 è illustrato il processo di funzionamento di una tipica turbina eolica.

Operating Procedure of a Wind Turbine

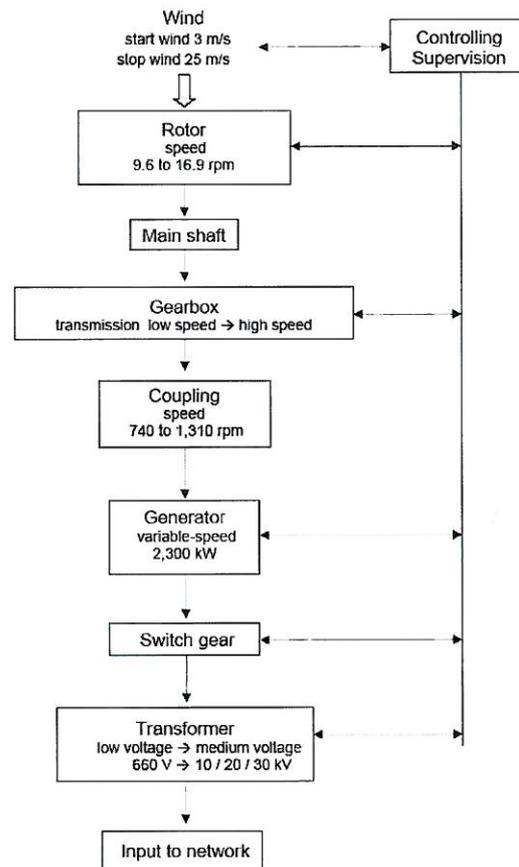


Figura 13: processo di funzionamento di una turbina eolica.

In questo caso l’input è il vento, con un range operativo di velocità, tra i 3 e i 25 m/s; l’energia posseduta dal vento aziona le pale che generano una rotazione del rotore a cui sono collegate; la velocità del rotore può variare da 9.6 a 16.3 rpm; il moto è inviato all’albero primario a sua volta collegato al moltiplicatore che trasforma il moto di rotazione del rotore a bassa velocità in un moto ad alta velocità. Un accoppiamento tra moltiplicatore e generatore, con velocità variabile tra 740 a 1310 rpm, consente al generatore di trasformare l’energia meccanica in energia elettrica. Un trasformatore

permetterà di trasformare le basse tensioni in medie tensioni che costituiranno l’input della rete.

Durante le fasi del processo descritto, il sistema di controllo, monitorerà la situazione di vento, rotore, moltiplicatore, generatore e trasformatore.

Durante il funzionamento non verrà generato alcun residuo solido, liquido o inquinante per l’atmosfera. Verrà inoltre realizzata una gestione controllata di quei residui (oli, lubrificanti ecc..) dei macchinari, con trasporto e conferimento ad un gestore autorizzato.

### **3.2. Macchine impiegate per la costruzione del sito**

Le macchine impiegate per la costruzione del sito sono quelle utilizzate per il trasporto dei materiali necessari alla realizzazione, per il loro sollevamento, per la realizzazione degli scavi relativi alle fondazioni e quelle macchine derivanti da specifiche necessità (ad esempio per realizzare il compattamento della superficie delle strade).

#### *3.2.1. Macchine per il trasporto dei materiali*

I materiali che occorrerà trasportare saranno tutti i componenti delle 36 turbine, dell’anemometro, del pietrisco, dell’acqua, del cemento e di tutte le attrezzature e macchine necessarie alla realizzazione del sito, non dotate di sistema di movimentazione.

Per quanto riguarda le turbine eoliche si terrà conto delle dimensioni delle navicelle e delle torri.

Nelle figura 14 sono riportati gli ingombri di una navicella tipo.

**REGIONE CALABRIA**  
**ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE**  
**CATANZARO**

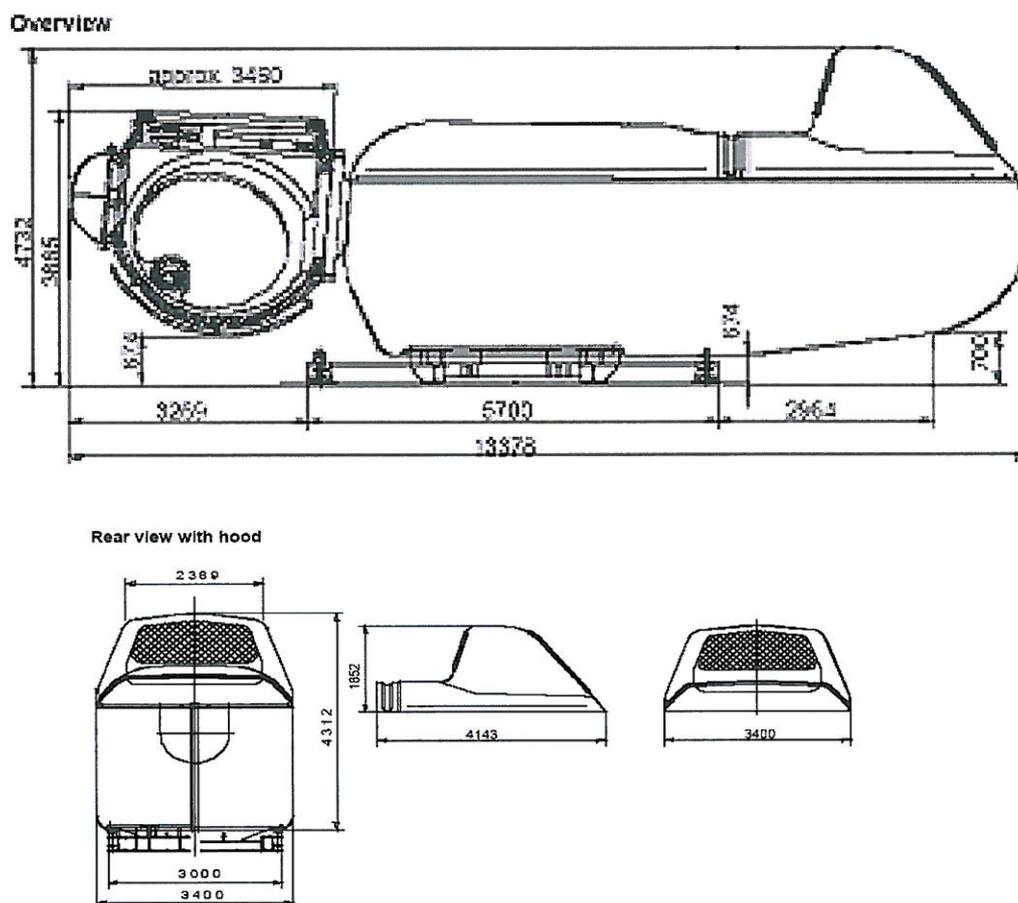


Figura 14:: ingombri dimensionali di una navicella tipo.

Nella tabella 14, oltre agli ingombri dimensionali, sono riportati i pesi dei componenti di una turbina. Sia i pesi che le dimensioni rappresentano i requisiti minimi che i mezzi di trasporto dovranno possedere.

REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE  
CATANZARO

**Weights of components at crane hook**

<b>Nacelle</b>	
Height	4.32 m (with hood)
Width	3.40 m
Length	10.30
Weight excluding rotor, with hood	approx. 91 t
Transport frame nacelle	approx. 3.3 t
Weight only drive train (rotor shaft, gearbox)	approx. 43 t
Transport frame drive train	approx. 3.3 t
Weight excluding drive train (excluding rotor shaft, gearbox)	approx. 47 t
Hood	approx. 1.1 t

<b>Hub</b>	
Weight	approx. 23 t
Dimensions transport frame	2.7 m x 2.7 m x 0.44 m
Weight transport frame	approx. 0.9 t

<b>Blades N80</b>	
Length	39.0 m
Height	maximum 3.20 m
Diameter flange	2.42 m
Diameter flange with rain protector	3.00 m
Weight transport frame (root/tip)	250 kg/640 kg
Weight per blade	approx. 9 t
Weight rotor complete	approx. 50 t

<b>Blades N90</b>	
Length	44 m
Height	maximum 3.20 m
Diameter flange	2.42 m
Diameter flange with rain protector	3.00 m
Weight transport frame (root/tip)	250 kg/640 kg
Weight per blade	approx. 10.2 t
Weight rotor complete	approx. 53 t

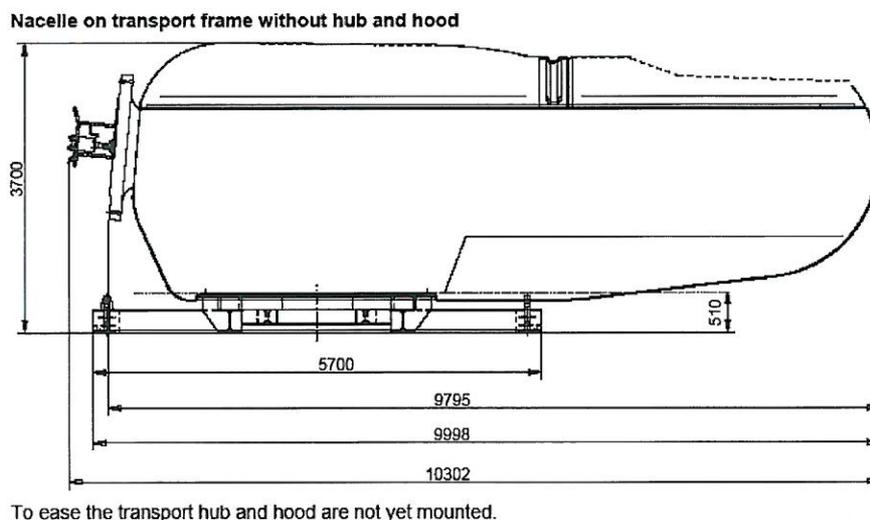
<b>Control cabinet</b>	
Dimensions L x W x H [m]	2.8 x 1.2 x 2.4
Weight	approx. 2.7 t

<b>Trafostation</b>	<b>Tubular tower</b>	<b>Lattice tower</b>
Dimensions compact station L x B x H [m]	3.1 x 2.4 x 2.7	3.0 x 2.5 x 3.7
Weight	approx. 15 t	approx. 15-31 t
Dimensions hand-over station L x B x H [m]	4.0 x 2.5 x 3.7	4.0 x 2.5 x 3.7
Weight depending on requirements	approx. 15-31 t	approx. 15-31 t

Tabella 13: ingombri dimensionali e pesi di una turbina tipo.

Per il trasporto della navicella occorrerà che ad essa non siano stati montati né il mozzo, né lo sportello come mostrato nella figura 15.

REGIONE CALABRIA  
 ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE  
 CATANZARO



**Figura 15: ingombri dimensionali di una navicella tipo.**

Per il trasporto delle torri saranno impiegati dei camion che avranno come caratteristiche fondamentali, il rispetto dei pesi e degli ingombri per i valori risultanti nella tabella 15, relativamente all'altezza del mozzo di 100m.

REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE  
CATANZARO

Hub Height Type of Tower Classification		80 m tubular MT DIBt 3 / GL 2	100 tubular MT DIBt 2 / IEC 3a
Total Weight Tower	t	172.4	319.2
<i>1. Tower section (bottom)</i>			
Length	m	18.16	11.95
Diameter flange	m	4.26	4.30
Diameter bottom	m	4.04	4.05
Diameter top	m	4.03	4.05
Diameter flange	m		4.30
Weight	t	59.5	67.1
Centre of gravity	m	-	-
<i>2. Tower section</i>			
Length	m	18.27	11.95
Diameter flange	m		4.30
Diameter bottom	m	4.03	4.04
Diameter top	m	4.02	4.04
Diameter flange	m		4.30
Weight	t	47.5	60.40
Centre of gravity	m	-	-
<i>3. Tower section</i>			
Length	m	18.22	15.56
Diameter bottom	m	4.02	4.03
Diameter top	m	4.02	4.03
Weight	t	35.4	69.9
Centre of gravity	m	-	-
<i>4. Tower section</i>			
Length	m	22.26	17.92
Diameter bottom	m	4.02	4.03
Diameter top	m	2.96	4.02
Weight	t	30.0	51.2
Centre of gravity	m	-	-
<i>5. Tower section</i>			
Length	m		17.88
Diameter bottom	m		4.02
Diameter top	m		4.02
Weight	t		38.6
Centre of gravity	m		-
<i>6. Tower section (top)</i>			
Length	m		21.67
Diameter bottom	m		4.02
Diameter top	m		2.96
Weight	t		32.0
Centre of gravity	m		-

Please allow variations of the weight of  $\pm 5\%$ .

Tabella 14: ingombri dimensionali e pesi di una torre tipo.

Durante il trasporto bisognerà tener conto del baricentro della navicella, le cui coordinate sono

REGIONE CALABRIA  
 ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE  
 CATANZARO

riportate nella tabella 16.

Co-ordinates of c.o.g.	N80		N90	
	with hub/without hub		with hub/without hub	
$X_s$	- 1.38	- 1.22	- 1.39	- 1.24
$Y_s$	0.00	0.00	0.00	0.00
$Z_s$	- 0.89	0.51	- 0.84	0.46

Tabella 15: coordinate del baricentro di una navicella tipo.

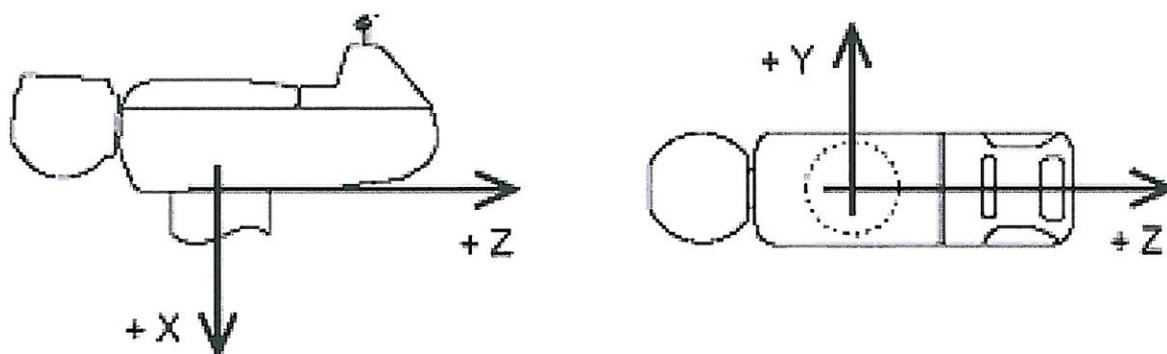


Figura 16: sistema di riferimento.

Di seguito sono riportate le caratteristiche dimensionali e di peso (tab.17) di una tipica gabbia di ancoraggio (fig. 17).

Name	Number of parts	Dimensions maximum	Weight maximum
Load spreading plate	2	outer $\varnothing$ 4550 mm	ca. 3,1 t
Anchor plate	2	outer $\varnothing$ 4450 mm	ca. 1,7 t
Anchor bolts	160	L = 3450 mm	ca. 6,0 t
Washers, nuts and other small parts			ca. 0,4 t

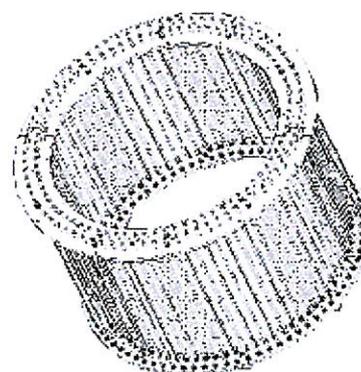


Tabella 16: caratteristiche dimensionali e di peso di una tipica gabbia di

Figura 17: gabbia di ancoraggio

### 3.2.2. Macchine per il sollevamento

Le gru che verranno impiegate avranno le caratteristiche della tabella 19, relativamente all’altezza del mozzo di 100 m.

Hub height	60 m	80 m	100 m	105 m
Hook load of main crane	96 t	96 t	96 t	96 t
Hook height of main crane	70 m	90 m	110 m	115 m
Radius main crane	22 m	22 m	30 m	30 m
Hook load of pilot crane (radius 8 m)	38 t	38 t	38 t	38 t

Tabella 17: caratteristiche della gru un funzione dell’altezza del mozzo.

Nella figura 18 si può osservare una foto relativa al sollevamento delle pale.



Figura 18: esecuzione del sollevamento delle pale durante la fase di costruzione

REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE  
CATANZARO

### 3.3. Processo di funzionamento

Nella zona del parco eolico in oggetto saranno installati n° 36 aerogeneratori. Questi verranno disposti lungo le linee indicate dalla mappa energetica e perpendicolarmente alla direzione del vento predominante, ad una distanza media non inferiore ai 300 metri.

Segue una descrizione del funzionamento di una turbina tipo.

Gli aerogeneratori in oggetto sono asincroni trifase con potenza nominale di 2.500 kW e tensione nominale di 660 V, dotati di tutte le apparecchiature e circuiti di potenza nonché di comando, protezione, misura e supervisione (fig. 19).



**Figura 19: aerogeneratore.**

REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE  
CATANZARO

La potenza che può essere estratta da un generatore eolico dipende dall'area spazzata. Questo vuol dire che la lunghezza delle pale è direttamente proporzionale all' energia che si estrae dalla turbina. Tale potenza dipende, inoltre, dal cubo della velocità del vento, per cui è indispensabile svolgere uno studio accurato sulle condizioni anemologiche del sito dove si installano gli aerogeneratori.

Le pale della macchina sono fissate su un mozzo con cui costituiscono il rotore; il mozzo a sua volta viene collegato ad un primo albero, detto albero lento, che ruota alla stessa velocità angolare del rotore.

L'albero lento è collegato ad un moltiplicatore di giri da cui si diparte un albero veloce che ruota con velocità angolare, data da quella dell'albero lento per il rapporto di moltiplicazione del

moltiplicatore.

Sull'albero veloce è posizionato un freno, a valle del quale si trova il generatore elettrico da cui si dipartono i cavi elettrici di potenza.

Tutti i componenti sopra menzionati, ad eccezione del rotore, sono ubicati in una cabina, detta navicella, la quale, a sua volta, è posta su un supporto-cuscinetto, così da essere facilmente orientabile secondo la direzione del vento.

Oltre ai componenti appena elencati, vi è un sistema di controllo che esegue diverse funzioni :

- ✓ controllo della potenza: può essere eseguito ruotando le pale intorno all'asse principale in maniera da aumentare o ridurre la superficie esposta al vento, oppure, in termini costruttivi, tramite la scelta di un opportuno profilo delle pale;
- ✓ controllo della navicella, anche detto controllo dell'imbardata: serve ad inseguire la direzione del vento, ma che può essere anche utilizzato per il controllo della potenza;
- ✓ avviamento della macchina allorché sia presente un vento di velocità sufficiente;
- ✓ arresto della macchina nel caso in cui il vento abbia velocità superiore a quella massima per la quale la macchina è stata progettata.

L'intera navicella viene posta su una torre avente forma conica tubolare ed altezza di 100,00 m.

La velocità del vento di avviamento è la minima velocità alla quale la macchina inizia a ruotare (a questa velocità l'aerogeneratore non eroga energia).

La velocità del vento nominale è in genere la minima velocità del vento che fornisce la potenza corrispondente al massimo rendimento aerodinamico del rotore.

Quando la velocità del vento supera il valore corrispondente alla velocità di avviamento la potenza cresce al crescere della velocità del vento.

La potenza cresce fino alla velocità nominale e poi si mantiene costante fino alla velocità di fuori servizio.

Per ragioni di sicurezza, a partire dalla velocità nominale, la turbina si regola automaticamente e l'aerogeneratore fornirà la potenza nominale servendosi dei suoi meccanismi di controllo.

L'aerogeneratore si avvicinerà al valore della potenza nominale a seconda delle caratteristiche costruttive della turbina montata : passo fisso, passo variabile, velocità variabile, etc

Nella figura 20 è rappresentato lo schema di una navicella tipo e dei componenti che la costituiscono.

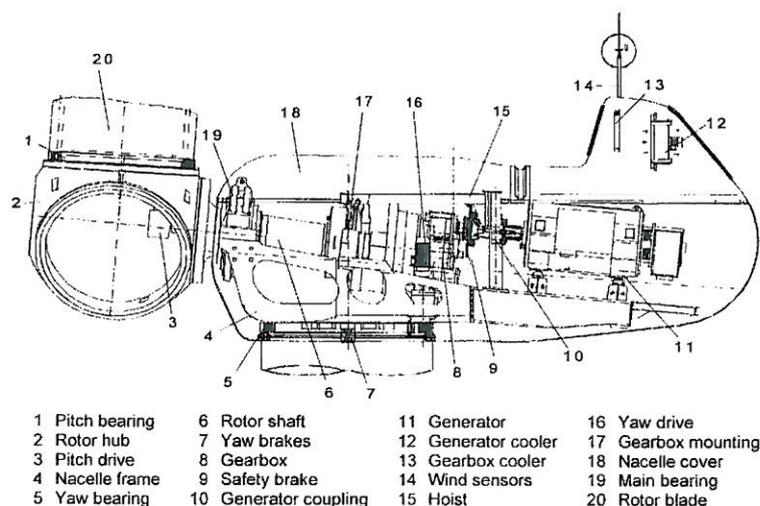


Figura 20: componenti di una navicella tipo

#### 4. SOLUZIONI TECNICHE PER LA REALIZZAZIONE DEL PROGETTO E RIDUZIONE DELLE FONTI D'IMPATTO

##### 4.1. Criteri di scelta delle turbine e loro disposizione

Tra le fasi preliminari della generazione di un progetto, la scelta delle macchine da impiegare e la disposizione delle stesse nel sito scelto ricoprono un ruolo fondamentale.

I principali fattori che hanno influenzato la scelta delle turbine eoliche e il loro posizionamento sono elencati di seguito:

- ✓ Condizioni del vento (dati statistici sulla velocità e direzione del vento);
- ✓ Requisiti di costruzione (distanza dai centri abitati);
- ✓ Quadro catastale dell'area;
- ✓ Accessibilità (eventuale presenza di strade);
- ✓ Influenza delle turbine sull'ambiente (ombre mobili, emissione rumore, etc.);
- ✓ Distanza tra le turbine nel parco.

REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE  
CATANZARO

Per quanto riguarda le condizioni del vento, sono state effettuate le misure della direzione della velocità, riportate nel quadro di riferimento ambientale, al quale si rimanda per maggiori approfondimenti.

Particolare attenzione, per quanto riguarda i requisiti sull’ambiente, è stata posta sulla distanza tra le turbine e le abitazioni più vicine (non meno di 500 m), consentendo di minimizzare al massimo l’impatto del rumore e di ombra.

La distanza tra le turbine fornisce un contributo importante sull’impianto e sull’energia prodotta. Dal punto di vista dell’impianto la scelta di una distanza opportuna serve per non danneggiare il materiale di costruzione delle turbine e quindi per non ridurre il ciclo di vita della turbina stessa. Dal punto di vista dell’energia prodotta, se le turbine non fossero posizionate ad una debita distanza, il rotore della turbina stessa genererebbe turbolenza, con impatto negativo sulla turbina successiva procurandone un output di energia inferiore rispetto a quello che potenzialmente sarebbe stato possibile produrre.

Da un confronto tra una turbina che lavora da sola ed un grappo di turbine in un parco eolico, è evidente che nel secondo caso la turbolenza sarà maggiore.

Nel caso del parco eolico in oggetto è stato adottato un criterio di distanze minime da rispettare (riportato in figura 21) , dove  $D$  rappresenta il diametro del rotore. La distanza deve essere almeno pari a 6 volte il diametro nella direzione dominante del vento e 4 volte  $D$  nelle altre direzioni.

REGIONE CALABRIA  
ASSE ATTIVITÀ PRODUTTIVE  
CATANZARO

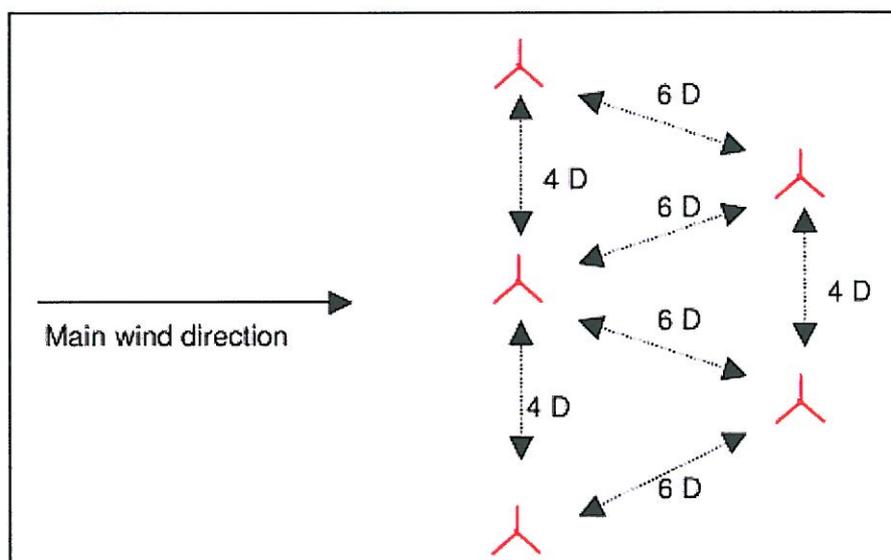


Figura 21: schema delle distanze minime rispettate.

Questa scelta minimizza al massimo la turbolenza generata che rimane confinata in un intervallo compreso tra il 6 e il 12%.

#### 4.2. Produzione annuale e curve di potenza

REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE  
CATANZARO

##### Produzione annuale

La resa energetica annuale delle turbine eoliche dipende da tre fattori fondamentali:

- influenze concettuali;
- influenze specifiche della turbina;
- influenze dipendenti dal sito.

Le influenze concettuali sulla resa energetica di una turbina eolica sono, per esempio, il metodo impiegati per il controllo della potenza (pitch- control etc.), la velocità del rotore (costante, variabile, etc), etc.

Le influenze specifiche della turbina possono essere l'altezza del mozzo, il diametro del rotore, le proprietà aerodinamiche delle pale, la potenza dei generatori installati, il range operativo delle velocità

del vento, etc.

Le influenze dovute al sito sono la densità dell’aria, la rugosità e la distribuzione di frequenza adottata per la rappresentazione delle velocità del vento nel sito.

L’interdipendenza di questi fattori interviene nella definizione della relazione tra l’energia contenuta nel vento che è proporzionale alla potenza al cubo della velocità del vento.

La tabella di resa energetica riportata (tab.19) ed il relativo grafico (fig.22) sono stati ricavati per una singola turbina eolica, senza tener conto dell’effetto di scia, eventualmente dovuto alla presenza di altri aerogeneratori presenti nel parco. In effetti la distanza tra gli aerogeneratori è stata scelta proprio per minimizzare questo effetto che può essere considerato trascurabile. I dati su cui si basa la stima si riferiscono ai valori delle grandezze considerate in prossimità dell’altezza del mozzo, con particolare riferimento ai valori delle grandezze elencate di seguito:

- ✓ densità dell’aria 1.225 Kg/m<sup>3</sup>
- ✓ temperatura 15° C
- ✓ parametro di Weibull K=2.0
- ✓ curva di potenza calcolata.

REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE  
CATANZARO

Average annual wind speed [m/s]	Weibull parameter A [m/s]	Annual energy yield [MWh]
4.0	4.51	1,568
4.5	5.08	2,283
5.0	5.64	3,102
5.5	6.21	3,993
6.0	6.77	4,920
6.5	7.33	5,854
7.0	7.89	6,771
7.5	8.46	7,653
8.0	9.03	8,487
8.5	9.59	9,263

Tabella 18: tabella di resa energetica di una singola turbina.

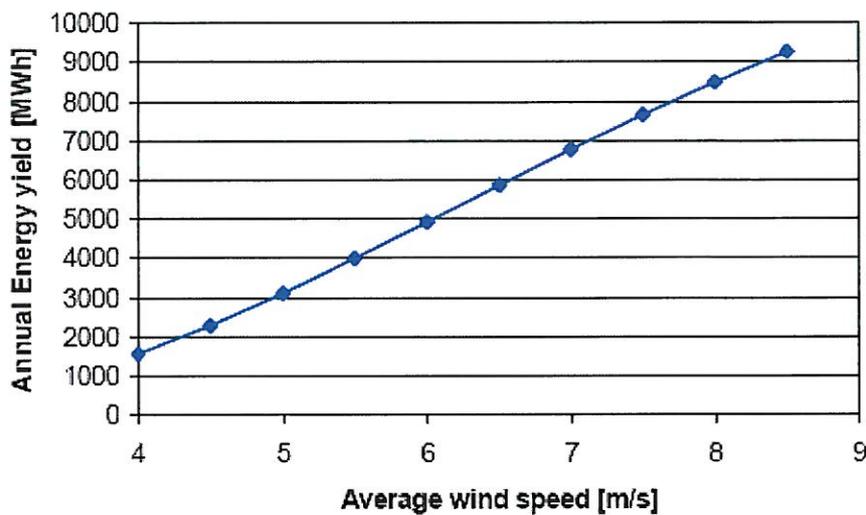


Figura 22: grafico relativo alla resa energetica di una singola turbina.

#### Dati relativi ad una turbina eolica

- ✓ Potenza nominale: 2.500 KW
- ✓ Diametro rotore: 100 m
- ✓ Angolo pale: regolabile attraverso il passa
- ✓ Velocità del vento nominale:  $\approx 13$  m/s

#### Determinazioni della verifica della curva di potenza

- ✓ Densità dell'aria: 1.225 Kg/m<sup>3</sup>
- ✓ Filtro di turbolenza:  $6\% \leq Tl \leq 12\%$
- ✓ Status segnale: pronto per l'operazione

REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO ATTIVITÀ PRODUTTIVE  
CATANZARO

Nella figura 23 è riportata la relativa curva di potenza.

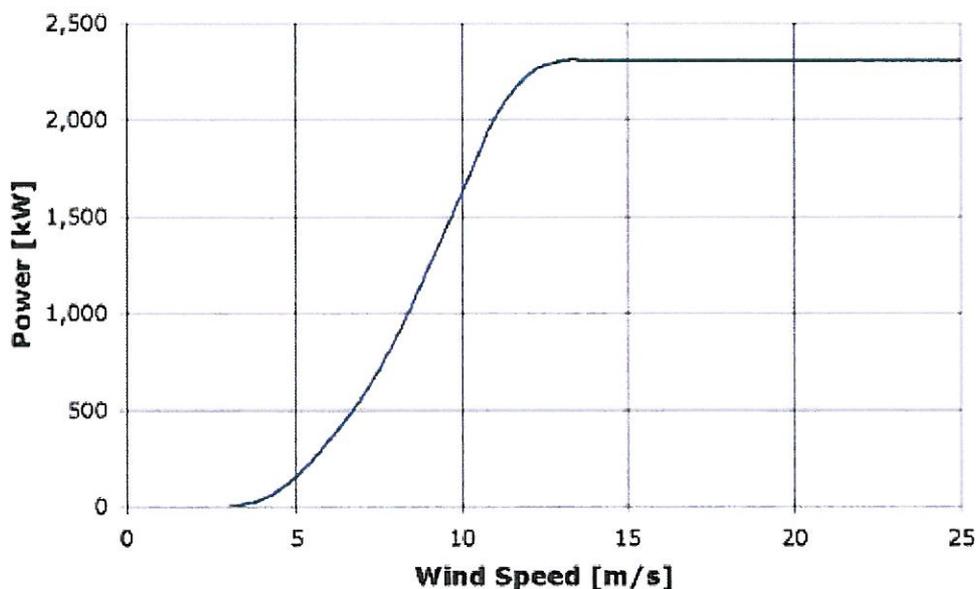


Figura 23: curva di potenza tipica.

Per la stima della producibilità dell’impianto proposto si rinvia allo studio delle potenzialità anemologiche del sito che, come prescritto dall’art. 4, punto 2, lettera f della L.R. 42/2008, sarà caratterizzato da misure anemometriche, da dimostrarsi attraverso la Denuncia di inizia Attività, di durata almeno annuale ed attestato da enti certificatori, tale da garantire una producibilità annua di almeno 1.800 ore equivalenti di vento.

La previsione di producibilità dell’impianto di 1800 ore equivalenti è ritenuta verosimile e considerata per i calcoli successivi. Tale risultato porta al seguente valore di Energia netta Annuale Producibile:

$$EAP = P \times Na = 1800 \times 90 = 162000,00 \text{ MWh}$$

In cui:

**EAP** = Energia netta Annuale Prodotta;

**P** = Producibilità media prevista (in MWh/MW);

**Na** = Totale MW installati;

Tale produzione di energia eolica corrisponde al consumo medio annuale di oltre **81.000** famiglie.

REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE  
CATANZARO

### 4.3. Impatti sull’ambiente

L’impatto ambientale associato all’esercizio delle centrali eoliche è correlato essenzialmente a:

- ✓ occupazione del territorio e impatto visivo;
- ✓ rumore;
- ✓ interferenze elettromagnetiche sulle telecomunicazioni;
- ✓ effetti sulla flora e sulla fauna.

In ogni caso, in una corretta visione globale e prospettica, il bilancio tra costi ambientali e benefici ambientali è da considerarsi positivo.

La valutazione di impatto ambientale deve essere valutata globalmente poiché la produzione di energia eolica sostituisce quella tradizionale, prodotta da centrali alimentate a carbone gasolio o nucleare, con il vantaggio di non provocare inquinamento ambientale (effetto serra) e radiazioni di alcun genere.

#### 4.3.1. Occupazione del territorio ed impatto visivo

L’occupazione del territorio e l’impatto visivo rappresentano sicuramente l’impatto più rilevante legato agli impianti eolici. Per attenuare tale effetto gli aerogeneratori saranno posizionati sul territorio a debita distanza tra loro e dagli insediamenti abitativi.

Il terreno che effettivamente viene occupato dalle macchine e dai servizi annessi (strade di collegamento, edifici per servizi, ecc.) è pari solo allo 0,7 % del territorio dei parchi eolici, essendo la restante parte richiesta solo per esigenze tecniche relative alla distanza tra gli aerogeneratori legate alla produttività dell’impianto.

In virtù di tali ragioni, il territorio occupato dai parchi eolici potrà continuare ad essere utilizzato per l’agricoltura e la pastorizia senza alcuna controindicazione.

L’impatto visivo non rappresenta un problema di valenza oggettiva quanto, piuttosto, di percezione ed integrazione complessiva del paesaggio.

REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE  
CATANZARO

Questo, in relazione alla realtà locale del territorio, può rappresentare una risorsa economica per la comunità, poiché la realizzazione di un paesaggio diviso tra quello tipico dei siti in cui si praticano l'agricoltura e quello suggestivo ed avveniristico che invece produce la presenza sul territorio di tecnologie all'avanguardia, può creare un percorso turistico alternativo.

Per favorire l'integrazione degli aerogeneratori nel paesaggio si impiegheranno torri tubolari che verranno colorate con colori neutri.

All'aspetto visivo dell'impianto è legato senz'altro il fattore ombra.

Come qualsiasi costruzione, una turbina eolica provoca ombre ma a differenza delle ordinarie costruzioni, esse provocano ombre mobili che dipendono fortemente dalle condizioni climatiche e dall'altitudine del sole.

Per proteggere le abitazioni più vicine dall'ombra mobile delle pale, si devono rispettare dei valori di soglia. Se le ombre dovessero durare molto tempo, è prevista la possibilità di accendere/spengere la turbina.

Nella figura 25 è rappresentata l'area massima che può essere interessata dall'ombra della turbina.

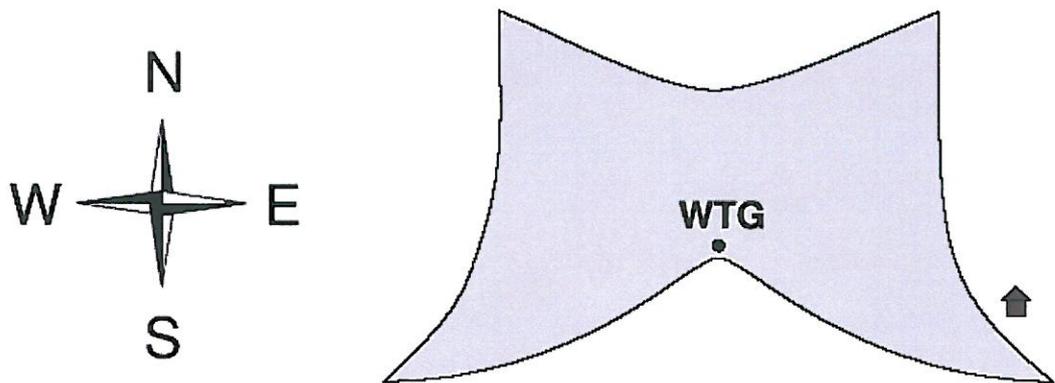


Figura 24: area massima interessata dall'ombra.

**La zona d'interesse non è abitata, per cui si può affermare che l'ondeggiare delle ombre non può arrecare disturbo agli abitanti.**

In figura 25 sono illustrate le lampade utilizzate nel progetto, funzionanti sia di giorno che di notte.

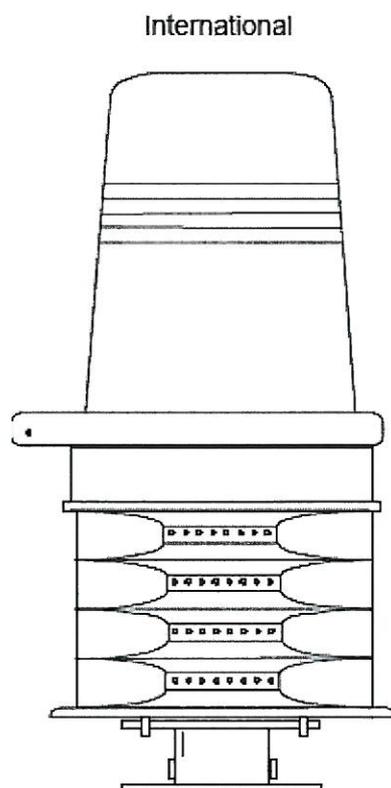


Figura 25: area massima interessata dall'ombra.

REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO REGIONALE  
CATASTRO  
CATASTRO PRODUTTIVE  
CATANZARO

#### 4.3.2. Rumore

Il rumore prodotto dagli aerogeneratori è quello generato dai componenti elettromeccanici e, soprattutto, dai fenomeni aerodinamici dovuti alla rotazione delle pale.

Il fenomeno risulta, tuttavia, di entità trascurabile poiché già a distanze dell'ordine di 50 m dall'installazione, il rumore prodotto risulta sostanzialmente indistinguibile dal rumore di fondo. In ogni caso, per contenerlo al minimo, verranno installate particolari pale ad inclinazione variabile in relazione alla direzione del vento.

A breve distanza dalle macchine il rumore che si percepisce è molto simile (come intensità) a quello di cui si è sottoposti in situazioni ordinarie che si vivono quotidianamente, come le vetture in movimento o in ufficio.

Il rumore generato da una fonte puntuale ha un'estensione sferica. L'energia del rumore decresce con il quadrato della distanza della fonte dal rumore. Nel caso di parchi eolici, dove esiste un certo numero di fonti sonore, le onde interferiscono tra di loro e la loro energia si somma. Il rumore è smorzato a causa dell'aria, alberi e costruzione tra la fonte del rumore e il punto d'impatto. Per una previsione dell'impatto sonoro si trascura lo smorzamento, ponendosi così nella condizione più sfavorevole.

In ogni caso, si è posta attenzione al controllo del fenomeno laddove l'ubicazione degli aerogeneratori ricadesse in prossimità dei centri abitati.

Il valore caratteristico del rumore generato da una turbina è il livello acustico all'altezza del mozzo della turbina ad una velocità del vento di 8 – 10 m/s (velocità del vento misurata ad un'altezza di 10 m).

Questo valore deve rispettare i valori di soglia indicati nella legislazione vigente. A tale proposito si indicano: il D.P.C.M. del 14/11/1997, art. 6, comma 1, lettera a), della legge 26 ottobre 1995, n. 447 e il D.P.C.M. 1 marzo 1991.

**Dai calcoli e dalle verifiche effettuate e risultanti dalla relazione sugli effetti acustici, i valori limite di cui sopra sono ampiamente rispettati.** Per maggiori approfondimenti si rimanda all'allegato ”*Studio di compatibilità acustica*”

#### 4.3.3. Effetti elettromagnetici

I livelli di esposizione della popolazione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici sono aumentati con continuità ed in misura considerevole negli ultimi decenni. Ciò ha portato vari paesi industrializzati, compresi l'Italia, a svolgere una vasta attività di ricerca, volta alla definizione dei meccanismi biofisici di interazione ed alla descrizione dei principali effetti biologici e sanitari.

Il Parlamento ha approvato il 14 febbraio 2001 la nuova “legge quadro sulla protezione delle esposizioni a campi elettrici magnetici ed elettromagnetici” che definirà la nuova normativa in ambito nazionale.

Come tutti i dispositivi elettrici, la turbina eolica emette radiazioni elettromagnetiche.

Considerata l'elevata distanza dalla costruzione più vicina (500 m) e in virtù del fatto che il campo magnetico decresce in maniera esponenziale con la distanza, il problema riguarda solo marginalmente

gli impianti eolici. In ogni caso, il costruttore garantisce il rispetto degli standard applicabili in tale ambito con l’apposizione sulla macchina del marchio CE.

**Inoltre nell’area di installazione degli impianti non vi saranno linee aeree di trasmissione bensì linee interrate di media tensione.**

Per maggiori approfondimenti si rimanda alla relazione “*Valutazione dell’esposizione ai campi magnetici*”.

#### 4.3.4. Interferenze elettromagnetiche sulle telecomunicazioni

I risultati delle ricerche su questo tema hanno dimostrato che è possibile evitare del tutto le interferenze sulle telecomunicazioni con opportuni accorgimenti legati alla distanza di installazione dei gruppi aerogeneratori.

Difatti, per disturbi che riguardano gli apparecchi riceventi domestici, questi non si rilevano già per una distanza di qualche decina di metri, mentre per i trasmettitori/ripetitori televisivi e radiofonici si ritiene che una distanza di qualche chilometro sia sufficiente per escludere qualsiasi tipo di disturbo ma, in ogni caso, opportuni accorgimenti sulla scelta delle frequenze di trasmissione possono senz’altro evitare l’interferenza.

#### 4.3.5. Effetti sulla flora e sulla fauna

Per quanto riguarda la flora, dalle esperienze maturate in Paesi con elevata diffusione degli impianti eolici, non è riscontrabile alcun effetto distruttivo.

La fauna ed i volatili in particolare potrebbero risentire degli effetti dovuti alla presenza dei generatori eolici. Il monitoraggio delle sedi di parchi eolici già costruiti hanno dimostrato, tuttavia, che l’adattamento della fauna avviene molto rapidamente.

**I dati sperimentali, rilevati a proposito, mostrano che i danni prodotti, confrontati con altre opere (autostrade, linee elettriche ad alta tensione), sono del tutto accettabili**

REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE  
CATANZARO

#### 4.3.6. Altri impatti

##### Gelivazione

La turbina deve essere bloccata nel caso di condizioni climatiche tali da provocare il fenomeno di gelivazione (lancio del ghiaccio dalle pale durante la rotazione), a cui sono interessati gli oggetti compresi in un raggio di 1.5 volte la somma dell’altezza del mozzo e del diametro.

Tre sono le azioni adottate per la prevenzione di tale fenomeno:

- ✓ Si analizza la risposta del sistema in base alle caratteristiche di performance. Il sistema di controllo confronta continuamente i valori della potenza reale con la curva di potenza. Qualora vi fosse uno scostamento tra i due valori per più di 2 minuti la turbina sarebbe immediatamente arrestata, fino all’attivazione manuale da parte della manutenzione;
- ✓ Vi è il riconoscimento immediato delle vibrazioni, dovute ad una crescita delle sollecitazioni sulle pale. Nel momento in cui le vibrazioni superano i limiti prestabiliti, la turbina è bloccata e attivata solo manualmente;
- ✓ La situazione climatica è continuamente registrata da strumenti di misura, mantenuti alla temperatura necessaria per il loro funzionamento. Inoltre, un sensore del ghiaccio misura la temperatura e l’umidità relativa nell’ambiente: nel caso in cui raggiungono certi valori, la turbina è arrestata dal sistema di controllo.

In definitiva, nel caso in cui le misurazioni effettuate inneschino nel sistema di controllo l’allarme del verificarsi del fenomeno, la turbina si arresta immediatamente. Se la situazione di allarme dovesse aggravarsi, la presenza di sincronizzatori assicura il bloccaggio dello start-up automatico della turbina.

Ogni spegnimento e riavvio della turbina è registrato in una “lista di allarme” del sistema di controllo conservata e impiegata per prove future.

In ogni caso, nella zona immediatamente vicina alle turbine vengono apposti dei segnali o appositi adesivi di allerta.

##### Consumi

La turbina eolica consuma potenza per il sistema di controllo, per le pompe idrauliche, etc. In condizioni di vento debole tale potenza è assorbita dalla rete pubblica. Il consumo medio annuale di potenza per una turbina eolica ammonta a 0.1- 0.5 % della sua produzione annuale. Il consumo è

fortemente dipendente dalle condizioni del vento del singolo sito.

#### Clima

**Non si attendono cambiamenti nel microclima locale a causa della presenza delle turbine eoliche.** Da un punto di vista generale, si può affermare che questo tipo di sistema combatte l'effetto serra, in quanto è un sistema di creazione dell'energia a differenza di molti altri in cui non si produce CO<sub>2</sub>.

#### Aria

**Per quanto riguarda la qualità dell'aria, non possono che essere notati esclusivamente aspetti positivi. A differenza delle stazioni di potenza convenzionali non è generata aria sporca.** Infatti non vengono emessi gas con impatto sull'inquinamento (es. CO<sub>2</sub>).

#### Materie prime

**Per la generazione di energia non c'è bisogno né di materia prima, né di materiale riciclato.** L'unico materiale che viene modificato ad intervalli più o meno regolari è il lubrificante. L'operazione è completamente trascurabile rispetto ai livelli di potenza prodotti.

#### Acqua

L'acqua non è utilizzata nella gestione dell'impianto. Sono completamente escluse perdite di olio da qualsiasi componente della turbina grazie ad una serie di sistemi di sicurezza, richiamati precedentemente. **Questi sistemi sono talmente affidabili da scongiurare qualsiasi rischio sia per le acque superficiali che per le falde.**

REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE  
CATANZARO

#### 4.4. Valutazione dei residui e delle emissioni ed eventuale dismissione e/o bonifica del sito

##### 4.4.1. Rifiuti generati durante l’installazione dell’impianto

Nella tabella seguente è riportata una stima del quantitativo massimo di rifiuti generati durante l’installazione del sito. Nella tabella 20 sono riportati i valori unitari, per singola turbina e i valori totali per l’intero parco eolico.

RIFIUTI NELLA FASE DI INSTALLAZIONE	QUANTITA' PER SINGOLA TURBINA	UNITA' DI MISURA	QUANTITA' TOTALE (per 36 turbine)	UNITA' DI MISURA
fogli di PE	25	mq	900	mq
cartone	50	mq	1800	mq
rimanenze di cartastracci per la pulizia	50	mq	1800	mq
legno	15	kg	540	kg
styropor	2	mc	72	mc
tappeto	5	kg	180	kg
rimanenze di cavi	10	kg	360	kg
rimanenze di collegamenti dei cavi	1	kg	36	kg

**Tabella 19:: quantitativo massimo di rifiuti prodotti.**

Dall’identificazione delle categorie di rifiuti, ai sensi dell’articolo 7 del D.L. 05/02/1997, n. 2 (Ronchi), i rifiuti prodotti sono classificabili come rifiuti speciali non pericolosi.

**Tutti i rifiuti accumulati durante la fase di costruzione del sito delle turbine eoliche saranno racchiusi in un container e presi in carico da una ditta specializzata per il deposito.**

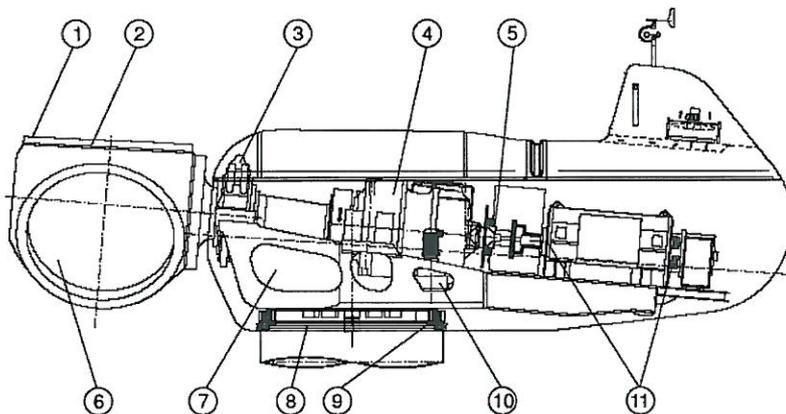
##### 4.4.2. Rifiuti generati durante il funzionamento dell’impianto

Durante il funzionamento dei sistemi di produzione di energia eolica si producono rifiuti strettamente legati alla fase di esercizio stessa. I rifiuti predominanti sono:

- ✓ filtro dell’olio
- ✓ filtro dell’acqua
- ✓ guarnizioni
- ✓ pastiche freni
- ✓ grasso residuo
- ✓ olio di lavaggio
- ✓ contenitori vuoti di olio e di grasso
- ✓ materiali d’imballaggio
- ✓ stracci per la pulizia
- ✓ accumulatori
- ✓ spazzole di carbone

Tra questi l’olio ricopre un ruolo fondamentale. Fortunatamente questo tipo di rifiuto non è prodotto in maniera continua, ma solo quando i test di controllo di qualità lo richiedono. Qualora dai suddetti test si evinca la necessità di effettuare il cambio dell’olio, questo sarà affidato ad una ditta specializzata per il deposito, a fronte delle opportune autorizzazioni.

Di seguito sono riportate le tipologie di olio, grasso e refrigeranti che rappresentano un pericolo per la contaminazione delle acque. Nella tabella 21 si definiscono i componenti in cui vengono impiegati, la quantità e la classificazione sulla pericolosità di contaminazione dell’acqua (WDC: Water Danger Classification) e la classificazione sul livello di pericolosità delle sostanze.



REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE  
CATANZARO

1	Pitch bearings - raceway	<i>Mobilith SHC 460</i>	Grease	3 x 4.9 kg	2	-*
2	- toothings	<i>Ceplattyn BL</i>	Grease	approx. 0.5 kg	1	-
3	Main bearing	<i>Mobilith SHC 460</i>	Grease	approx. 30 kg	2	-
4	Gear box	<i>Mobilgear XMP 320</i>	Mineral oil	360 l	1	-
5	Safety coupling	<i>Mobil DTE 24</i>	Mineral oil	< 0,5 l	1	-
6	Blade pitching gear boxes	<i>Mobil SHC 629</i>	Synthetic oil	3 x 11 l	1	-
7	Hydraulic system	<i>Mobil DTE 24</i>	Mineral oil	approx. 45 l	1	-
8	Yaw bearing - Bearing	<i>Mobilith SHC 460</i>	Grease	3,8 kg	2	-
9	- Toothings	<i>Ceplattyn BL</i>	Grease	approx. 0.5 kg	1	-
10	Yaw gear box	<i>Mobil SHC 629</i>	Synthetic oil	2 x 31 l	1	-
11	Generator bearing	<i>Mobilith SHC 100</i>	Grease	approx. 0.3 kg	1	-
12	Cooling systems	<i>Varidos FSK 45</i>	Cooling liquit**	approx. 100 l	1	Xn
13	Transformer if supplied by NORDEX	<i>Nyro 10 GBN</i>	Transformer oil	1035 kg	1	-

**Tabella 20: oli, grassi e refrigeranti utilizzati**

E' stato verificato che non sussiste alcun pericolo di contaminazione accidentale di oli e grassi, poiché sono stati adottate una serie di misure preventive, nell'ottica di una sicura protezione dell'ambiente. Di seguito vengono descritti i componenti che prevedono l'utilizzo di grassi, oli e refrigeranti.

*Differenziale passo pale:*

E' posizionato all'interno del mozzo e ruota con il rotore; un sistema a doppia guarnizione impedisce la fuoriuscita dell'olio dal moltiplicatore. In caso accidentale l'olio rimane nel mozzo a causa della forma e dell'inclinazione del mozzo. L'olio non uscirà se non aprendo il mozzo.

*Cuscinetti passo pale:*

Le piste di cuscinetti sono lubrificati con grasso. Un sistema di guarnizioni evita la fuoriuscita del grasso. Nel caso di un eccesso di grasso nei cuscinetti esso rimane all'interno del mozzo. Gli ingranaggi sono lubrificati con grasso ad alta viscosità e anti-dropping, rimando completamente attaccato agli ingranaggi e non avendo la minima possibilità di fuoriuscire.

**REGIONE CALABRIA**  
**ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE**  
**CATANZARO**

*Cuscinetti principali:*

Il sistema di guarnizioni dei cuscinetti principali è fatto in modo che il grasso fuoriesca e vada a finire direttamente in un contenitore (c. 10-25l) da cui viene rimosso durante il servizio.

*Moltiplicatore:*

E' dotato di un sistema di guarnizioni non abrasive e antiusura. In caso accidentale di fuoriuscita dell'olio esso verrà bloccato in un contenitore (nella piattaforma più alta della torre). Anche l'olio del sistema di raffreddamento sarà bloccato qui.

*Cuscinetti generatore:*

Lubrificati con grasso e utilizzo di un sistema di guarnizioni di alta qualità. Se questo ultimo venisse danneggiato il grasso rimarrebbe nella navicella e tolto durante il servizio.

*Sistema idraulico:*

E' posizionato sopra il contenitore dell'olio della torre ed è in grado di contenere eventuali perdite di olio.

*Differenziale sistema di orientamento:*

Anche in questo caso sono impiegate guarnizioni di alta qualità. In caso di fuoriuscita dell'olio esso rimane all'interno della navicella/ torre.

*Cuscinetti sistema di Orientamento:*

Essi sono lubrificati con grasso e sistema di guarnizione per prevenire la fuoriuscita. Gli ingranaggi sono lubrificati con grasso ad alta viscosità e anti-dropping che non hanno la possibilità di fuoriuscire.

*Torre:*

La piattaforma più alta della torre è progettata come piattaforma a prova di olio. Il volume di questa piattaforma è minimo 630l.

Per quanto riguarda il refrigerante, il sistema di raffreddamento ha bisogno di 78 l di liquido

refrigerante, per turbina. Nel convertitore sono utilizzati circa 25 l si tratta di una miscela costituita dal 45% di Varidos e 55% di acqua.

**Il liquido refrigerante è bloccato nello stesso contenitore dell’olio impiegato per la lubrificazione del moltiplicatore.**

#### 4.5. Emissioni evitate

La produzione di energia elettrica mediante combustibili fossili comporta l’emissione di sostanze inquinanti e di gas serra.

Tra questi ultimi il più rilevante è la CO<sub>2</sub> (biossido di carbonio o anidride carbonica), il cui progressivo incremento nell’atmosfera può contribuire al temuto effetto serra, che secondo alcuni studiosi potrebbe causare drammatici cambiamenti climatici, con inestimabili danni per l’umanità.

La SO<sub>2</sub> (biossido di zolfo o anidride solforosa) e gli NO<sub>x</sub> (ossidi di azoto) sono estremamente dannosi sia per la salute umana che per il patrimonio storico e naturale.

Il livello delle emissioni dipende, naturalmente, dal combustibile e dalla tecnologia di combustione e controllo dei fumi.

Se si assumono come valori specifici delle principali emissioni associate alla generazione elettrica (dati IEA):

✓	CO <sub>2</sub>	1.000 g/kWh
✓	SO <sub>2</sub>	1,4 g/kWh
✓	NO <sub>x</sub>	1,9 g/kWh

Facendo riferimento ora, alla previsione di producibilità elettrica del sito in esame pari a circa 162.000 MWh/anno, risulta chiaro che verranno evitate la produzione di:

- 162000 t/anno di CO<sub>2</sub> (anidride carbonica)
- 227 t/anno di SO<sub>2</sub> (anidride solforosa)
- 308 t/anno di NO<sub>2</sub> (ossidi di azoto)

REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE  
CATANZARO

Lo sviluppo del settore eolico per quanto sin qui detto è quindi fortemente auspicabile, in quanto, oltre ad essere economicamente competitiva, la fonte eolica può sostituire le tecnologie tradizionali di generazione elettrica ad impatto ambientale elevato, con una fonte rinnovabile ad impatto zero rispetto alle emissioni, essendo trascurabili tutti gli impatti negativi analizzati in precedenza. Le turbine eoliche trasformano l'energia cinetica del vento in energia elettrica.

**La fonte eolica risulta essere, pertanto, la fonte energetica che può fornire il maggior contributo in termine di riduzione delle emissioni, di protezione della salute collettiva e salvaguardia delle ricchezze storiche ed architettoniche aggredite dagli inquinamenti prodotti dalla combustione di idrocarburi.**

#### **4.6. Dismissione dell'opera**

La durata dell'impianto sarà di circa 25 anni al termine dei quali si procederà allo smantellamento. Si tratta di un'operazione sostanzialmente opposta alla costruzione, per cui le fasi temporali sono rovesciate rispetto alla costruzione stessa.

Le pale saranno smontate e potranno eventualmente essere sezionate in modo da poter } essere trasportate con autocarri ordinari.

Successivamente si procederà allo smontaggio della navicella e della torre. Le fondazioni saranno demolite solo per il tratto interessante una profondità massima di 1,50 m coincidente con la dimensione verticale della gabbia di aggancio fondazione-torre e successivamente ricoperte di terra in modo da consentire le operazioni e attività agricole. Seguirà la ripiantumazione delle superfici occupate.

Si procederà inoltre alla demolizione della cabina di controllo e della stazione di trasformazione e consegna (stazione utente) con ripristino del suolo occupato, allo smantellamento dei cavidotti mediante dissotterramento e ripristino dei siti.

Nella tabella seguente sono elencati i componenti, i materiali, i volumi e le masse stimate relative allo smantellamento di una singola turbina.

REGIONE CALABRIA  
ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE  
CATANZARO

Rotor	GRP	24.9 t	30.6 t	without lightning protection
Nacelle	steel	c. 100.0 t	c. 100.0 t	incl. hub, blade bearing, etc.
	copper	8.0 t	8.0 t	
	GRP	1.7 t	1.7 t	
Tower (according to tower height and type)	steel approx.	160-180 t	180, 330 t	
	aluminium	4-6 t	4-8 t	
Electrical parts	electrical scrap	2.2 t	2,2 t	
Foundation (according to tower height and type)	reinforced concrete	104-220 m <sup>3</sup>	220-250 m <sup>3</sup>	the foundation must be cleared away up to 1 m under the soil
Cables (according to tower height)	copper	5.5-8.0 t	5.5-8.0 t	incl. cables of the tower and to transformer station
Transformer station	concrete	10 t	10 t	
	electrical scrap	5 t	5 t	
Crane area, roads	gravel	750 m <sup>3</sup>	750 m <sup>3</sup>	The volumes and masses are depending on the site's condition

**Tabella 21: componenti, materiali, volumi e masse relative allo smantellamento di una singola turbina tipo.**

Il Tecnico  
 Arch. Rocco Cristofaro

**REGIONE CALABRIA**  
**ASSESSORATO ATTIVITA' PRODUTTIVE**  
**CATANZARO**