

**PROGETTO DEFINITIVO  
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO  
RICADENTE NEL COMUNE DI FERRANDINA (MT)  
IN LOCALITA' SERRA S. PIETRO ED  
OPERE DI CONNESSIONE NEL COMUNE DI GARAGUSO (MT)**



**Tecnico**

ing. Danilo Pomponio

Via Napoli, 363/I - 70132 Bari - Italy  
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net  
tel. (+39) 0805046361 - fax (+39) 0805619384

Azienda con Sistema di Gestione Certificato  
**UNI EN ISO 9001:2015**  
**UNI EN ISO 14001:2015**  
**UNI ISO 45001:2018**

**Collaborazioni**

ing. Milena Miglionico  
ing. Antonio Crisafulli  
ing. Tommaso Mancini  
ing. Giovanna Scuderi  
ing. Dionisio Staffieri  
ing. Giuseppe Federico Zingarelli

**Responsabile Commessa**

ing. Danilo Pomponio

ELABORATO		TITOLO	COMMESSA	TIPOLOGIA		
<b>V08</b>		<b>VALUTAZIONE RISORSA EOLICA E ANALISI DI PRODUCIBILITA'</b>	<b>21062</b>	<b>D</b>		
			CODICE ELABORATO			
			<b>DC21062D-V11</b>			
REVISIONE	<b>00</b>	Tutte le informazioni tecniche contenute nel presente documento sono di proprietà esclusiva della Studio Tecnico BFP S.r.l e non possono essere riprodotte, divulgate o comunque utilizzate senza la sua preventiva autorizzazione scritta. All technical information contained in this document is the exclusive property of Studio Tecnico BFP S.r.l. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. (art. 2575 c.c.)	SOSTITUISCE	<b>SOSTITUITO DA</b>		
			-	-		
			NOME FILE	PAGINE		
			<b>DC21062D-V08.doc</b>	<b>10 + copertina + 9 (allegato)</b>		
REV	DATA	MODIFICA	Elaborato	Controllato	Approvato	
00	31/07/21	Emissione	Crisafulli	Miglionico	Pomponio	
01						
02						
03						
04						
05						
06						

## INDICE

1. PREMESSA .....	2
2. OGGETTO .....	2
3. CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPO EOLICO .....	2
4. CARATTERISTICHE DELL'AEROGENERATORE .....	3
5. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO .....	4
5.1 Orografia.....	4
5.2 Rugosità	6
6. ARCHIVIO DATI ANEMOMETRICI DI RIANALISI .....	7
7. METODO DI CALCOLO DELLA PRODUCIBILITÀ ELETTRICA DELL'AEROGENERATORE .....	8
8. CONSIDERAZIONI E RISULTATI DEI CALCOLI DI PRODUCIBILITÀ.....	10
9. ALLEGATO: REPORT DI CALCOLO WINDPRO.....	10

## **1. PREMESSA**

La presente relazione tecnica è relativa alla redazione del progetto per la realizzazione di un parco eolico proposto dalla società **SORGENIA RENEWABLES S.r.l.**

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 11 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 4,8 MW per una potenza complessiva di 52,8 MW, da realizzarsi nella Provincia di Matera, nel territorio comunale di Ferrandina (MT), in cui ricadono gli aerogeneratori e parte dell'elettrodotto esterno, la restante parte dell'elettrodotto esterno attraversa i territori comunali di San Mauro Forte, di Salandra e di Garaguso, in quest'ultimo comune ricadono anche le opere di connessione alla RTN.

## **2. OGGETTO**

Oggetto della presente è la valutazione della risorsa eolica e stima della producibilità elettrica relativa ad un nuovo impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica della potenza di 52,8 MW, equivalenti all'installazione di n. 11 aerogeneratori della potenza nominale pari a 4,8 MW, nel territorio comunale di Ferrandina (MT), in cui ricadono gli aerogeneratori e parte dell'elettrodotto esterno, la restante parte dell'elettrodotto esterno attraversa i territori comunali di San Mauro Forte, di Salandra e di Garaguso.

Gli impianti ed opere da eseguire sono quelli sinteticamente sotto raggruppati:

- rete di distribuzione interna a MT (30 kV) in cavo interrato per la interconnessione degli aerogeneratori costituenti il parco eolico e per la connessione degli stessi alla sottostazione di trasformazione AT/MT;
- sottostazione di trasformazione AT/MT sita nei pressi del punto di consegna AT;
- raccordo AT (150 kV) dalla sottostazione di trasformazione al punto di consegna AT;
- rete di monitoraggio in fibra ottica tra le torri eoliche e la sottostazione.
- impianti di messa a terra.
- opere civili per l'installazione e l'esercizio del parco eolico.

## **3. CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPO EOLICO**

L'impianto eolico per la produzione di energia elettrica avrà le seguenti caratteristiche generali:

- ♦ n° 11 aerogeneratori della potenza massima di 4,8 MW ciascuno (valore depotenziato rispetto al generatore originario da 6 MW) ed avente generatore di tipo asincrono, con diametro del rotore pari a 170 m, altezza mozzo pari a 115 m, per

un'altezza massima al tip (punta della pala) pari a 200 m, comprensivi al loro interno di cabine elettriche di trasformazione BT/MT;

- ◆ rete elettrica interrata a 30 kV per l'interconnessione tra gli aerogeneratori e la sottostazione;
- ◆ n° 1 sottostazione elettrica di trasformazione AT/MT nei pressi della stazione elettrica (SE) Terna S.p.A. a 150 kV (punto di consegna previsto);
- ◆ raccordo AT 150 kV tra la sottostazione e il punto di consegna nella stazione TERNA;
- ◆ rete telematica di monitoraggio in fibra ottica per il controllo dell'impianto eolico mediante trasmissione dati via modem o satellitare.

#### **4. CARATTERISTICHE DELL'AEROGENERATORE**

In particolare, trattasi di aerogeneratori trifase con potenza massima di 4800 kW e tensione nominale di 690 V.

Le pale della macchina sono fissate su un mozzo e nell'insieme costituiscono il rotore che ha diametro massimo di 170 m: il mozzo a sua volta viene collegato ad un sistema di alberi e moltiplicatori di giri per permettere la connessione al generatore elettrico, da cui si dipartono i cavi elettrici di potenza, in bassa tensione verso il trasformatore MT/BT.

Tutti i componenti su menzionati, ad eccezione del rotore, sono ubicati in una cabina, detta navicella, la quale a sua volta, è posta su un supporto cuscinetto in modo da essere facilmente orientabile secondo la direzione del vento. L'intera navicella (realizzata in materiale plastico rinforzato con fibra di vetro) viene posta su di una torre tronco-conica tubolare.

Oltre ai componenti prima detti, vi è un sistema di controllo che esegue diverse funzioni:

- ✓ il controllo della potenza, che viene eseguito ruotando le pale intorno al proprio asse principale in maniera da aumentare o ridurre la superficie esposta al vento, in base al profilo delle pale;
- ✓ il 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;
- ✓ l'avviamento della macchina allorché è presente un vento di velocità sufficiente, e la fermata della macchina, quando vi è un vento di velocità superiore a quella massima per la quale la macchina è stata progettata.

L'intera navicella viene posta su di una torre avente forma conica tubolare. La velocità del vento di avviamento è la minima velocità del vento che dà 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 *Cut-out wind speed* (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.

**Tabella 1 – Scheda tecnica dell'aerogeneratore tipo**

ROTORE	Diametro max	170 m
	Area spazzata max	22.698 m <sup>2</sup>
	Numero di pale	3
	Materiale	GRP (CRP) materiale plastico rinforzato con fibra di vetro
	Velocità nominale	8.5 giri/min
	Senso di rotazione	orario
	Posizione rotore	Sopra vento
TRASMISSIONE	Potenza massima	4.800 kW (depotenziato)
SISTEMA ELETTRICO	Tipo generatore	Asincrono a 4 poli, doppia alimentazione, collettore ad anelli
	Classe di protezione	IP 54
	Tensione di uscita	690 V
	Frequenza	50 Hz
TORRE IN ACCIAIO	Altezza al mozzo (in ogni caso non si supererà l'altezza complessiva di 150 m)	115 m
	Numero segmenti	3
SISTEMA DI CONTROLLO	Tipo	Microprocessore
	Trasmissione segnale	Fibra ottica
	Controllo remoto	PC-modem, interfaccia grafica

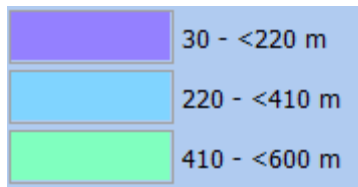
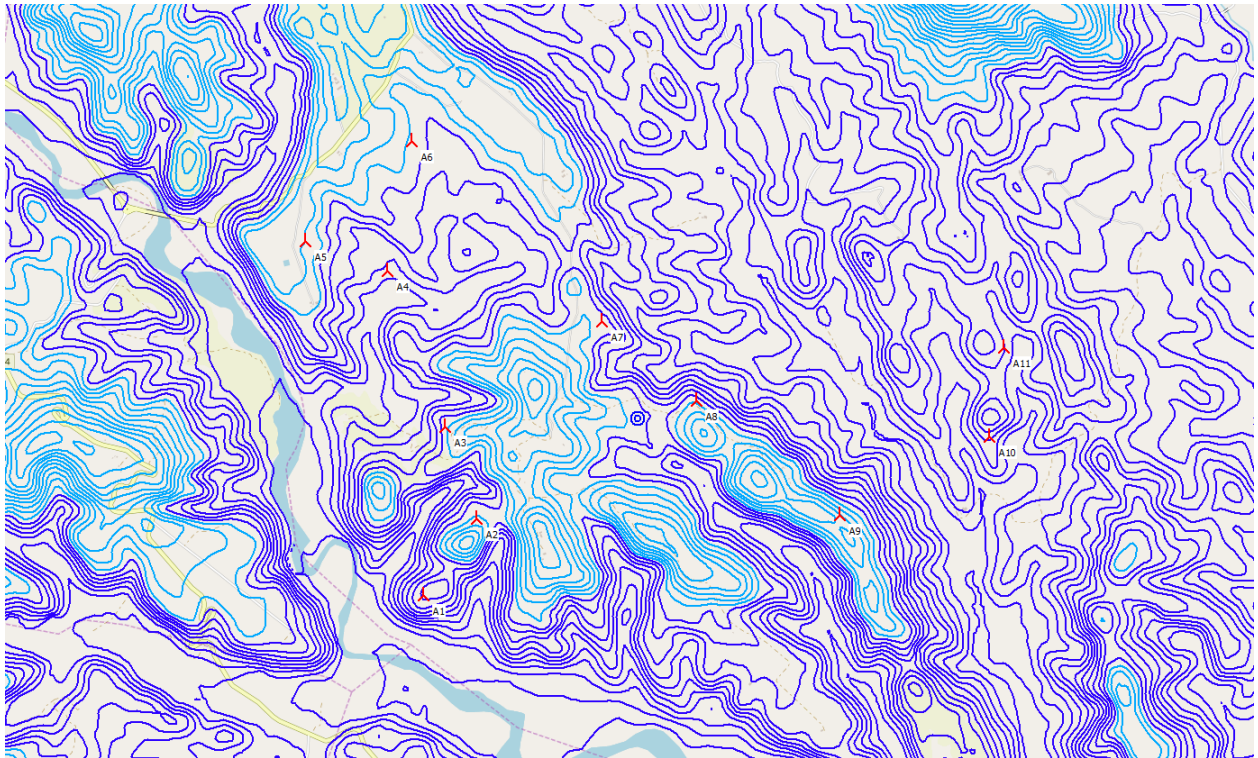
## 5. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO

### 5.1 Orografia

Il sito di interesse (in località Serra San Pietro) si trova a circa 7 km a SudOvest rispetto al centro abitato di Ferrandina. Le quote altimetriche dell'area variano orientativamente tra 160 e 240 m s.l.m., con una orografia non particolarmente complessa, caratterizzata dalla presenza di

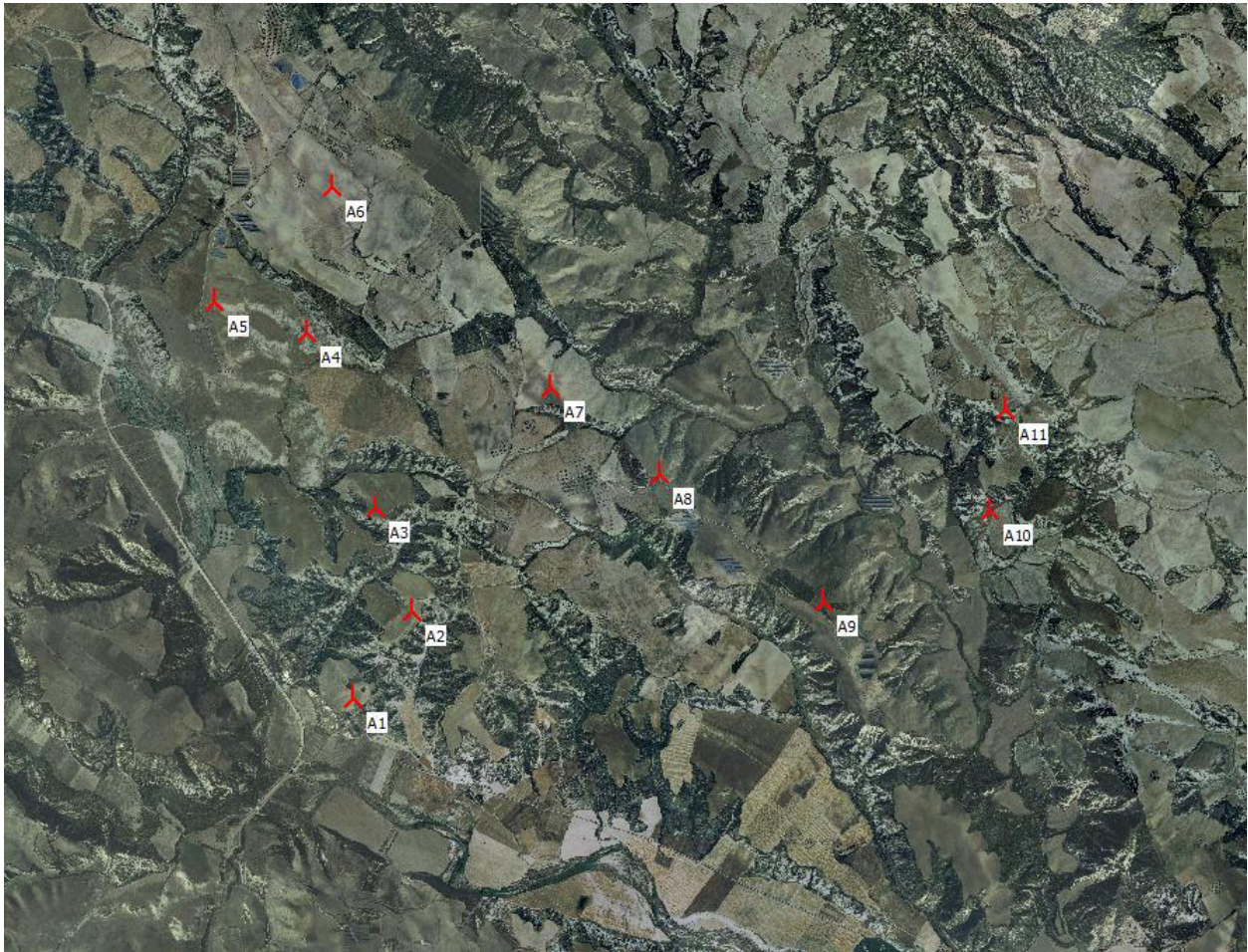
alture e avvallamenti. L'intera zona è caratterizzata da una buona ventosità, in parte influenzata dalle caratteristiche orografiche.

Di seguito alcune immagini rappresentative delle caratteristiche orografiche e di uso del suolo.



**Figura 1 - Orografia del sito di installazione del parco eolico (curve di livello colorate, ogni 10 m). Quote crescenti dai colori scuri verso quelli chiari**





**Figura 2 – Ubicazione del parco eolico su ortofoto.**

Le caratteristiche orografiche del sito lasciano presupporre una buona esposizione ai venti, condizionati dalla conformazione del suolo, con eventuali correnti provenienti dalle vallate circostanti.

## **5.2 Rugosità**

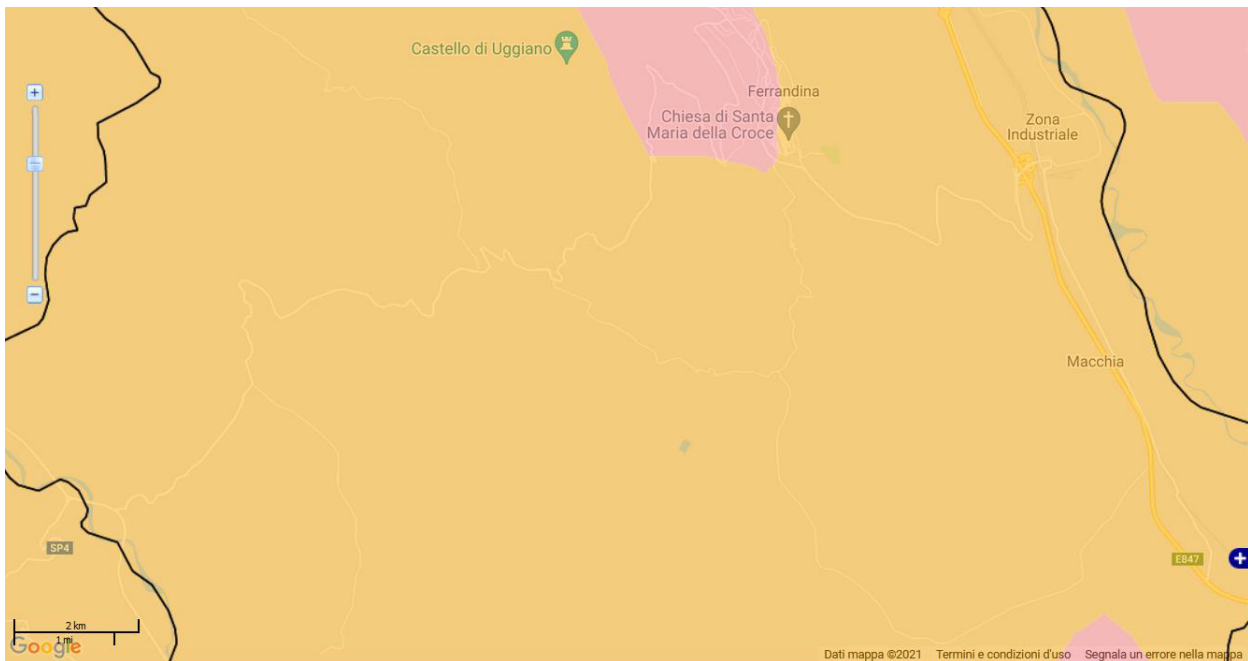
Tutta l'area è caratterizzata dalla presenza di aree a seminativo, intervallate da zone anche fittamente alberate. Nell'ottica di elaborare uno studio preliminare, nel documento fornito è stata assunta una rugosità di base di classe 1,5 perimetrando però le zone alberate e soprattutto i centri abitati, assegnando valori di rugosità più elevati, compresi tra 2,5 e 3,5. Infatti in genere l'area di influenza dei valori di rugosità, ai fini delle stime anemologiche, è pari ad un raggio di circa 10 km dal sito di interesse.

## 6. ARCHIVIO DATI ANEMOMETRICI DI RIANALISI

Le valutazioni anemologiche e le stime di producibilità dell’impianto in oggetto sono state effettuate utilizzando dati di rianalisi di terza generazione (derivati da un modello di calcolo basato su rilievi atmosferici) recuperati da archivi accessibili dal software utilizzato (WindPro ver. 3.4). In particolare è stata utilizzata la serie di dati CFSR ubicata a circa 10 km a ovest del parco eolico, basata su elaborazioni relative al periodo dal 1979 al 2010 (<https://climatedataguide.ucar.edu/reanalysis/climate-forecast-system-reanalysis-cfsr>).

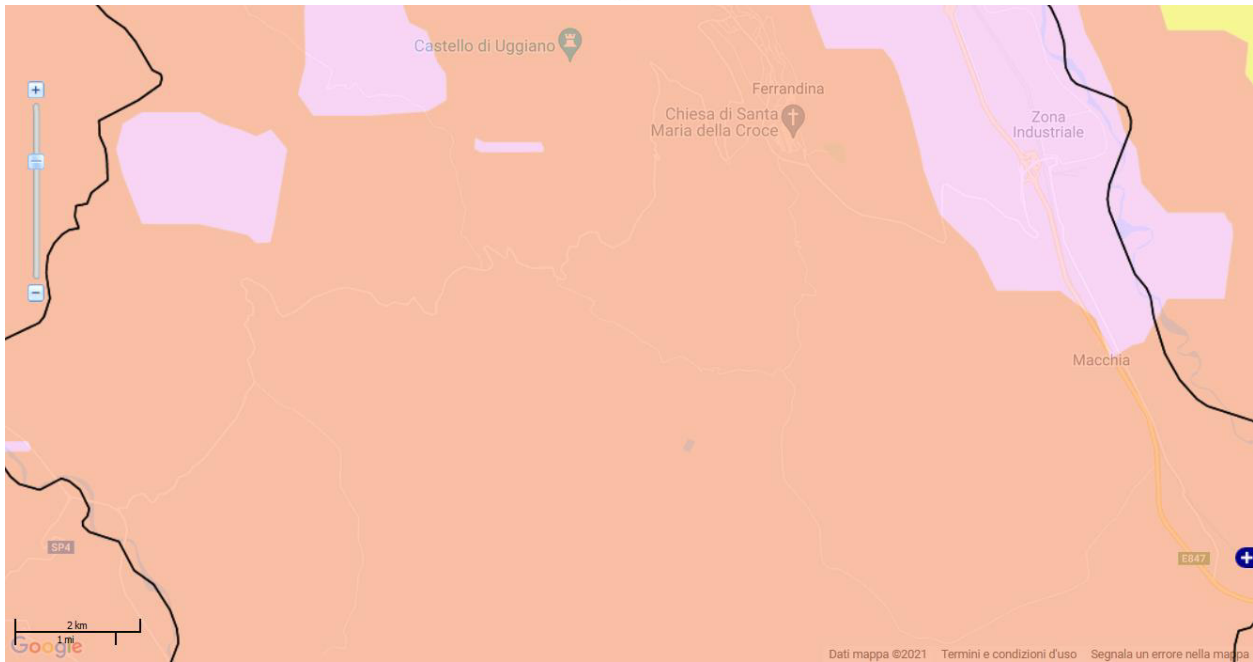
Tramite il software Windpro ver. 3.4 è stata elaborata la relativa statistica del vento, che poi è stata riportata, sempre attraverso il medesimo programma, alle condizioni specifiche del sito di installazione del parco eolico, come descritto nel paragrafo successivo.

Si riporta di seguito anche uno stralcio dell’Atlante Eolico interattivo italiano, pubblicato sul sito RSE (Ricerca sul Sistema Energetico - RSE S.p.A), per la zona di interesse:



**Figura 3 – velocità media del vento ad altezza 100 m dal suolo: colore giallo = da 6 a 7 m/s**





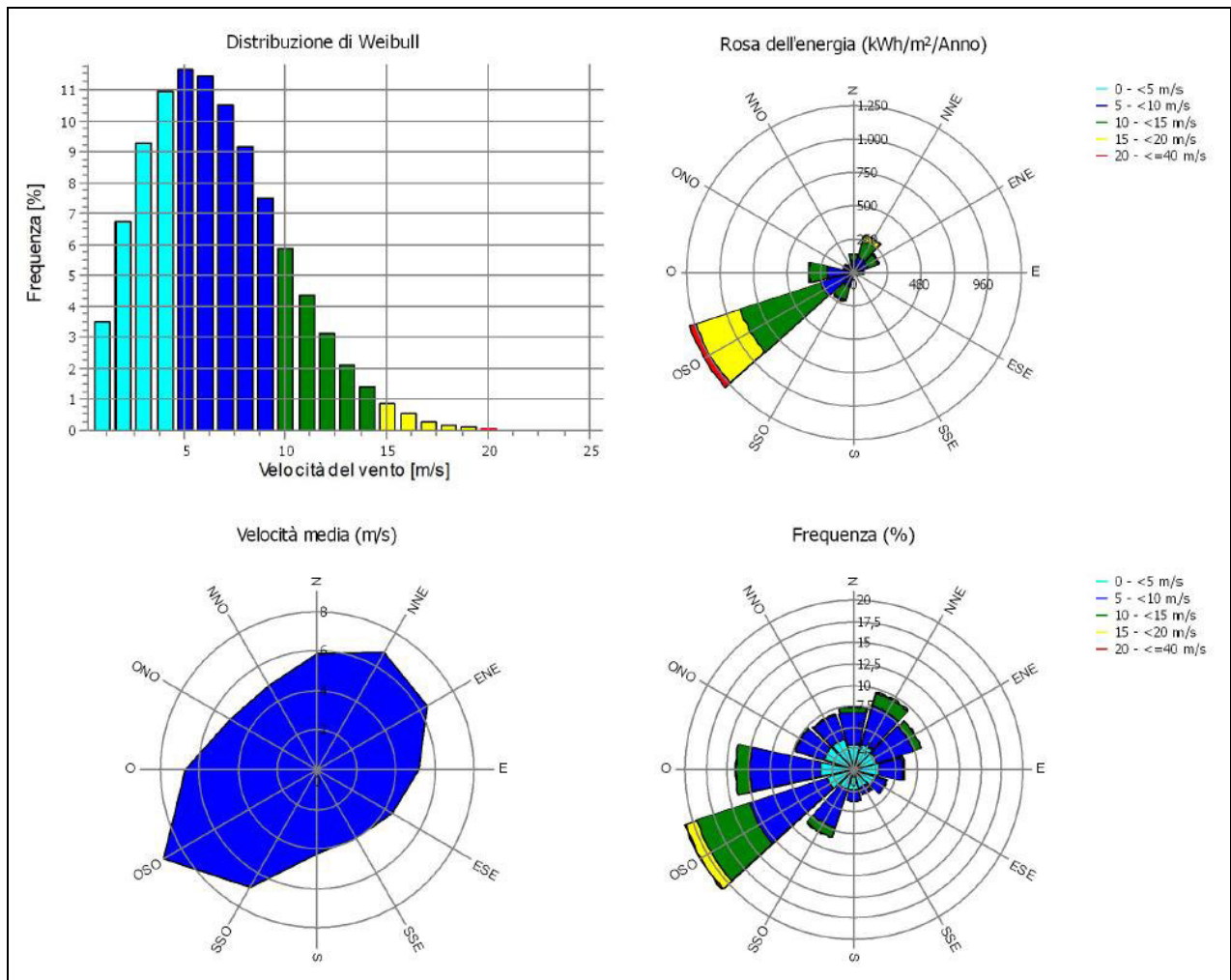
**Figura 4 – producibilità specifica media annua stimata per altezza al mozzo pari a 100 m: colore rosso chiaro = compresa tra 2500 e 3000 ore equivalenti (2500-3000 MWh/MW)**

## **7. METODO DI CALCOLO DELLA PRODUCIBILITÀ ELETTRICA DELL'AEROGENERATORE**

Le elaborazioni, a partire dai dati di vento registrati, sono state svolte mediante l'uso del software WindPro 3.4, che si avvale a sua volta del modello di calcolo WAsP; questo permette di elaborare, a partire dai dati rilevati da un anemometro (fisico o virtuale) e da informazioni relative alle specifiche puntuali dell'area analizzata, il vento *geostrofico*, ovvero quel vento che si realizza alla sommità dello strato limite atmosferico, dove il flusso risulta imperturbato dai fenomeni di attrito dovuti alla superficie terrestre.

L'analisi della velocità del vento geostrofico costituisce il percorso obbligato al fine di studiare i fenomeni eolici dell'area in oggetto. La stima della distribuzione della velocità del vento a livello geostrofico permette infatti di ricostruire, sempre utilizzando il modello di calcolo WAsP, la distribuzione della velocità al suolo e a vari livelli, in funzione di vari valori di rugosità attribuibili al territorio, ovvero delle mappe climatologiche dei venti caratteristici. Ciò si ottiene in pratica applicando proprio al vento geostrofico le caratteristiche orografiche, di rugosità e le caratteristiche puntuali dell'area di studio.

Di seguito i grafici rappresentativi della statistica anemologica applicata ad un punto baricentrico dell'area di studio. I venti prevalenti sono nel quadrante sudovest, e garantiscono un buon contenuto energetico così come si rileva dalla cosiddetta "rosa dell'energia" di seguito rappresentata.



**Figura 4** Grafici relativi alla statistica anemologica applicata al sito di installazione del parco eolico in oggetto, elaborati mediante software WindPro 3.4

A questo punto, una volta inserita nel modello di calcolo la curva di potenza relativa all'aerogeneratore scelto e i valori assunti dal coefficiente  $C_t$  (*thrust coefficient*), è stata calcolata la **produttività annua** di energia elettrica dell'impianto in particolare con probabilità P50% (ossia valori di produzione annua con probabilità del 50% di essere superati), tenendo conto delle seguenti considerazioni:

- le previsioni legate alla meteorologia sono basate su considerazioni probabilistiche, ed in qualsiasi caso non potranno dare risultati certi al 100%;
- il risultato di una modellizzazione di un fenomeno reale dipende fortemente dal modo di tradurre in algoritmi dei fenomeni complessi, oltre che dalla accuratezza dei dati inseriti come input e da come vengono scelte alcune costanti;

è utile quindi far riferimento ad uno scenario di "peggiore ipotesi", nella quale siano stati inseriti dei fattori di sicurezza, o incertezza, tali da ridurre il valore calcolato ad un limite inferiore di producibilità, nel caso in oggetto una riduzione del 10%, tenendo conto di:

- incertezze legate al calcolo dell'energia elettrica generata da un aerogeneratore (curva di potenza garantita generalmente fino al 97%);
- incertezza legata alla disponibilità tecnica delle macchine (97%);
- incertezza sulla qualità dei dati anemometrici;
- incertezza sui dati misurati ad un'altezza diversa da quella del mozzo dell'aerogeneratore (estrapolazione verticale);
- incertezze legate alle condizioni di ventosità nelle aree adiacenti al palo anemometrico (estrapolazione orizzontale);
- incertezza sul modello di simulazione WASP;
- incertezza legata alla complessità orografica del territorio.

La simulazione mediante software WindPro 3.4 porta in conto anche le perdite che si hanno a causa della vicinanza tra le turbine, a causa delle modifiche provocate dalla presenza di queste nella vena fluida che le attraversa; queste perdite, definite come perdite per effetto scia, sono dovute al fatto che alle spalle del rotore la velocità del vento risulta rallentata, in quanto il rotore ha catturato parte dell'energia cinetica per trasformarla in energia meccanica. Venendo a contatto con la corrente indisturbata poi, il flusso di vento riprende gradualmente le proprie caratteristiche di velocità, quindi maggiore è la distanza tra le turbine migliore è il rendimento.

## **8. CONSIDERAZIONI E RISULTATI DEI CALCOLI DI PRODUCIBILITÀ**

Il sito scelto per l'installazione del parco eolico presenta venti prevalenti, in termini di frequenza e velocità media, provenienti dal quadrante Sudovest.

Per l'aerogeneratore scelto, particolarmente performante grazie all'ampio rotore (diametro rotorico 170 m, altezza al mozzo 115 m), si stima una producibilità annua pari a circa **2509 ore equivalenti**, già considerando una riduzione del 10% per le approssimazioni cautelative descritte nei paragrafi precedenti. **Si precisa che nel report compare una potenza nominale delle turbine pari a 6 MW, ma nel calcolo di producibilità è stato applicato un profilo di depotenziamento tale da limitare la potenza a 4.8 MW.**

Naturalmente questi risultati preliminari sono lievemente variabili in funzione dello stato di evoluzione tecnologica del generatore scelto, al momento dell'acquisto.

## **9. ALLEGATO: REPORT DI CALCOLO WINDPRO**

Si riporta in allegato il report di calcolo di producibilità mediante software WindPro 3.4.

## PARK - Risultato principale

**Calcolo:** Producibilità\_Ferrandina\_SG170\_4.8MW\_h115m

**Modello di scia** N.O. Jensen (RISØ/EMD)

Calcolo delle scie eseguito in UTM (north)-WGS84 Zona: 33

Al centro del sito, la differenza tra Nord del sistema di riferimento e Nord Vero è: 0,9°

### Metodo di correzione della curva di potenza

Nuovo metodo windPRO (metodo IEC modificato per accordarsi al controllo turbina) <RACCOMANDATO>

Metodo di calcolo della densità dell'aria

Funzione dell'altezza, temperatura da stazione climatica

Stazione: MARINA DI GIN V3 2014

Temperatura di riferimento: 16,6 °C a 12,0 m

Pressione di riferimento: 1013,3 hPa a 0,0 m

Densità dell'aria al Centro Sito, all'altezza di riferimento: 211,2 m + 115,0 m = 1,180 kg/m³ -> 96,4 % dello standard

Umidità relativa: 0,0 %

### Parametri del modello di scia

Costante di decadimento scia 0,075 Default DTU onshore

### Altezza di dislocamento omnidirezionale importata dagli Oggetti

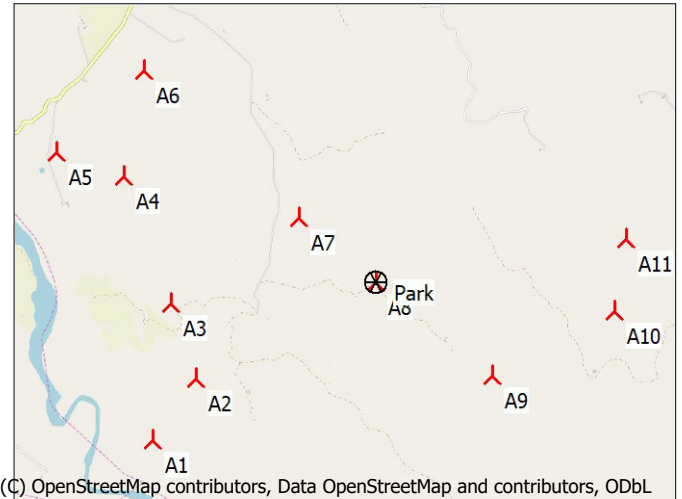
**Impostazioni calcolo scie**  
Angolo [°] Velocità del vento [m/s]

inizio fine passo inizio fine passo

0,5 360,0 1,0 0,5 30,5 1,0

**Statistica del Vento** IT CFSR\_N40,434\_E016,25 (9) - 10.00 m.wws

**Versione WASP** WASP 11 Version 11.06.0034



(C) OpenStreetMap contributors, Data OpenStreetMap and contributors, ODbL

Scala 1:75.000

Nuova WTG

Dati di Sito

## Risultati di riferimento a 115,0 m sopra il terreno

**Terreno** UTM (north)-WGS84 Zona: 33

Easting Northing Nome Oggetto Dati di Tipo  
Sito

Energia del vento Velocità media Rugosità equivalente

						[kWh/m²]	[m/s]	
Park	619.258	4.477.448	Park		WASP (WASP 11 Version 11.06.0034)	2.738	6,5	1,3

## Produzione annuale stimata del parco eolico

Combinazione di WTG	Risultato		Lordo (senza perdite) [MWh/anno]	Perdite di scia [%]	Fattore di capacità [%]	Media per WTG [MWh/anno]	Ore equivalenti [Ore/anno]	Velocità media al mozzo [m/s]
	PARK [MWh/anno]	Risultato-10,0% [MWh/anno]						
Parco eolico	190.133,2	171.119,9	198.953,5	4,4	28,6	15.556,4	2.509	6,3

\*) Basato su Risultato-10,0%

## Energia annuale calcolata per ciascuna delle 11 nuove WTG, per un totale di 68,2 MW nominali installati

Statistica	Tipo di WTG		Tipo generatore	Potenza nominale [kW]	Diametro rotore [m]	Altezza mozzo [m]	Curva di potenza		Produzione annuale			
	Valida	Produttore					Creata da	Nome	Risultato [MWh/anno]	Risultato-10,0% [MWh/anno]	Perdite di scia [%]	Velocità del vento imperturbato [m/s]
A1	Park	Si	Siemens Gamesa SG 6.0-170_user-6.200	6.200	170,0	115,0	USER	(AM 0, 6.2MW) - 1.225 kg/m3	17.785,2	16.007	4,4	6,39
A10	Park	Si	Siemens Gamesa SG 6.0-170_user-6.200	6.200	170,0	115,0	USER	(AM 0, 6.2MW) - 1.225 kg/m3	16.069,3	14.462	6,6	6,14
A11	Park	Si	Siemens Gamesa SG 6.0-170_user-6.200	6.200	170,0	115,0	USER	(AM 0, 6.2MW) - 1.225 kg/m3	16.350,4	14.715	4,4	6,13
A2	Park	Si	Siemens Gamesa SG 6.0-170_user-6.200	6.200	170,0	115,0	USER	(AM 0, 6.2MW) - 1.225 kg/m3	16.778,8	15.101	6,1	6,27
A3	Park	Si	Siemens Gamesa SG 6.0-170_user-6.200	6.200	170,0	115,0	USER	(AM 0, 6.2MW) - 1.225 kg/m3	16.999,5	15.300	3,6	6,23
A4	Park	Si	Siemens Gamesa SG 6.0-170_user-6.200	6.200	170,0	115,0	USER	(AM 0, 6.2MW) - 1.225 kg/m3	14.914,7	13.423	4,7	5,87
A5	Park	Si	Siemens Gamesa SG 6.0-170_user-6.200	6.200	170,0	115,0	USER	(AM 0, 6.2MW) - 1.225 kg/m3	18.027,6	16.225	2,5	6,38
A6	Park	Si	Siemens Gamesa SG 6.0-170_user-6.200	6.200	170,0	115,0	USER	(AM 0, 6.2MW) - 1.225 kg/m3	16.565,5	14.909	3,4	6,15
A7	Park	Si	Siemens Gamesa SG 6.0-170_user-6.200	6.200	170,0	115,0	USER	(AM 0, 6.2MW) - 1.225 kg/m3	17.488,8	15.740	5,3	6,38
A8	Park	Si	Siemens Gamesa SG 6.0-170_user-6.200	6.200	170,0	115,0	USER	(AM 0, 6.2MW) - 1.225 kg/m3	18.346,9	16.512	4,8	6,54
A9	Park	Si	Siemens Gamesa SG 6.0-170_user-6.200	6.200	170,0	115,0	USER	(AM 0, 6.2MW) - 1.225 kg/m3	20.806,4	18.726	3,3	7,00

## Posizione delle WTG

**UTM (north)-WGS84 Zona: 33**

Easting Northing Z Dati/Descrizione  
[m]

A1	Nuova	617.073	4.475.842	210,0	Siemens Gamesa SG 6.0-170_user 6200 170.0	!O! hub: 115,0 m (TOT: 200,0 m) (1)
A10	Nuova	621.624	4.477.190	152,8	Siemens Gamesa SG 6.0-170_user 6200 170.0	!O! hub: 115,0 m (TOT: 200,0 m) (10)
A11	Nuova	621.730	4.477.911	160,4	Siemens Gamesa SG 6.0-170_user 6200 170.0	!O! hub: 115,0 m (TOT: 200,0 m) (11)
A2	Nuova	617.490	4.476.464	220,0	Siemens Gamesa SG 6.0-170_user 6200 170.0	!O! hub: 115,0 m (TOT: 200,0 m) (2)
A3	Nuova	617.226	4.477.204	215,8	Siemens Gamesa SG 6.0-170_user 6200 170.0	!O! hub: 115,0 m (TOT: 200,0 m) (3)
A4	Nuova	616.738	4.478.453	177,6	Siemens Gamesa SG 6.0-170_user 6200 170.0	!O! hub: 115,0 m (TOT: 200,0 m) (4)

continua alla pagina successiva...

Progetto:  
**Ferrandina**

Utente autorizzato:  
**Studio Tecnico BFP s.r.l.**  
Via Napoli 363/I  
IT-70123 Bari  
+39 080 5046361  
Antonio Crisafulli / a.crisafulli@bfpgroup.net  
Redatto il:  
30/07/2021 17:05/3.4.415

## PARK - Risultato principale

**Calcolo:** Producibilità\_Ferrandina\_SG170\_4.8MW\_h115m

...continua dalla pagina precedente

### UTM (north)-WGS84 Zona: 33

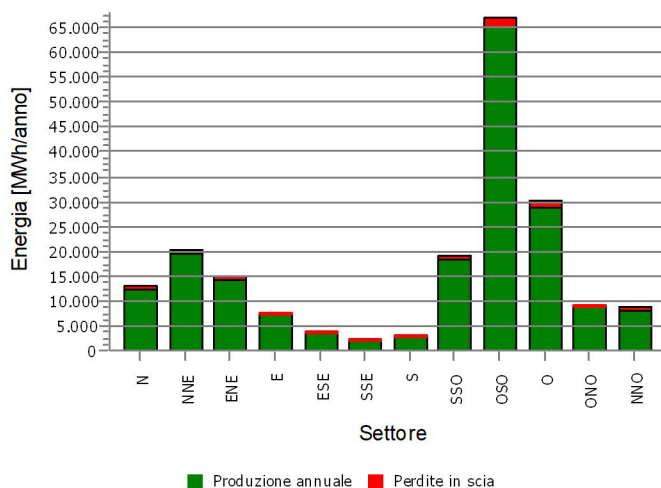
		Easting	Northing	Z	Dati/Descrizione	
				[m]		
A5	Nuova	616.076	4.478.679	230,0	Siemens Gamesa SG 6.0-170_user 6200 170.0 !O!	hub: 115,0 m (TOT: 200,0 m) (5)
A6	Nuova	616.923	4.479.495	218,0	Siemens Gamesa SG 6.0-170_user 6200 170.0 !O!	hub: 115,0 m (TOT: 200,0 m) (6)
A7	Nuova	618.483	4.478.071	213,7	Siemens Gamesa SG 6.0-170_user 6200 170.0 !O!	hub: 115,0 m (TOT: 200,0 m) (7)
A8	Nuova	619.258	4.477.448	215,0	Siemens Gamesa SG 6.0-170_user 6200 170.0 !O!	hub: 115,0 m (TOT: 200,0 m) (8)
A9	Nuova	620.430	4.476.540	240,6	Siemens Gamesa SG 6.0-170_user 6200 170.0 !O!	hub: 115,0 m (TOT: 200,0 m) (9)

## PARK - Analisi della produzione

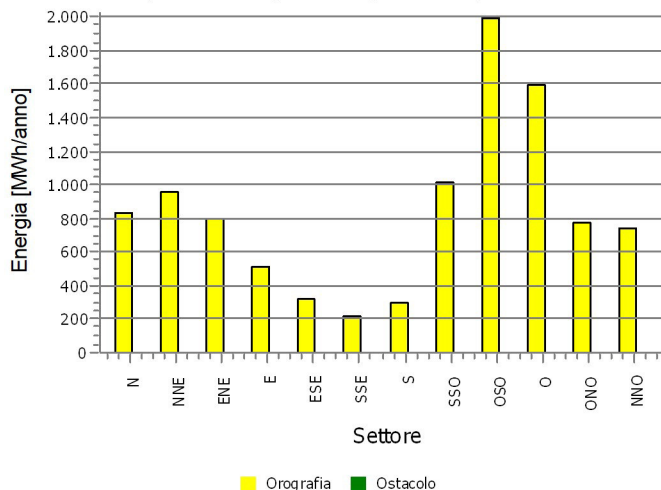
**Calcolo:** Producibilità\_Ferrandina\_SG170\_4.8MW\_h115mWTG: Tutte le WTG nuove, densità dell'aria variabile con la posizione della WTG: 1,177 kg/m<sup>3</sup> - 1,187 kg/m<sup>3</sup>  
**Analisi direzionale**

Settore	0 N	1 NNE	2 ENE	3 E	4 ESE	5 SSE	6 S	7 SSO	8 OSO	9 O	10 ONO	11 NNO	Totale
Energia basata sulla rugosità [MWh]	12.122,3	19.223,0	14.096,9	7.210,4	3.477,2	1.957,4	2.752,6	18.016,3	64.962,3	28.507,6	8.589,6	8.011,8	188.927,5
+Incremento dovuto all'orografia [MWh]	828,7	952,9	791,6	507,9	322,8	218,9	298,6	1.008,7	1.992,7	1.595,5	773,0	734,8	10.025,9
-Perdite dovute alle scie [MWh]	809,0	822,5	679,7	450,6	321,3	139,8	238,0	848,9	1.759,8	1.473,3	702,5	574,7	8.820,2
<b>Energia risultante [MWh]</b>	<b>12.142,0</b>	<b>19.353,4</b>	<b>14.208,8</b>	<b>7.267,7</b>	<b>3.478,7</b>	<b>2.036,6</b>	<b>2.813,1</b>	<b>18.176,1</b>	<b>65.195,3</b>	<b>28.629,8</b>	<b>8.660,2</b>	<b>8.171,8</b>	<b>190.133,3</b>
Energia specifica [kWh/m <sup>2</sup> ]													762
Energia specifica [kWh/kW]													2.788
Incremento dovuto all'orografia [%]	6,8	5,0	5,6	7,0	9,3	11,2	10,8	5,6	3,1	5,6	9,0	9,2	5,31
Perdite dovute alle scie [%]	6,2	4,1	4,6	5,8	8,5	6,4	7,8	4,5	2,6	4,9	7,5	6,6	4,43
Utilizzazione [%]	35,5	31,2	36,2	38,4	38,6	39,5	39,0	33,8	25,2	36,5	39,2	39,3	31,2
Tempo di operatività [Ore/anno]	621	749	644	492	350	271	315	689	1.623	1.150	632	601	8.138
Ore equivalenti [Ore/anno]	178	284	208	107	51	30	41	267	956	420	127	120	2.788

Energia per settore



Impatto dell'orografia e degli ostacoli per settore





## PARK - Analisi della curva di potenza

**Calcolo:** Producibilità\_Ferrandina\_SG170\_4.8MW\_h115mWTG: A1 - Siemens Gamesa SG 6.0-170\_user 6200 170.0 !O!, Altezza mozzo: 115,0 m

**Nome:** (AM 0, 6.2MW) - 1.225 kg/m3

**Fonte:** SGRE

Data fonte	Creata da	Creato	Modificato	Soglia di blocco [m/s]	Controllo della potenza	Tipo di curva Ct	Tipo di generatore	Potenza specifica kW/m <sup>2</sup>
25/03/2020	USER	11/02/2020	25/03/2020	25,0	Pitch	Definito dall'utente	One generator	0,27

Rev. 0

Siemens Gamesa Renewable Energy and its affiliates reserve the right to change the above specifications without prior notice.

### Confronto con curva HP - Nota: per densità dell'aria standard

V media	[m/s]	5	6	7	8	9	10
Valore HP Pitch, single generator (2009)	[MWh]	10.232	15.762	21.359	26.542	30.716	34.497
Siemens Gamesa SG 6.0-170_user 6200 170.0 !O! (AM 0, 6.2MW) - 1.225 kg/m3	[MWh]	11.518	17.201	22.531	27.152	30.939	33.855
Valore di controllo	[%]	-11	-8	-5	-2	-1	2

La tabella mostra il confronto con la produzione annuale di energia calcolata sulla base delle semplici "curve HP", che assumono che tutte le WTG abbiano prestazioni simili - solo la potenza specifica (kW/m<sup>2</sup>), la velocità singola/duale o stallo/pitch influenzano i valori calcolati. La produzione è intesa senza le perdite di scia.

Per ulteriori dettagli, consultare la relazione di progetto n. 51171/00-0016 dell'Agenzia Danese per l'Energia, o il manuale di windPRO.

Il metodo è descritto nel rapporto EMD "20 Detailed Case Studies comparing Project Design Calculations and actual Energy Productions for Wind Energy Projects worldwide", gennaio 2003.

Usare la tabella per valutare se la curva di potenza data è ragionevole - se il valore di controllo è inferiore a -5%, la curva di potenza è probabilmente troppo ottimistica a causa dell'incertezza sulla sua misurazione.

### Curva di potenza

Dati originali dal Catalogo WTG, Densità dell'aria: 1,225 kg/m<sup>3</sup>

Velocità del vento [m/s]	Potenza [kW]	Cp	Velocità del vento [m/s]	Curva Ct
3,0	89,0	0,24	3,0	0,95
3,5	178,0	0,30	3,5	0,88
4,0	328,0	0,37	4,0	0,85
4,5	522,0	0,41	4,5	0,83
5,0	758,0	0,44	5,0	0,82
5,5	1.040,0	0,45	5,5	0,83
6,0	1.376,0	0,46	6,0	0,83
6,5	1.771,0	0,46	6,5	0,84
7,0	2.230,0	0,47	7,0	0,84
7,5	2.750,0	0,47	7,5	0,84
8,0	3.351,0	0,47	8,0	0,83
8,5	3.988,0	0,47	8,5	0,80
9,0	4.617,0	0,46	9,0	0,76
9,5	5.166,0	0,43	9,5	0,70
10,0	5.584,0	0,40	10,0	0,62
10,5	5.862,0	0,36	10,5	0,54
11,0	6.028,0	0,33	11,0	0,47
11,5	6.117,0	0,29	11,5	0,40
12,0	6.161,0	0,26	12,0	0,35
12,5	6.183,0	0,23	12,5	0,30
13,0	6.192,0	0,20	13,0	0,27
13,5	6.197,0	0,18	13,5	0,24
14,0	6.199,0	0,16	14,0	0,21
14,5	6.199,0	0,15	14,5	0,19
15,0	6.200,0	0,13	15,0	0,17
15,5	6.200,0	0,12	15,5	0,15
16,0	6.200,0	0,11	16,0	0,14
16,5	6.200,0	0,10	16,5	0,13
17,0	6.200,0	0,09	17,0	0,12
17,5	6.200,0	0,08	17,5	0,11
18,0	6.200,0	0,08	18,0	0,10
18,5	6.200,0	0,07	18,5	0,09
19,0	6.200,0	0,07	19,0	0,09
19,5	6.200,0	0,06	19,5	0,08
20,0	6.200,0	0,06	20,0	0,08
20,5	6.080,0	0,05	20,5	0,07
21,0	5.956,0	0,05	21,0	0,06
21,5	5.832,0	0,04	21,5	0,06
22,0	5.708,0	0,04	22,0	0,05
22,5	5.584,0	0,04	22,5	0,05
23,0	5.460,0	0,03	23,0	0,04
23,5	5.336,0	0,03	23,5	0,04
24,0	5.212,0	0,03	24,0	0,04
24,5	5.088,0	0,02	24,5	0,03
25,0	4.964,0	0,02	25,0	0,03

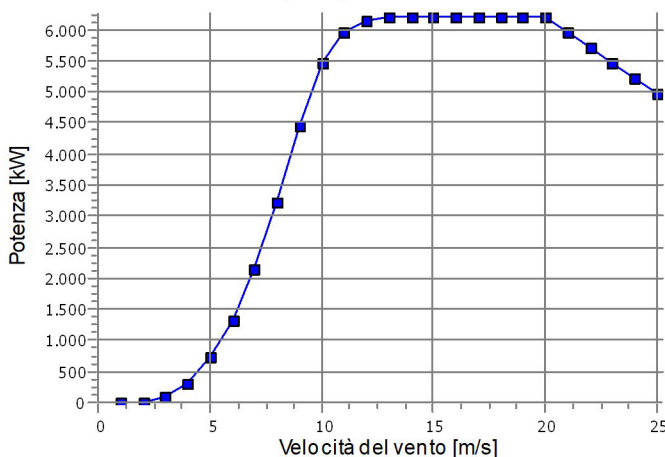
### Potenza, efficienza ed energia vs. velocità del vento

Dati usati nel calcolo, Densità dell'aria: 1,181 kg/m<sup>3</sup> Nuovo metodo windPRO (metodo IEC modificato per accordarsi al controllo turbina) <RACCOMANDATO>

Velocità del vento [m/s]	Potenza [kW]	Cp	Intervallo [m/s]	Energia [MWh]	Energia cumulata [MWh]	Frazione del totale [%]
1,0	0,0	0,00	0,50-1,50	0,0	0,0	0,0
2,0	0,0	0,00	1,50-2,50	0,0	0,0	0,0
3,0	82,2	0,23	2,50-3,50	76,6	76,6	0,4
4,0	312,8	0,36	3,50-4,50	338,1	414,6	2,3
5,0	728,1	0,43	4,50-5,50	802,8	1.217,4	6,8
6,0	1.325,0	0,46	5,50-6,50	1.408,8	2.626,2	14,8
7,0	2.148,7	0,47	6,50-7,50	2.038,3	4.664,5	26,2
8,0	3.229,8	0,47	7,50-8,50	2.537,1	7.201,5	40,5
9,0	4.461,1	0,46	8,50-9,50	2.714,7	9.916,3	55,8
10,0	5.451,3	0,41	9,50-10,50	2.459,1	12.375,3	69,6
11,0	5.959,0	0,33	10,50-11,50	1.911,0	14.286,3	80,3
12,0	6.138,0	0,27	11,50-12,50	1.333,8	15.620,2	87,8
13,0	6.186,7	0,21	12,50-13,50	872,4	16.492,6	92,7
14,0	6.197,7	0,17	13,50-14,50	546,7	17.039,2	95,8
15,0	6.199,3	0,14	14,50-15,50	330,7	17.369,9	97,7
16,0	6.200,0	0,11	15,50-16,50	193,1	17.563,0	98,8
17,0	6.200,0	0,09	16,50-17,50	108,5	17.671,5	99,4
18,0	6.200,0	0,08	17,50-18,50	58,4	17.729,9	99,7
19,0	6.200,0	0,07	18,50-19,50	30,0	17.759,9	99,9
20,0	6.200,0	0,06	19,50-20,50	14,5	17.774,5	99,9
21,0	5.956,0	0,05	20,50-21,50	6,5	17.781,0	100,0
22,0	5.708,0	0,04	21,50-22,50	2,7	17.783,7	100,0
23,0	5.460,0	0,03	22,50-23,50	1,1	17.784,7	100,0
24,0	5.212,0	0,03	23,50-24,50	0,4	17.785,1	100,0
25,0	4.964,0	0,02	24,50-25,50	0,1	17.785,2	100,0

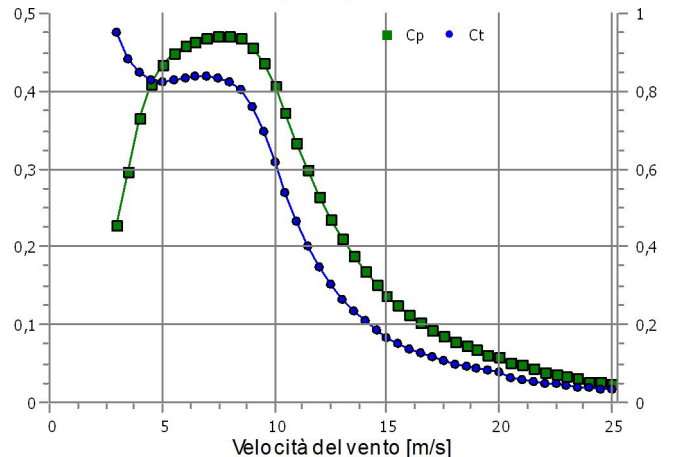
Curva di potenza

Per una densità dell'aria: 1,181 kg/m<sup>3</sup> e dati climatici di riferimento



Curve Cp e Ct

Per una densità dell'aria: 1,181 kg/m<sup>3</sup> e dati climatici di riferimento



## PARK - Analisi dei Dati di vento

**Calcolo:** Producibilità\_Ferrandina\_SG170\_4.8MW\_h115m **Dati di vento:** Park - Park; Altezza mozzo: 115,0

### Coordinate del sito

UTM (north)-WGS84 Zone: 33  
Est: 619.258 Nord: 4.477.448  
A8 - Siemens Gamesa SG 6.0-170\_user 6200 170.0 !O! hub: 115,0 m (TOT: 200,0 m) (8)

### Statistica del Vento

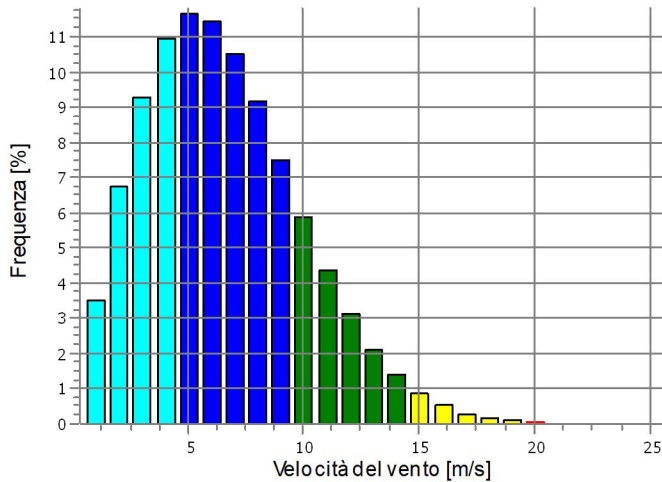
IT CFSR\_N40,434\_E016,25 (9) - 10.00 m.wws

### Parametri Weibull

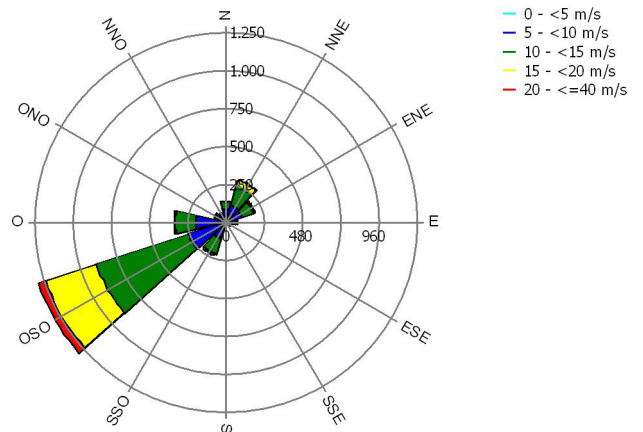
#### Sito attuale

Settore	Parametro A [m/s]	Velocità del vento [m/s]	Parametro k	Frequenza [%]
0 N	6,67	5,91	2,205	7,5
1 NNE	7,71	6,83	2,119	9,5
2 ENE	7,31	6,48	2,350	8,3
3 E	5,89	5,22	2,158	6,0
4 ESE	5,03	4,46	2,127	4,1
5 SSE	4,50	3,99	2,193	3,1
6 S	4,84	4,29	2,299	3,7
7 SSO	7,73	6,85	2,447	8,4
8 OSO	10,17	9,02	2,498	21,0
9 O	7,56	6,71	2,627	14,0
10 ONO	5,76	5,11	2,393	7,4
11 NNO	5,54	4,91	2,338	7,0
Tutti	7,38	6,54	2,018	100,0

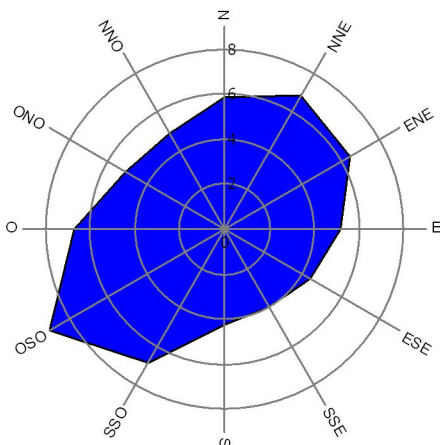
Distribuzione di Weibull



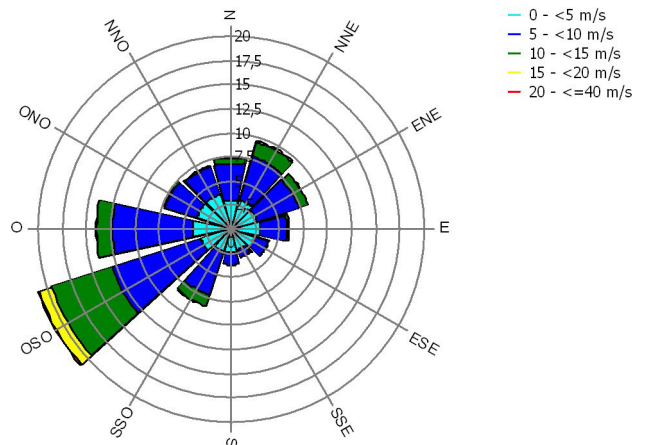
Rosa dell'energia (kWh/m²/Anno)



Velocità media (m/s)



Frequenza (%)



## PARK - Curva di potenza del parco

**Calcolo:** Producibilità\_Ferrandina\_SG170\_4.8MW\_h115m

Velocità del vento [m/s]	Potenza													
	WTG libere [kW]	WTG in parco [kW]	N [kW]	NNE [kW]	ENE [kW]	E [kW]	ESE [kW]	SSE [kW]	S [kW]	SSO [kW]	OSO [kW]	O [kW]	ONO [kW]	NNO [kW]
0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3,5	1.872	1.665	1.624	1.667	1.692	1.677	1.607	1.674	1.621	1.661	1.696	1.673	1.589	1.682
4,5	5.502	5.013	4.922	5.030	5.056	5.031	4.908	5.051	4.911	5.017	5.067	5.024	4.872	5.066
5,5	11.014	10.156	9.992	10.183	10.229	10.186	9.979	10.229	9.976	10.167	10.250	10.175	9.919	10.250
6,5	18.775	17.358	17.089	17.406	17.472	17.399	17.072	17.484	17.062	17.381	17.508	17.382	16.977	17.515
7,5	29.250	27.084	26.681	27.161	27.260	27.142	26.635	27.277	26.638	27.122	27.314	27.120	26.498	27.321
8,5	42.325	39.473	38.935	39.543	39.751	39.571	38.800	39.697	38.883	39.506	39.818	39.547	38.632	39.750
9,5	55.163	52.616	52.102	52.576	53.012	52.790	51.760	52.716	52.067	52.577	53.062	52.782	51.645	52.744
10,5	63.385	62.167	61.912	62.067	62.449	62.300	61.570	62.148	61.903	62.111	62.469	62.323	61.569	62.123
11,5	66.832	66.506	66.434	66.466	66.587	66.549	66.325	66.497	66.432	66.485	66.594	66.563	66.340	66.481
12,5	67.878	67.813	67.799	67.805	67.828	67.822	67.779	67.814	67.798	67.810	67.830	67.825	67.784	67.808
13,5	68.134	68.122	68.120	68.121	68.125	68.124	68.117	68.122	68.120	68.122	68.125	68.124	68.117	68.122
14,5	68.189	68.188	68.188	68.188	68.188	68.188	68.187	68.188	68.188	68.188	68.189	68.189	68.187	68.188
15,5	68.200	68.200	68.199	68.199	68.200	68.200	68.199	68.199	68.199	68.199	68.200	68.200	68.199	68.199
16,5	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200
17,5	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200
18,5	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200
19,5	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200	68.200
20,5	66.880	67.252	67.248	67.179	67.293	67.389	67.308	67.191	67.253	67.190	67.249	67.284	67.290	67.192
21,5	64.152	64.229	64.244	64.229	64.219	64.225	64.251	64.225	64.245	64.229	64.217	64.225	64.255	64.223
22,5	61.424	61.493	61.506	61.492	61.484	61.489	61.512	61.489	61.507	61.493	61.482	61.489	61.516	61.488
23,5	58.696	58.757	58.769	58.757	58.749	58.754	58.774	58.753	58.770	58.757	58.748	58.754	58.778	58.752
24,5	55.968	56.022	56.032	56.022	56.015	56.019	56.037	56.019	56.033	56.022	56.014	56.019	56.040	56.018
25,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

### Descrizione:

La curva di potenza del parco è simile alla curva di potenza di una WTG, nel senso che quando una data velocità del vento si manifesta "di fronte al parco" con lo stesso valore nell'intera area del parco eolico (prima dell' effetto del parco stesso), allora la produzione complessiva può essere espressa dalla curva di potenza del parco. In altre parole: la curva di potenza del parco include le perdite di scia, ma NON include le variazioni della velocità del vento dovute al terreno entro l' area del parco.

Misurare la curva di potenza di un parco eolico non è semplice come misurare quella di una WTG, a causa del fatto che la prima dipende dalla direzione del vento e che una data velocità del vento normalmente non si manifesta contemporaneamente sull'intera area del parco (solo in terreni molto piani). Questa versione della curva di potenza del parco non andrebbe dunque utilizzata per validazioni basate su misurazioni. Ciò richiederebbe almeno 2 masts su due lati del parco, a meno che non vengano testati solo alcuni settori, e un terreno non complesso (tipicamente, offshore). Per terreni complessi è disponibile un'altra versione della curva di potenza del parco.

### La curva di potenza del parco può essere usata per:

1. Sistemi di previsione, basati su più dati di vento approssimativi; la curva di potenza del parco sarebbe un modo efficace di ottenere il legame tra la velocità (e la direzione) del vento e la potenza.
2. Costruzione delle curve di durata, che descrivono quanto spesso un dato output di potenza si presenta. La curva di potenza del parco può essere usata insieme con la distribuzione media del vento sull'area del parco eolico all'altezza del mozzo. Tale distribuzione può eventualmente essere ottenuta dai parametri Weibull per ogni posizione delle WTG. Questi si trovano nel menu di stampa "Risultato su file", in "Risultato del Parco", che può essere salvato su file o copiato e incollato in Excel.
3. Calcolo dell'Indice di Vento basato sulla produzione del parco (v. sotto).
4. Stima della produzione attesa di una centrale eolica esistente sulla base di misure in almeno due siti ai lati della centrale. I masts vanno usati per ottenere la velocità del vento imperturbato. Questa è usata nella simulazione della produzione con la curva di potenza del parco. Questa procedura è adatta solo a terreni non complessi. Per terreni complessi è disponibile un altro calcolo della curva di potenza del parco (modello PPV).

### Nota:

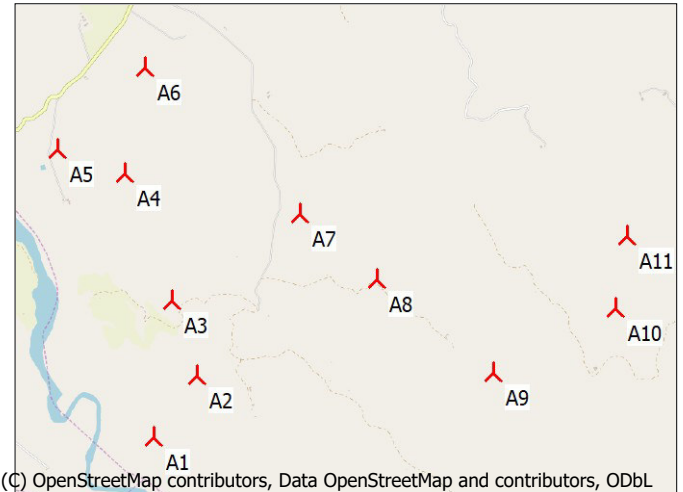
Nel menu " Risultato su file" è disponibile anche l' opzione " Velocità del vento entro il parco eolico" . Essa può essere utilizzata per estrarre (e.g. con Excel) le perdite indotte dalle scie sulla velocità del vento misurata.

## PARK - Distanze tra le WTG

**Calcolo:** Producibilità\_Ferrandina\_SG170\_4.8MW\_h115m

### Distanze tra le WTG

Z	WTG più vicina	Z	Distanza orizzontale [m]	Distanza in Diametri Rotore	
A1	A2	A2	220,0	749	4,4
A10	A11	A11	160,4	729	4,3
A11	A10	A10	152,8	729	4,3
A2	A1	A1	210,0	749	4,4
A3	A2	A2	220,0	786	4,6
A4	A5	A5	230,0	700	4,1
A5	A4	A4	177,6	700	4,1
A6	A4	A4	177,6	1.058	6,2
A7	A8	A8	215,0	994	5,8
A8	A7	A7	213,7	994	5,8
A9	A10	A10	152,8	1.359	8,0
<b>Min</b>	<b>152,8</b>	<b>152,8</b>	<b>700</b>	<b>4,1</b>	
<b>Max</b>	<b>240,6</b>	<b>230,0</b>	<b>1.359</b>	<b>8,0</b>	



Scala 1:75.000

⚙ Nuova WTG

## PARK - Info Statistica di Vento

**Calcolo:** Producibilità\_Ferrandina\_SG170\_4.8MW\_h115m

### Dati per il calcolo della Statistica del Vento

**File** \\192.168.0.235\lavori\Windpro Project 2020\Ferrandina\IT CFSR\_N40,434\_E016,25 (9) - 10.00 m.wws  
**Nome** CFSR\_N40,434\_E016,25 (9) - 10.00 m  
**Paese** Italy  
**Fonte** USER  
**Coordinate mast** UTM (north)-WGS84 Zone: 33 Est: 606.022 Nord: 4.476.679  
**Creato** 10/11/2020  
**Modificato** 10/11/2020  
**Settori** 12  
**Versione WAsP** WAsP 11 Version 11.06.0034  
**Sistema di coordinate** UTM (north)-WGS84 Zona: 33  
**Altezza di dislocamento** Nessuna

### Ulteriori informazioni sulla Statistica

**Fonte dati** CFSR\_N40,434\_E016,25 (9)  
**Dati dal** 01/01/1990  
**al** 01/01/2011  
**Periodo di misura** 252,0 mesi  
**Tasso di recupero** 100,0 %  
**Periodo di misura effettivo** 252,0 mesi

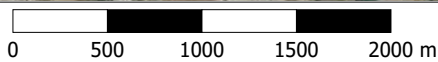
### Commento

Per ottenere un risultato corretto, la Statistica del Vento deve essere stata calcolata con lo STESSO modello e parametrizzazione selezionati in questo calcolo. Versioni di WAsP precedenti alla 10.0 non presentano variazioni sostanziali, ma nelle versioni successive le modifiche applicate hanno effetto sulla Statistica del Vento. Analogamente, WAsP CFD deve sempre utilizzare Statistiche di Vento calcolate con WAsP CFD.




## PARK - Mappa

**Calcolo:** Producibilità\_Ferrandina\_SG170\_4.8MW\_h115m



Mappa: Aerial pictures 2006 , Scala di stampa 1:40.000, Centro mappa UTM (north)-WGS84 Zone: 33 Est: 618.903 Nord: 4.477.669

 Nuova WTG