

# SINNER WIND S.r.l.

## REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DELLA POTENZA DI 59,4 MW<sub>p</sub> RICADENTE NEI TERRITORI DI SCANDALE (KR) E SAN MAURO MARCHESATO (KR) E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE



Via Degli Arredatori, 8  
70026 Modugno (BA) - Italy  
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net  
tel. (+39) 0805046361

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

### Tecnico

ing. Danilo POMPONIO  
ing. Giada BOLIGNANO

### Collaborazioni

ing. Milena MIGLIONICO  
ing. Giulia CARELLA  
ing. Fabio MASTROSERIO  
ing. Giuseppe Federico ZINGARELLI  
ing. Dionisio STAFFIERI  
ARATO S.r.l.

### Responsabile Commessa

ing. Danilo POMPONIO

ELABORATO		TITOLO	COMMESSA	TIPOLOGIA	
<b>V16</b>		<b>VALUTAZIONE DELLA RISORSA EOLICA E ANALISI PRODUCIBILITA'</b>	<b>24022</b>	<b>D</b>	
			CODICE ELABORATO		
			<b>DC24022D-V16</b>		
REVISIONE	<b>01</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	SOSTITUITO DA	
			-	-	
			NOME FILE	PAGINE	
			DC224022D-V16.doc	<b>22+</b> <b>copertina+allegato</b>	
REV	DATA	MODIFICA	Elaborato	Controllato	Approvato
00	15/03/24	Emissione	D'Arcangelo	Miglionico	Pomponio
01					
02					
03					
04					
05					
06					

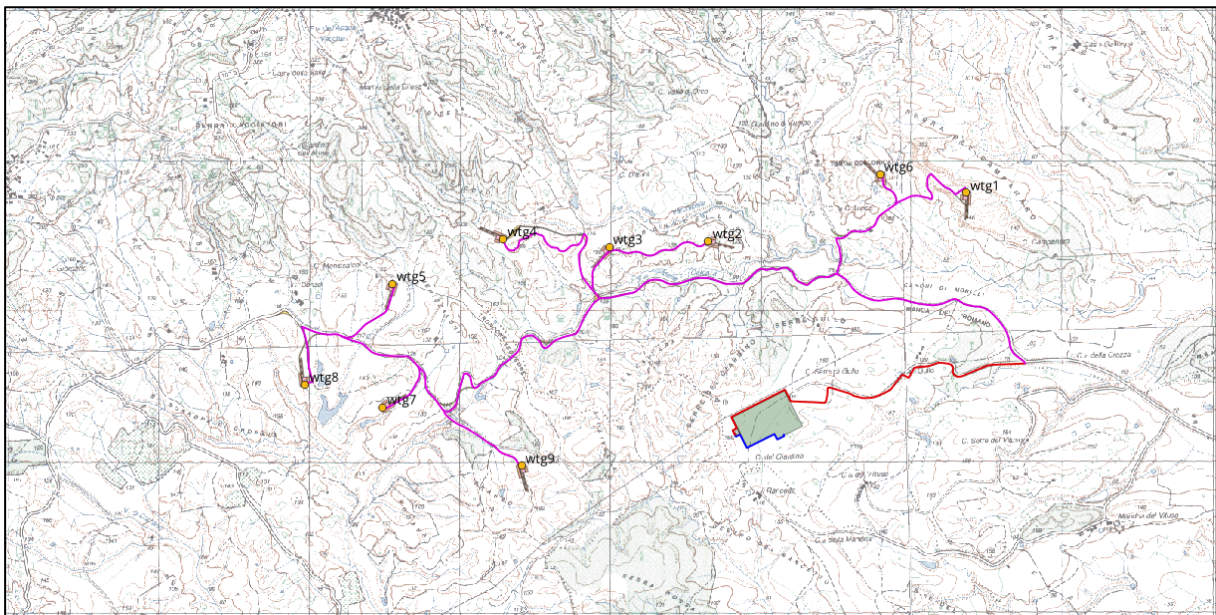
**INDICE**

1. PREMESSA .....	2
2. CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPO EOLICO.....	4
3. CARATTERISTICHE DELL’AEROGENERATORE .....	5
4. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO .....	7
4.1 Orografia.....	7
4.2 Rugosità .....	8
5. DATI ANEMOLOGICI UTILIZZATI .....	9
6. METODO DI CALCOLO DELLA PRODUCIBILITÀ ELETTRICA DELL’AEROGENERATORE .....	17
7. CONSIDERAZIONI E RISULTATI DEI CALCOLI DI PRODUCIBILITÀ.....	21
8. ALLEGATO: REPORT DI CALCOLO WINDPRO .....	22

## 1. PREMESSA

La presente relazione descrive il progetto per la realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica proposto dalla società **SINNER WIND S.r.l.**

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 9 aerogeneratori, del tipo Siemens-Gamesa con rotore pari a 170 m e altezza al tip pari a 220 m, per una potenza complessiva di 59,4 MW, da realizzarsi nei comuni di Scandale (KR) e San Mauro Marchesato (KR), in cui insistono gli aerogeneratori, le opere di connessione e la cabina utente per il collegamento in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) a 380/150/36 kV della RTN da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Belcastro-Scandale".



**Figura 1 – Ubicazione dell'impianto eolico e delle opere di connessione su IGM.**

Il progetto si pone come obiettivo la realizzazione di un parco eolico per la produzione di energia elettrica da immettere nella rete di trasmissione nazionale (RTN) in alta tensione. In questo scenario il parco eolico consentirà di raggiungere obiettivi più complessi fra i quali si annoverano:

- la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, priva di alcuna emissione diretta o derivata nell'ambiente;
- la valorizzazione di un'area marginale rispetto alle altre fonti di sviluppo regionale con destinazione prevalente a scopo agricolo e con bassa densità antropica;
- la diffusione di know-how in materia di produzione di energia elettrica da fonte eolica, a valenza fortemente sinergica per aree con problemi occupazionali e di sviluppo.



**Figura 2 – Ubicazione dell’impianto e delle opere di connessione su ortofoto.**

Di seguito, si riporta la tabella riepilogativa in cui sono indicate per ciascun aerogeneratore le relative coordinate (WGS84 – UTM zone 33N) e le particelle catastali, con riferimento al catasto dei terreni dei Comuni di Scandale (KR) e San Mauro Marchesato (KR).

WTG	COORDINATE GEOGRAFICHE WGS84		COORDINATE PLANIMETRICHE UTM33 WGS 84		DATI CATASTALI		
	LATITUDINE	LONGITUDINE	NORD (Y)	EST (X)	Comune	foglio	p.lla
01	39° 6' 26.40"	17° 0' 15.29"	4330600	673296	SCANDALE	16	1
02	39° 6' 19.77"	16° 59' 4.49"	4330358	671600	SCANDALE	12	38
03	39° 6' 16.42"	16° 58' 36.42"	4330240	670928	SCANDALE	12	38
04	39° 6' 18.57"	16° 58' 7.09"	4330291	670222	SCANDALE	11	490
05	39° 6' 9.58"	16° 57' 36.37"	4329998	669490	SAN MAURO MARCHESATO	8	392
06	39° 6' 30.89"	16° 59' 51.74"	4330726	672727	SCANDALE	14	47
07	39° 5' 42.98"	16° 57' 32.84"	4329176	669423	SAN MAURO MARCHESATO	17	44
08	39° 5' 48.30"	16° 57' 11.51"	4329329	668907	SAN MAURO MARCHESATO	17	3-39-41
09	39° 5' 29.78"	16° 58' 10.85"	4328789	670345	SAN MAURO MARCHESATO	17	22-47

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

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

- n° 9 aerogeneratori avente generatore di tipo asincrono, con diametro del rotore pari a 170 m, altezza mozzo pari a 135 m, per un'altezza massima al tip (punta della pala) pari a 220 m, comprensivi al loro interno di cabine elettriche di trasformazione MT/BT;
- rete elettrica interrata a 36 kV per l'interconnessione tra gli aerogeneratori e la cabina utente;
- n° 1 cabina utente che raccoglie le linee AT di interconnessione del parco eolico;
- rete telematica di monitoraggio in fibra ottica per il controllo dell'impianto eolico mediante trasmissione dati via modem o satellitare.

### 3. CARATTERISTICHE DELL'AEROGENERATORE

In particolare, trattasi di aerogeneratori trifase con tensione nominale preliminarmente definita in 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 anche 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.

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**

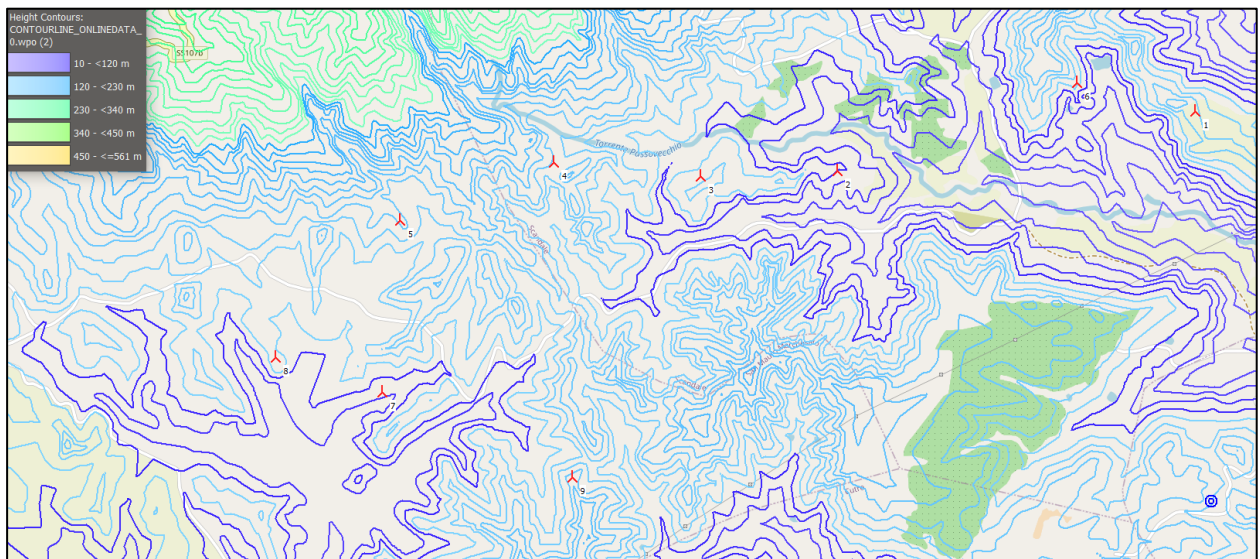
ROTORE	Diametro max	170 m
	Area spazzata max	22.698 m <sup>2</sup>
	Numero di pale	3
	Materiale	GRP (CRP) materiale plastico rinforzato con fibra di vetro
	Velocità nominale	10,6 giri/min
	Senso di rotazione	orario
	Posizione rotore	Sopra vento
SISTEMA ELETTRICO	Tipo generatore	Asincrono a 4 poli, doppia alimentazione, collettore ad anelli
	Classe di protezione	IP 54
	Tensione di uscita	690 V
	Frequenza	50 Hz
TORRE IN ACCIAIO	Altezza al mozzo	135 m
	Numero segmenti	3
SISTEMA DI CONTROLLO	Tipo	Microprocessore
	Trasmissione segnale	Fibra ottica
	Controllo remoto	PC-modem, interfaccia grafica

## 4. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO

### 4.1 Orografia

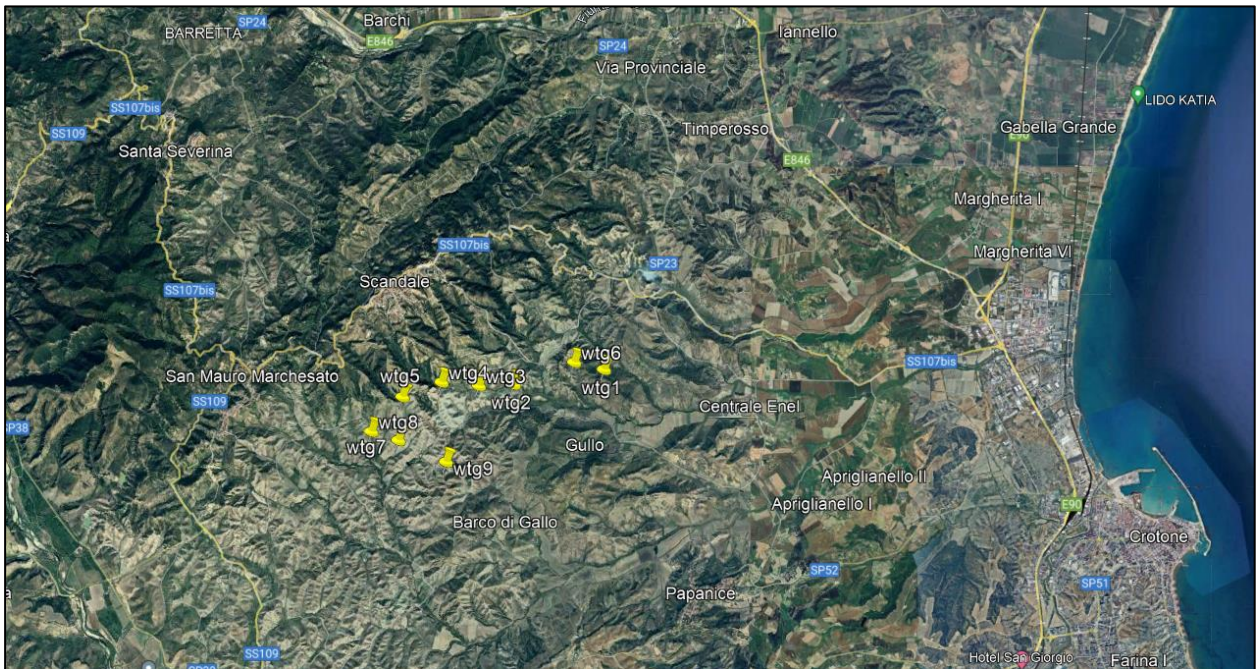
Il sito di interesse (in località Scandale, San Mauro Marchesato e Crotone) si trova a circa 2,2 km in direzione Sud-est rispetto al centro abitato di San Mauro Marchesato ed a circa 1,5 km in direzione Sud rispetto al centro abitato di Scandale. Le quote altimetriche dell'area variano orientativamente tra 100 e 150 m s.l.m., con una orografia caratterizzata dalla presenza di alture e avvallamenti, alternati a zone più pianeggianti o comunque con pendenze più lievi dove è prevista l'installazione degli aerogeneratori. L'intera zona è caratterizzata quindi da una ottima ventosità.

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



**Figura 3 - Orografia del sito di installazione del parco eolico (curve di livello colorate, ogni 10 m)**





**Figura 4 – Ubicazione del parco eolico su ortofoto, (fonte Google Earth).**

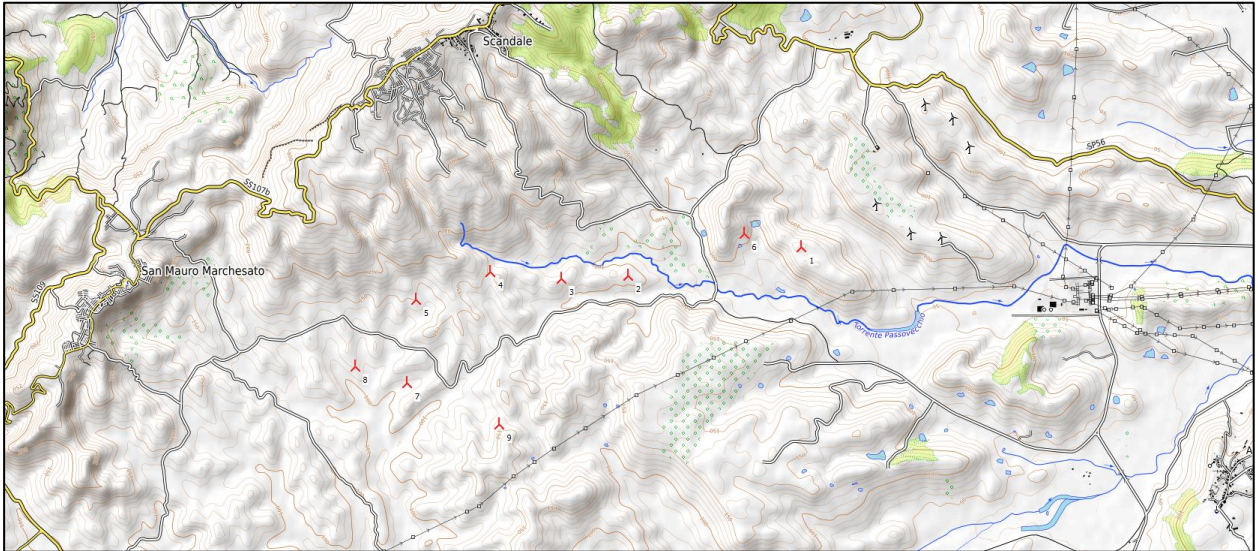
Le caratteristiche orografiche del sito lasciano presupporre una buona esposizione ai venti, condizionati dalla conformazione orografica, con eventuali correnti ascensionali e "corridoi" in direzione ENE che seguono le vallate.

#### **4.2 Rugosità**

Tutta l'area è caratterizzata dalla presenza di vasti seminativi, alternati a zone alberate e boschive. 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 e 3,2. 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.

## 5. DATI ANEMOLOGICI UTILIZZATI

I dati utilizzati per le valutazioni anemologiche del sito sono elaborazioni di rianalisi alla mesoscala accessibili tramite il software di calcolo WindPro, in particolare della serie EMD-ERA5 Meso Data, EUROPE con coordinate N39,09037\_E017,00827 (A) e N39,089954\_E016,973816 (B) ad altezza 135 m dal suolo (Figura 5), comprendo un arco temporale di 296 mesi, ovvero dall'anno 1999 al 2023.



**Figura 5 - Ubicazione degli anemometri ERA 5 a e b.**

La finestra temporale di osservazione rispetta le variazioni stagionali e permette una corretta valutazione delle caratteristiche del sito, oltre che l'estrapolazione del vento imperturbato ("geostrofico"). In Figura 6, Figura 7, Figura 8, Figura 9, Figura 10 e Figura 11 sono mostrati i dati riassuntivi estrapolati dai dati alla mesoscala.

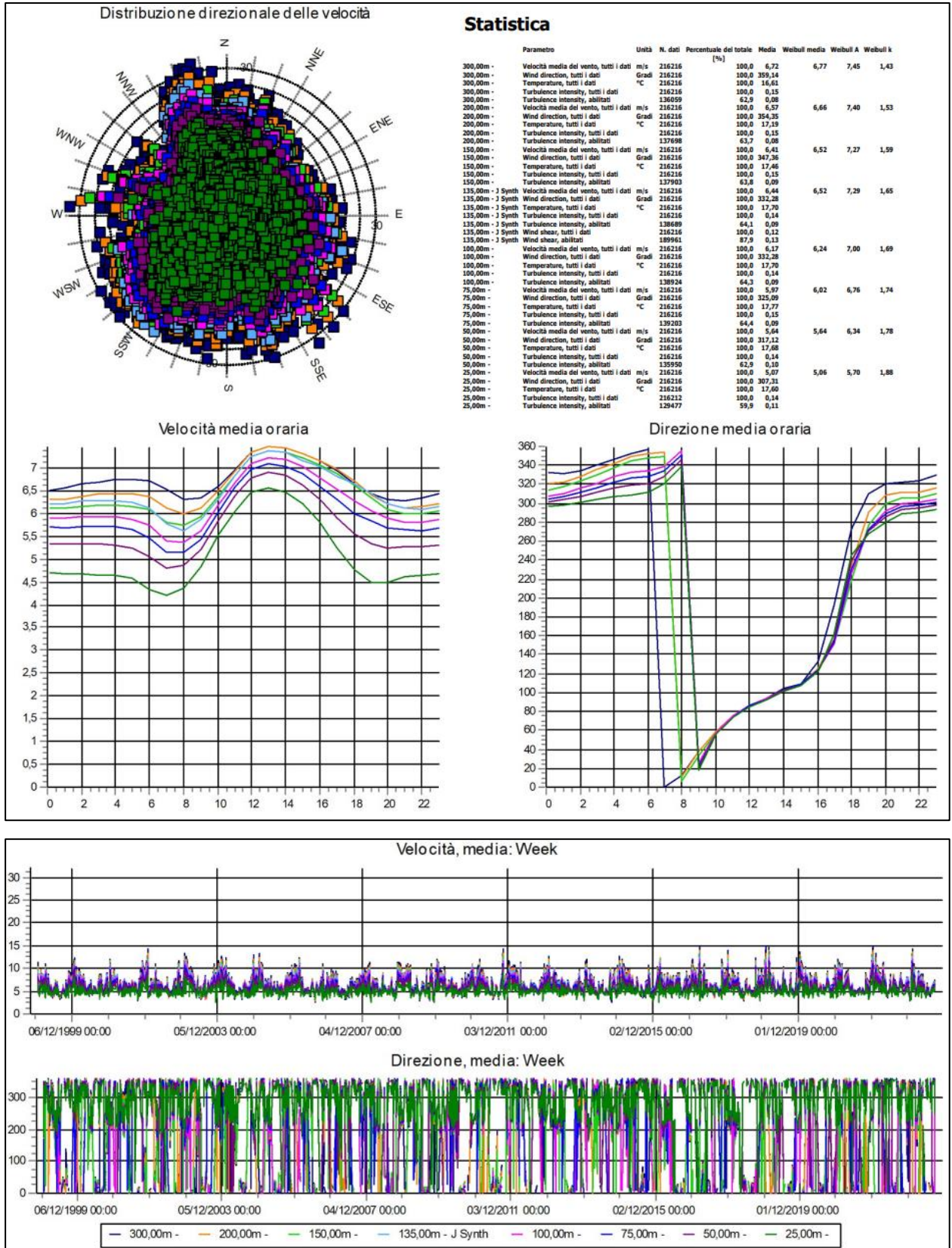


Figura 6 – Relazione dati meteo, risultati principali anemometro A.

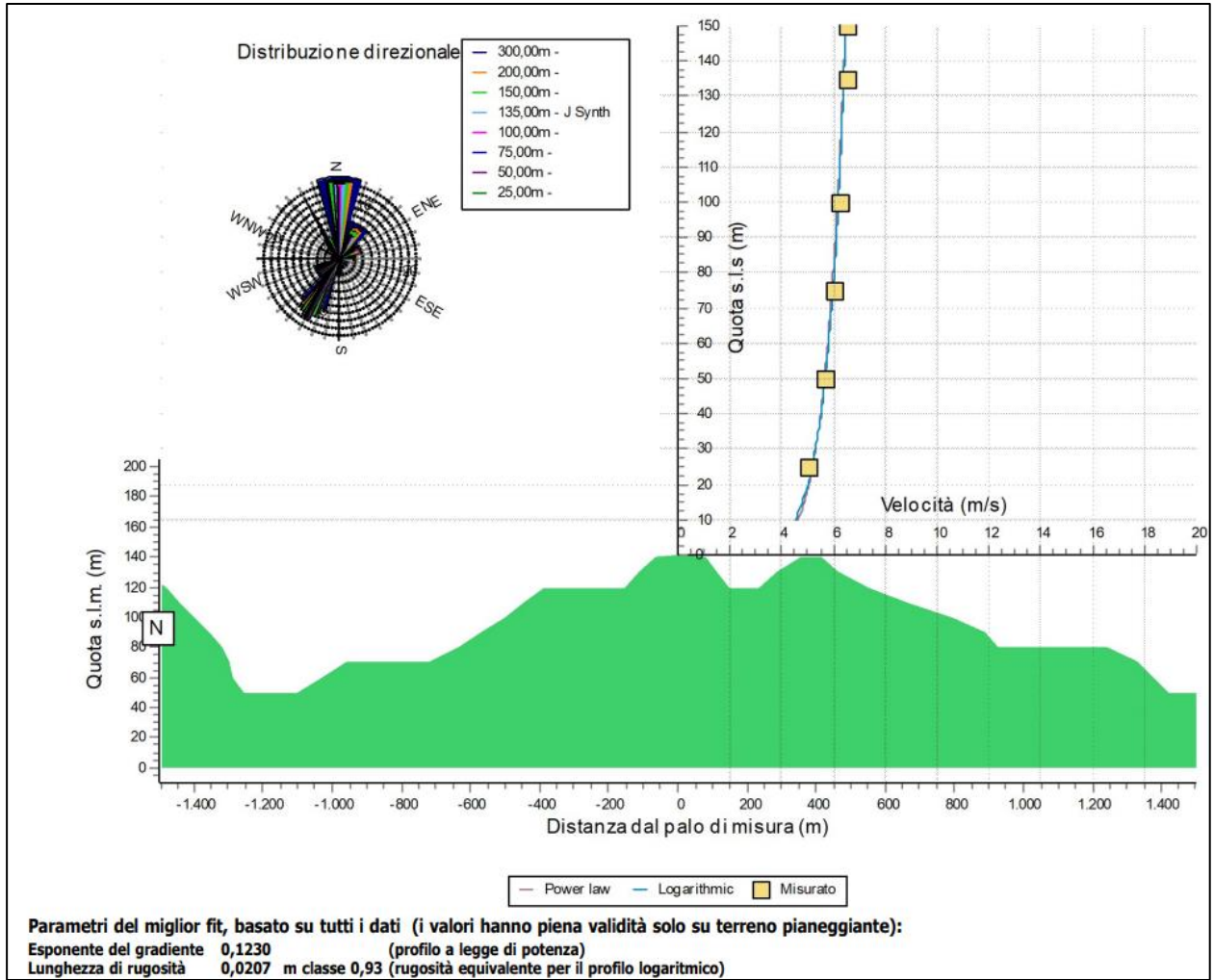
<b>Velocità medie mensili</b>																				
135,00m - J Synth																				
Mese	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Gennaio	6,83	6,59	7,34	6,20	8,58	8,83	7,41	7,80	6,16	7,21	7,63	8,68	6,49	8,20	8,62	7,45	7,92	7,05	7,76	6,39
Febbraio	7,41	7,63	7,69	6,36	8,73	7,92	8,74	8,32	7,74	7,23	8,46	8,26	7,80	8,97	6,53	7,06	8,02	8,21	7,11	7,70
Marzo	7,37	6,61	6,72	7,63	7,51	7,40	7,21	7,66	6,59	6,48	8,81	6,62	7,67	6,64	7,93	6,97	7,28	6,29	7,91	7,44
Aprile	6,45	6,32	6,03	5,62	7,37	6,63	6,71	5,81	4,98	6,15	5,23	6,15	7,40	6,92	6,60	6,22	7,45	6,58	6,63	6,18
Maggio	4,82	5,18	5,71	5,92	5,47	6,21	5,84	5,26	4,89	5,65	5,40	6,26	5,94	5,74	5,96	4,60	5,85	6,51	6,18	4,49
Giugno	5,62	5,94	6,29	5,41	4,92	4,64	5,40	4,86	4,46	5,61	5,66	5,64	5,82	5,38	5,48	5,86	6,05	6,28	5,71	5,58
Luglio	5,15	5,49	5,71	5,94	4,95	5,07	5,43	6,27	4,92	5,58	5,09	5,30	4,26	6,04	5,87	5,88	4,97	5,81	5,92	5,59
Agosto	4,45	5,26	5,37	4,77	5,34	5,26	5,32	4,90	6,14	5,05	5,47	5,10	5,40	5,55	5,95	4,74	5,18	6,47	5,82	5,02
Settembre	5,22	6,62	6,20	5,61	6,38	6,03	5,11	5,55	6,61	5,99	6,17	5,96	5,50	5,79	5,52	5,89	5,75	5,12	5,44	6,11
Ottobre	5,74	5,55	4,88	5,70	7,14	5,12	6,23	6,41	5,86	4,80	7,10	6,18	7,24	5,75	5,62	5,76	6,38	6,74	6,30	6,59
Novembre	6,84	7,33	9,11	7,39	7,53	6,64	6,77	5,96	7,77	7,19	5,29	8,17	6,42	6,63	6,48	6,53	5,24	7,10	6,92	6,87
Dicembre	8,83	6,72	8,82	5,88	8,04	8,25	7,83	6,23	7,40	8,95	7,97	8,55	7,80	8,22	6,08	7,45	5,23	7,38	8,47	6,76
Media, tutti i dati	6,22	6,26	6,65	6,03	6,82	6,50	6,49	6,24	6,11	6,32	6,52	6,73	6,47	6,64	6,39	6,19	6,26	6,62	6,68	6,21
media dei mesi	6,23	6,27	6,66	6,04	6,83	6,50	6,50	6,25	6,13	6,32	6,52	6,74	6,48	6,65	6,39	6,20	6,28	6,63	6,68	6,23

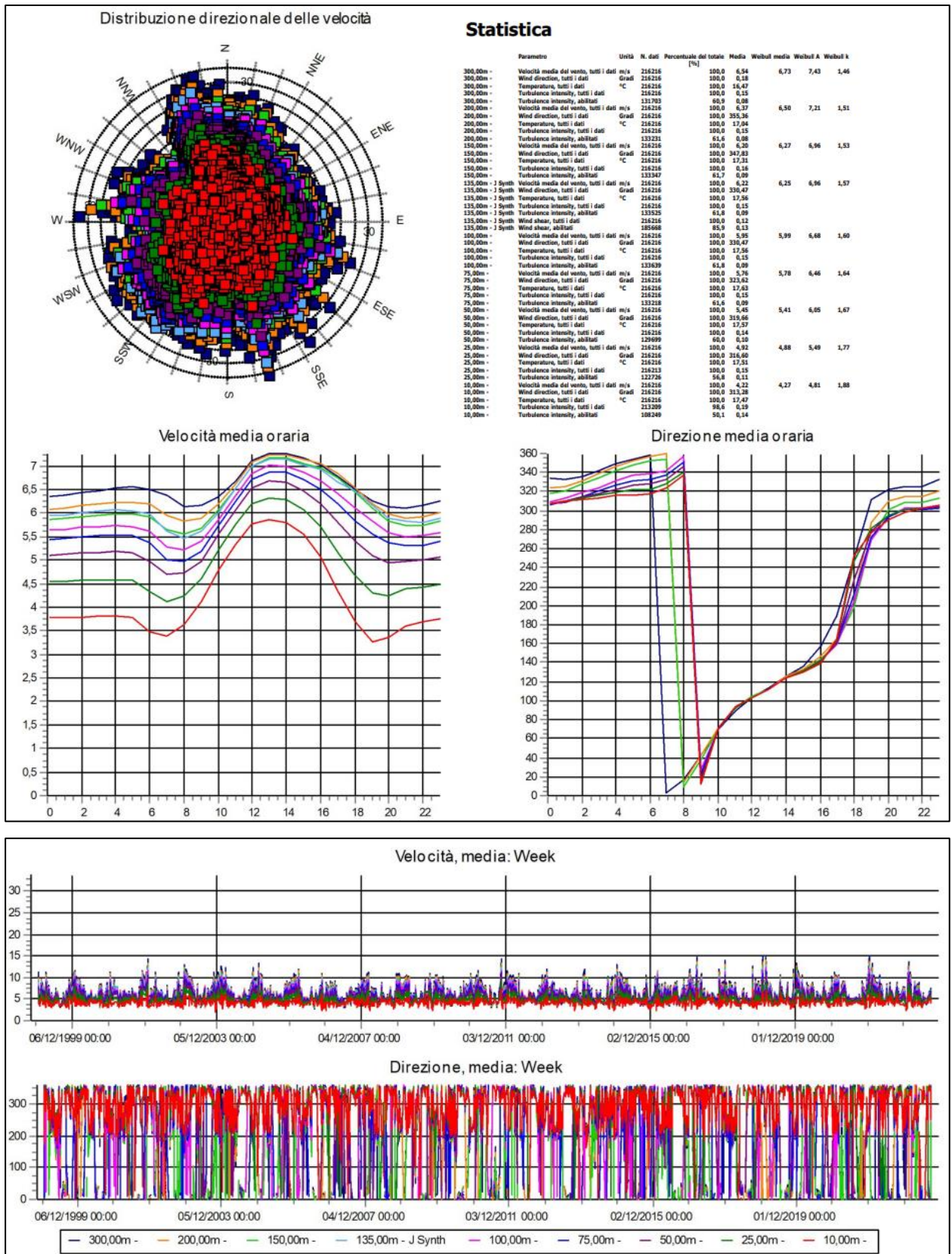
<b>Velocità medie mensili</b>							
135,00m - J Synth							
Mese	2019	2020	2021	2022	2023	Media	Media mensile
Gennaio	8,44	7,07	8,79	8,68	7,80	7,60	7,60
Febbraio	9,84	7,16	7,27	8,39	6,88	7,82	7,82
Marzo	6,93	6,18	6,94	6,95	6,54	7,13	7,13
Aprile	5,51	6,45	7,59	7,39	6,42	6,43	6,43
Maggio	6,08	7,15	5,66	4,92	6,43	5,69	5,68
Giugno	6,13	5,14	4,87	5,62	5,10	5,50	5,50
Luglio	5,82	5,69	5,06	6,10	5,13	5,48	5,48
Agosto	4,98	5,36	5,14	5,67	6,02	5,35	5,35
Settembre	6,15	7,14	5,35	7,22	4,29	5,93	5,87
Ottobre	4,95	5,59	6,56	5,95		6,01	6,01

<b>Relazione dati meteo - Velocità medie mensili</b>							
Palo di misura: EMD-WRF Europe+ (ERAS_N39,09037_E017,00827 (1); mesodata    Periodo: Periodo completo: 01/01/1999 - 01/09/2023 (296,0 mesi)							
...continua dalla pagina precedente							
Mese	2019	2020	2021	2022	2023	Media	Media mensile
Novembre	8,03	6,12	6,99	6,77		6,92	6,92
Dicembre	8,99	7,18	9,09	5,82		7,58	7,58
Media, tutti i dati	6,80	6,35	6,61	6,61	6,29	6,44	
media dei mesi	6,82	6,35	6,61	6,62	6,07		6,44

Figura 7 – Relazioni dati meteo anemometro A, velocità medie mensili a 135 m s.l.t.



**Figura 8 - Relazioni dati meteo anemometro A, wind shear.**



**Figura 9 – Relazione dati meteo, risultati principali anemometro B.**

## Relazione dati meteo - Velocità medie mensili

Palo di misura: EMD-WRF Europe+ (ERAS)\_N39,089954\_E016,973816 (5); mesodata Periodo: Periodo completo: 01/01/1999 - 01/09/2023 (296,0 mesi)

### Velocità medie mensili

135,00m - J Synth

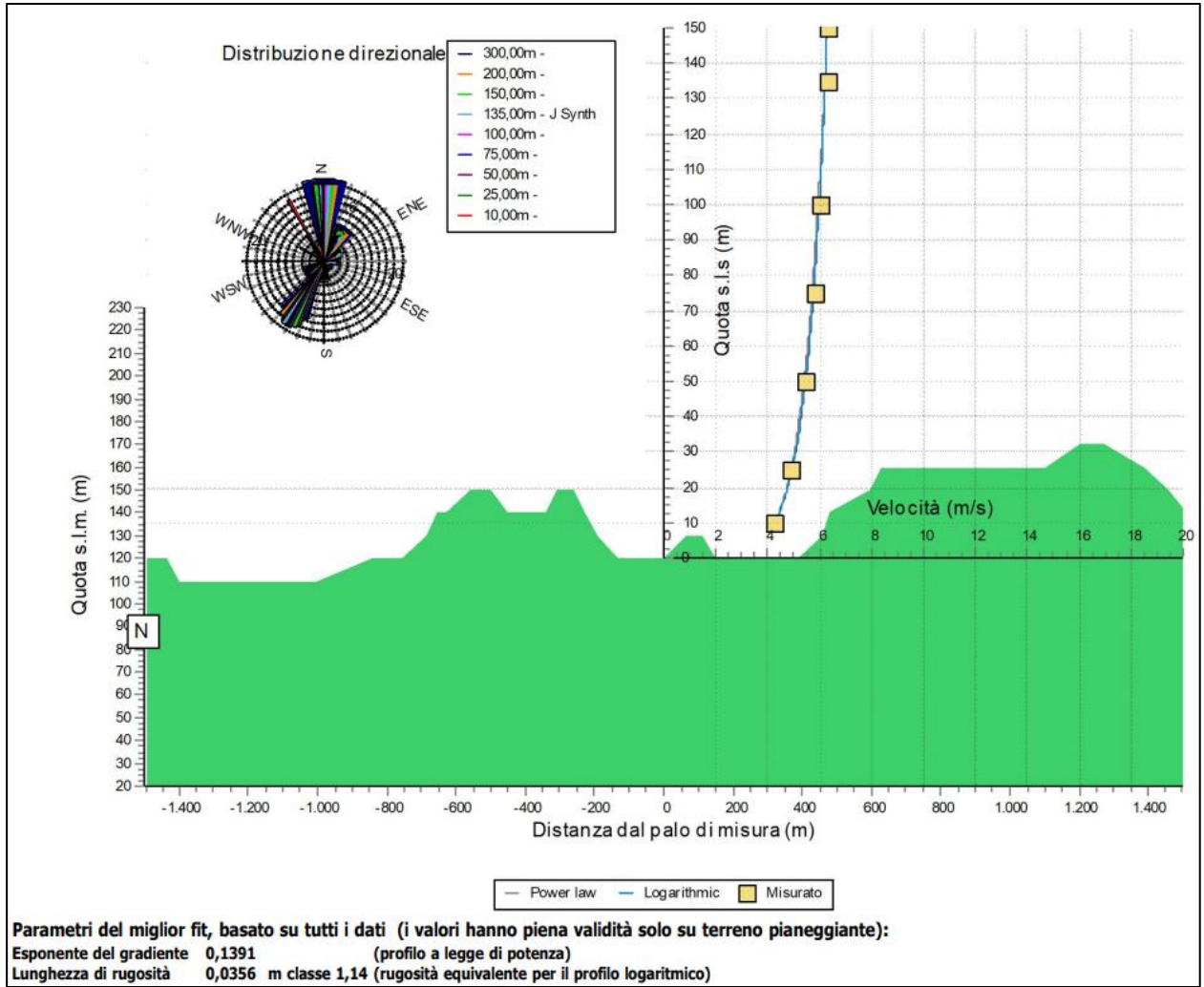
Mese	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Gennaio	6,72	6,52	6,87	6,02	8,23	8,63	7,36	7,68	5,91	7,10	7,27	8,32	6,31	8,03	8,27	7,03	7,73	6,77	7,57	6,12
Febbraio	7,05	7,45	7,38	6,11	8,71	7,69	8,48	7,99	7,38	7,08	8,13	7,64	7,67	8,80	6,11	6,52	7,63	7,80	6,72	7,36
Marzo	7,08	6,28	6,25	7,50	7,46	7,09	6,84	7,25	6,37	6,14	8,50	6,47	7,37	6,50	7,55	6,75	7,08	5,93	7,85	6,94
Aprile	6,05	6,05	5,80	5,39	7,18	6,29	6,35	5,49	4,92	5,91	5,09	5,96	7,35	6,64	6,43	5,93	7,31	6,35	6,55	6,09
Maggio	4,62	4,96	5,51	5,75	5,30	5,87	5,67	4,94	4,66	5,40	5,27	5,93	5,85	5,60	5,74	4,41	5,67	6,13	6,00	4,34
Giugno	5,40	5,82	5,99	5,21	4,79	4,44	5,25	4,64	4,29	5,38	5,42	5,39	5,67	5,11	5,25	5,62	5,87	6,02	5,53	5,43
Luglio	4,92	5,08	5,56	5,80	4,76	4,92	5,22	6,16	4,74	5,37	4,92	5,16	4,07	5,91	5,73	5,73	4,91	5,61	5,70	5,39
Agosto	4,15	5,08	5,27	4,48	5,25	5,02	5,08	4,61	5,93	4,85	5,34	4,90	5,33	5,40	5,84	4,49	5,12	6,34	5,68	4,91
Settembre	5,03	6,27	5,83	5,37	6,28	5,89	4,92	5,34	6,38	5,81	6,01	5,69	5,36	5,54	5,29	5,74	5,66	5,00	5,21	6,06
Ottobre	5,57	5,32	4,75	5,33	6,90	4,81	6,10	6,26	5,72	4,60	6,97	6,01	7,08	5,41	5,35	5,58	6,22	6,63	6,15	6,44
Novembre	6,66	6,88	8,77	7,12	7,36	6,38	6,52	5,74	7,52	6,83	4,99	7,67	6,39	6,42	6,16	6,10	4,90	6,79	6,61	6,58
Dicembre	8,45	6,42	8,60	5,66	7,89	7,87	7,59	6,10	7,23	8,64	7,46	8,16	7,42	7,88	5,80	7,25	4,99	7,33	8,10	6,57
Media, tutti i dati	5,97	6,00	6,37	5,81	6,66	6,24	6,27	6,01	5,91	6,09	6,28	6,43	6,31	6,43	6,13	5,93	6,08	6,39	6,48	6,01
media dei mesi	5,98	6,01	6,38	5,81	6,68	6,24	6,28	6,02	5,92	6,09	6,28	6,44	6,32	6,44	6,13	5,93	6,09	6,39	6,47	6,02

### Velocità medie mensili

135,00m - J Synth

Mese	2019	2020	2021	2022	2023	Media	Media mensile
Gennaio	8,12	7,00	8,47	8,46	7,44	7,36	7,36
Febbraio	9,73	6,98	6,96	8,07	6,75	7,53	7,53
Marzo	6,71	5,94	6,87	6,75	6,15	6,86	6,86
Aprile	5,34	6,32	7,42	7,12	6,22	6,22	6,22
Maggio	5,80	7,01	5,35	4,68	6,30	5,47	5,47
Giugno	5,97	4,92	4,75	5,55	4,90	5,30	5,30
Luglio	5,70	5,58	4,86	6,04	4,83	5,31	5,31
Agosto	4,87	5,09	4,94	5,52	5,86	5,17	5,17
Settembre	6,00	6,90	5,20	6,83	3,35	5,73	5,64
Ottobre	4,79	5,29	6,33	5,85		5,81	5,81
Novembre	7,50	6,06	6,73	6,47		6,63	6,63
Dicembre	8,79	6,78	8,60	5,53		7,29	7,30
Media, tutti i dati	6,59	6,15	6,37	6,39	6,05	6,22	
media dei mesi	6,61	6,16	6,37	6,41	5,76		6,22

Figura 10 – Relazioni dati meteo anemometro B, velocità medie mensili a 135 m s.l.t.

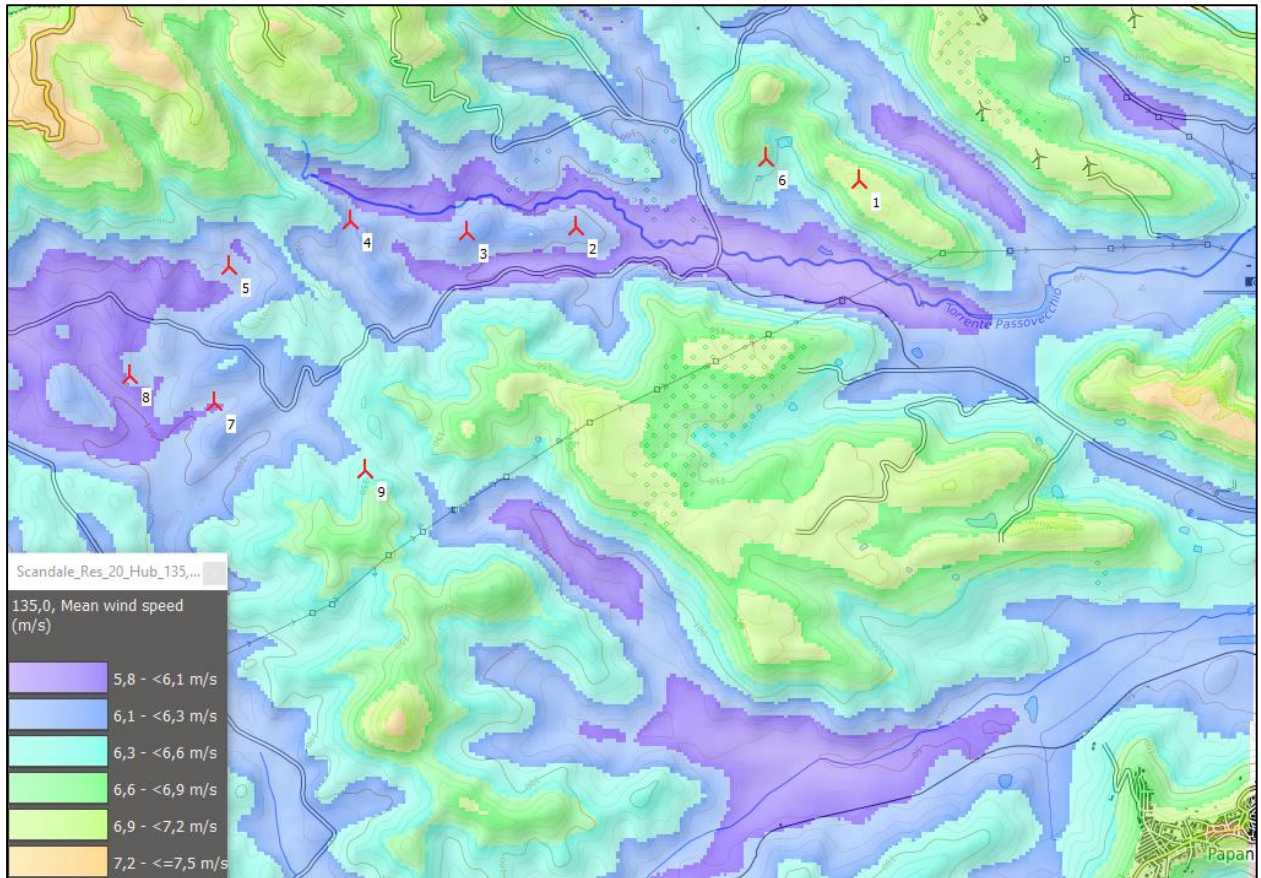


**Figura 11 - Relazioni dati meteo anemometro B, wind shear.**

Infine, in Figura 12 viene generata la mappa della risorsa eolica tramite il modello di calcolo "Resource" presente nel software WindPro, nello specifico la velocità media del vento a 135 m



sul livello del terreno. Quest'ultima mostra che gli aerogeneratori sono investiti da una velocità media del vento compresa tra 6,2-6,8 m/s ad un'altezza di 135 m s.l.t.



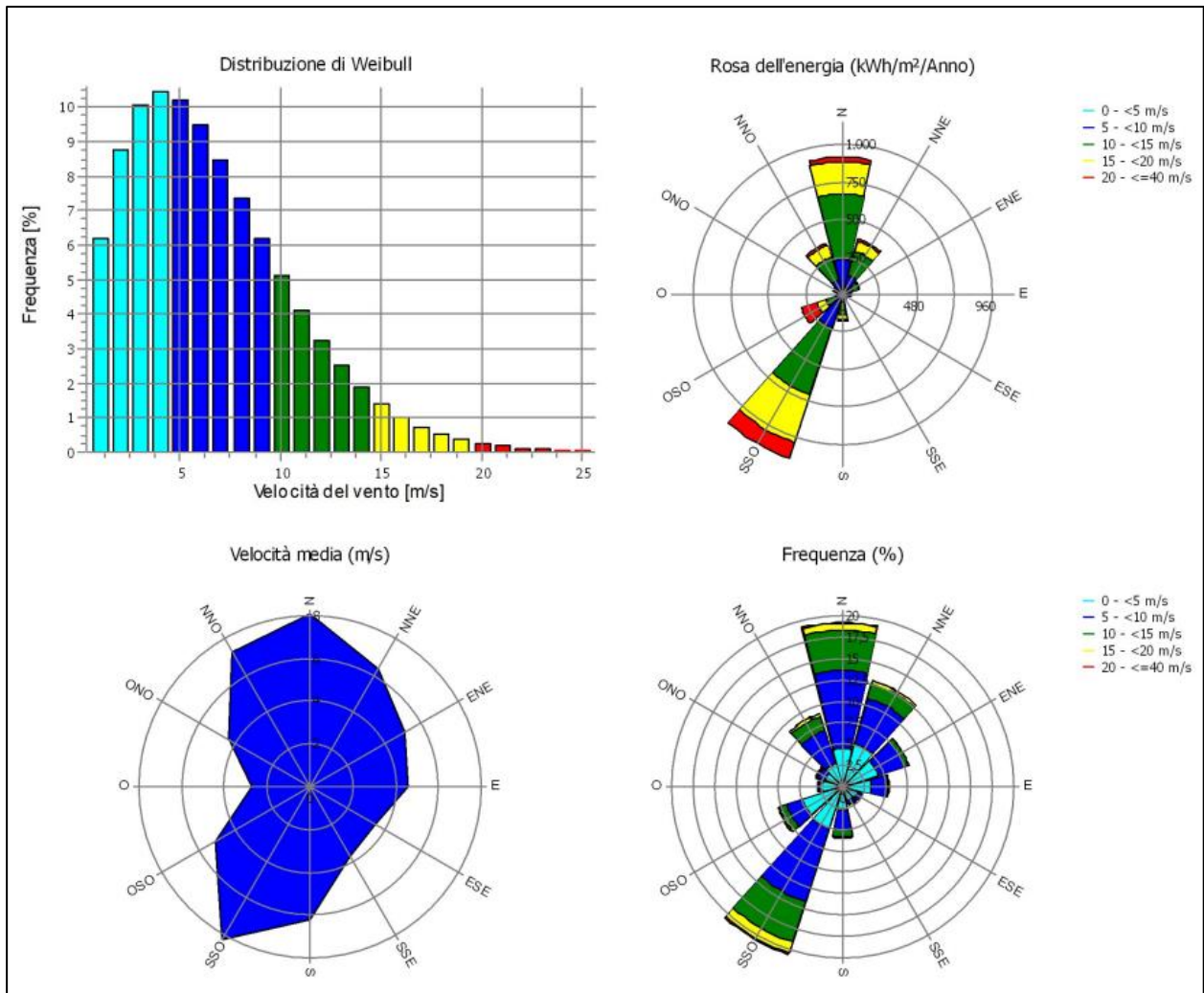
**Figura 12 – Mappa della risorsa eolica, velocità media del vento a 135 m s.l.t.**

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

Le elaborazioni, a partire dai dati di vento alla mesoscala, sono state svolte mediante l'uso del software WindPro 4.0, che si avvale a sua volta del modello di calcolo WASP; questo permette di elaborare, a partire dai dati rilevati da un anemometro 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.



**Figura 13- Grafici relativi alla statistica anemologica applicata al sito di installazione del parco eolico in oggetto ad altezza rotore (135 m), elaborati mediante software WindPro 4.0**

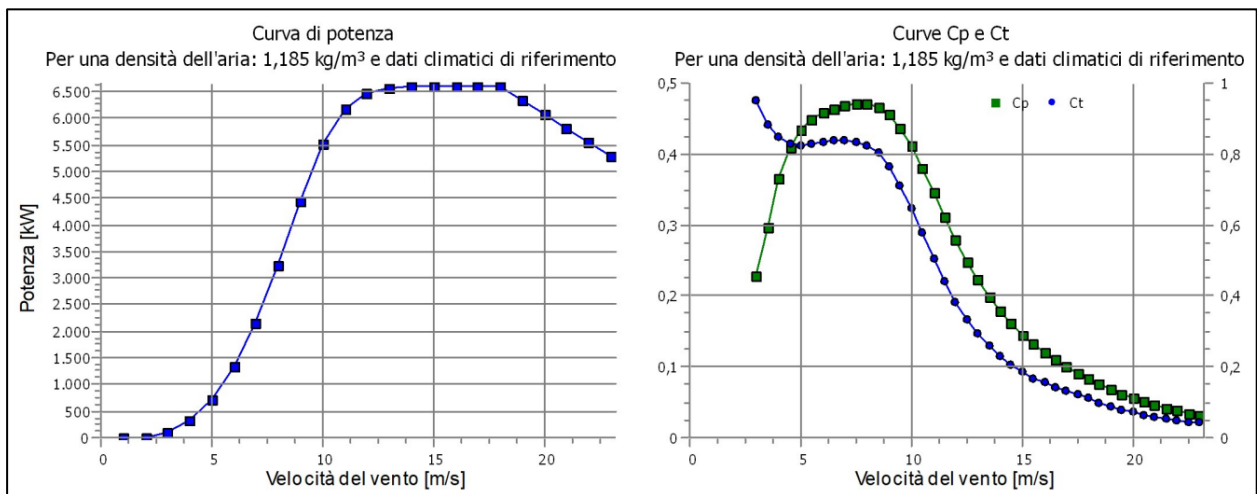
I venti prevalenti sono nei quadranti **N** e da **SSO**, ma in particolare i venti provenienti dal quadrante **SSO** hanno una velocità media più elevata; Infatti, la più elevata potenzialità energetica si ha dal quadrante **SSO** con un valore approssimativo di **1000 [kWh / m<sup>2</sup> / anno]**. La **producibilità annua** di energia elettrica dell'impianto è stata effettuata con il software WindPro 4.0 tramite il modulo "Park", utilizzando il modello di calcolo "N.O. Jensen (RISØ / EMD) Park 2 2018" con una costante di decadimento della scia  **$\alpha = 0,090$** . Data l'estensione dell'area del parco eolico, sono state utilizzate due statistiche del vento Wasp, generate dai dati anemometrici precedentemente trattati, ed ogni turbina afferisce alla statistica più vicina, come mostrato in **Figura 14**.

WTG	A	B
1   Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 135,0 m (TOT: 220,0 m)	⊙	○
2   Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 135,0 m (TOT: 220,0 m)	○	⊙
3   Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 135,0 m (TOT: 220,0 m)	○	⊙
4   Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 135,0 m (TOT: 220,0 m)	○	⊙
5   Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 135,0 m (TOT: 220,0 m)	○	⊙
6   Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 135,0 m (TOT: 220,0 m)	⊙	○
7   Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 135,0 m (TOT: 220,0 m)	○	⊙
8   Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 135,0 m (TOT: 220,0 m)	○	⊙
9   Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 135,0 m (TOT: 220,0 m)	○	⊙

**Figura 14 – Statistiche del vento utilizzate per la producibilità dei singoli aerogeneratori.**

È stata automaticamente applicata dal software una correzione della densità dell'aria al centro del sito, in funzione dell'altezza e della temperatura della stazione climatica più vicina (CROTONE V3 2014), al fine di correggere le curve di potenza degli aerogeneratori, utilizzando per il centro del sito una densità dell'aria  $\rho = 1.185 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ .

La curva di potenza utilizzata è la curva standard "AM 0, 6.6 MW", con una potenza nominale di 6,600 MW per ciascuna turbina eolica. La Figura 15 mostra la curva di potenza, le curve del coefficiente di potenza ( $C_p$ ) e la spinta assiale ( $C_t$ ) del WTG per la densità dell'aria corretta.



**Figura 15 – Curva di potenza (sx) e curve del coefficiente di potenza  $C_p$  e del coefficiente di spinta assiale  $C_t$  (dx).**

Alla producibilità annua lorda viene ridotta del 15%, oltre alle perdite in scia già calcolate nel modulo "Park", per far fronte ad uno scenario di "peggiore ipotesi", tenendo conto delle seguenti perdite di:

- Disponibilità (aerogeneratori, rete esterna al parco eolico, fermo impianto);
- Rete elettrica (perdite elettriche, consumi parassiti dell'impianto);

- Performance aerogeneratori (curve di potenza, isteresi da vento forte, flusso di vento non perfettamente assiale);
- Ambientali;
- Decurtazioni.

## **7. 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 dai quadranti N e da SSO, con la presenza di venti con alto potenziale energetico in particolare nel quadrante SSO.

Per l'aerogeneratore scelto, particolarmente performante grazie all'ampio rotore (diametro rotorico 170 m, altezza al mozzo 135 m), per una altezza massima nel punto più alto pari a 220 m dal suolo, si stima una producibilità annua netta pari a **148.885,5 [MWh/anno]** ed una producibilità specifica annua di circa **2506 ore equivalenti**, avendo considerato una riduzione del 15% per le approssimazioni cautelative descritte nei paragrafi precedenti.

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

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

Si riporta in allegato il report di calcolo di producibilità mediante software WindPro 4.0.

## PARK - Risultato principale

Calcolo: REV4

Modello di scia N.O. Jensen (RISØ/EMD) Park 2 2018

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: 1,3°

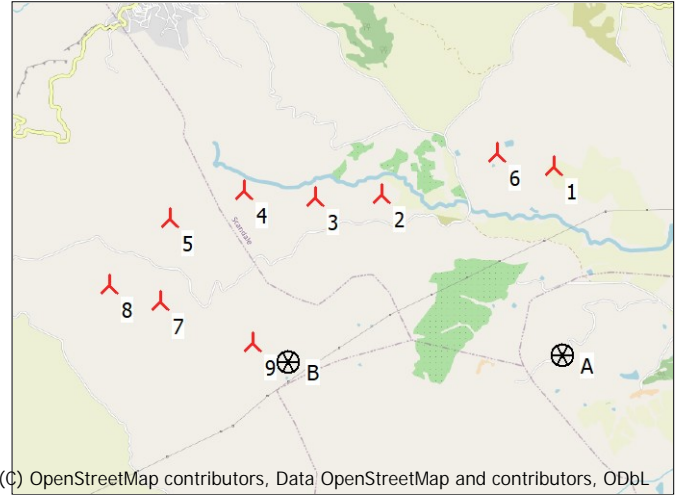
Metodo di correzione della curva di potenza  
Nuovo metodo windPRO (metodo IEC modificato per accordarsi al controllo turbina) <RACCOMANDATO>  
Metodo di calcolo della densità dell'aria  
Funzione dell'altezza, temperatura da stazione climatica  
Stazione: CROTONE V3 2014  
Temperatura di riferimento: 16,0 °C a 161,0 m  
Pressione di riferimento: 1013,3 hPa a 0,0 m  
Densità dell'aria al Centro Sito, all'altezza di riferimento: 140,0 m + 135,0 m = 1,185 kg/m³ -> 96,7 % dello standard  
Umidità relativa: 0,0 %

Parametri del modello di scia  
Tipo terreno Costante di decadimento scia  
Default DTU onshore 0,090 Hub height independent

Altezza di displacement 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

Versione WAsP WAsP 12 Version 12.08.0032



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

Scala 1:75.000

▲ Nuova WTG

⊗ Dati di Sito

## Risultati di riferimento a 135,0 m sopra il terreno

Terreno UTM (north)-WGS84 Zona: 33

Easting	Northing	Nome Oggetto	Dati di Sito	Tipo	Energia del vento [kWh/m²]	Velocità media [m/s]	Rugosità equivalente
A 673.417	4.328.740	Site data: WAsP (4)	WAsP (WAsP 12 Version 12.08.0032)		3.387	6,6	1,2
B 670.707	4.328.613	Site data: Wasp ERA 5 (5)	WAsP (WAsP 12 Version 12.08.0032)		3.606	6,6	2,2

## Produzione annuale stimata del parco eolico

Combinazione di WTG	Risultato PARK [MWh/anno]	Risultato-15,0% [MWh/anno]	Lordo (senza perdite) [MWh/anno]	Perdite di scia [%]	Risultati <sup>a)</sup>		Media per WTG [MWh/anno]	Ore equivalenti [Ore/anno]	Velocità media al mozzo [m/s]
					Fattore di capacità [%]	Media per WTG [MWh/anno]			
Parco eolico	175.159,4	148.885,5	181.519,9	3,5	28,6	16.542,8	2.506	6,5	

<sup>a)</sup> Basato su Risultato-15,0%

## Energia annuale calcolata per ciascuna delle 9 nuove WTG, per un totale di 59,4 MW nominali installati

Tipo di WTG	Statistica	Valida	Produttore	Tipo generatore	Potenza nominale [kW]	Diametro rotore [m]	Altezza mozzo [m]	Curva di potenza Creata da	Nome	Produzione annuale			
										Risultato [MWh/anno]	Risultato-15,0% [MWh/anno]	Perdite di scia [%]	Velocità del vento imperturbato [m/s]
1 A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6.600	6.600	170,0	135,0	EMD	(AM 0, 6,6MW) - 1.225 kg/m3	20.789,8	17.671	1,1	6,70	
2 B	Si	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6.600	6.600	170,0	135,0	EMD	(AM 0, 6,6MW) - 1.225 kg/m3	19.977,6	16.981	2,2	6,54	
3 B	Si	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6.600	6.600	170,0	135,0	EMD	(AM 0, 6,6MW) - 1.225 kg/m3	19.730,0	16.770	3,3	6,55	
4 B	Si	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6.600	6.600	170,0	135,0	EMD	(AM 0, 6,6MW) - 1.225 kg/m3	19.368,5	16.463	4,2	6,52	
5 B	Si	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6.600	6.600	170,0	135,0	EMD	(AM 0, 6,6MW) - 1.225 kg/m3	18.729,7	15.920	5,4	6,44	
6 A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6.600	6.600	170,0	135,0	EMD	(AM 0, 6,6MW) - 1.225 kg/m3	18.449,2	15.682	2,4	6,26	
7 B	Si	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6.600	6.600	170,0	135,0	EMD	(AM 0, 6,6MW) - 1.225 kg/m3	18.412,6	15.651	6,2	6,38	
8 B	Si	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6.600	6.600	170,0	135,0	EMD	(AM 0, 6,6MW) - 1.225 kg/m3	19.195,0	16.316	2,9	6,41	
9 B	Si	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6.600	6.600	170,0	135,0	EMD	(AM 0, 6,6MW) - 1.225 kg/m3	20.507,0	17.431	3,9	6,77	

## Posizione delle WTG

UTM (north)-WGS84 Zona: 33

Easting Northing Z Dati/Descrizione [m]

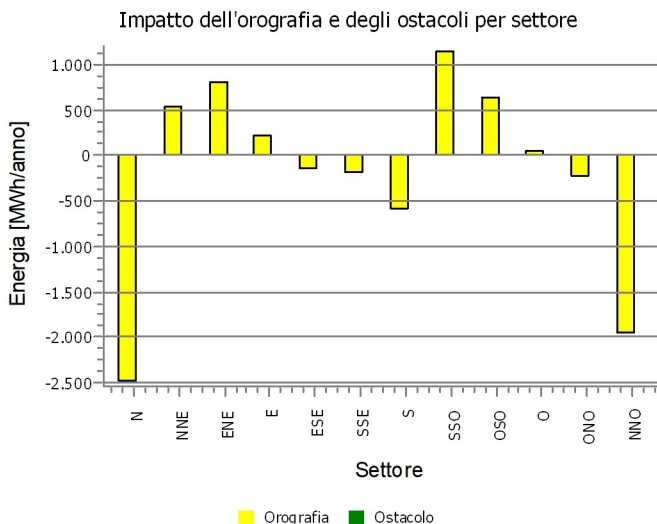
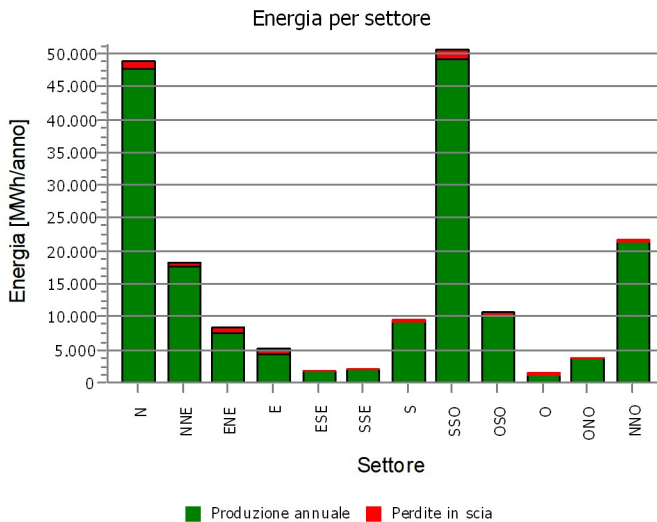
1 Nuova	673.297	4.330.600	140,0	Siemens Gamesa	SG 6.6-170 6600	170,0	!O!	hub: 135,0 m (TOT: 220,0 m) (136)
2 Nuova	671.586	4.330.281	110,0	Siemens Gamesa	SG 6.6-170 6600	170,0	!O!	hub: 135,0 m (TOT: 220,0 m) (137)
3 Nuova	670.928	4.330.240	125,6	Siemens Gamesa	SG 6.6-170 6600	170,0	!O!	hub: 135,0 m (TOT: 220,0 m) (138)
4 Nuova	670.223	4.330.291	147,8	Siemens Gamesa	SG 6.6-170 6600	170,0	!O!	hub: 135,0 m (TOT: 220,0 m) (139)
5 Nuova	669.490	4.329.998	150,0	Siemens Gamesa	SG 6.6-170 6600	170,0	!O!	hub: 135,0 m (TOT: 220,0 m) (140)
6 Nuova	672.727	4.330.726	122,7	Siemens Gamesa	SG 6.6-170 6600	170,0	!O!	hub: 135,0 m (TOT: 220,0 m) (141)
7 Nuova	669.424	4.329.177	103,6	Siemens Gamesa	SG 6.6-170 6600	170,0	!O!	hub: 135,0 m (TOT: 220,0 m) (142)
8 Nuova	668.908	4.329.329	120,0	Siemens Gamesa	SG 6.6-170 6600	170,0	!O!	hub: 135,0 m (TOT: 220,0 m) (143)
9 Nuova	670.345	4.328.789	150,0	Siemens Gamesa	SG 6.6-170 6600	170,0	!O!	hub: 135,0 m (TOT: 220,0 m) (144)



## PARK - Analisi della produzione

Calcolo: REV4 WTG: Tutte le WTG nuove, densità dell'aria variabile con la posizione della WTG: 1,184 kg/m<sup>3</sup> - 1,189 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]	51.317,3	17.583,5	7.462,9	4.869,6	1.901,8	2.081,3	10.019,1	49.410,0	10.050,4	1.396,9	4.119,4	23.494,0	183.706,1
+ Incremento dovuto all'orografia	[MWh]	-2.479,3	524,0	799,2	217,9	-130,5	-185,7	-589,7	1.143,9	641,5	58,1	-234,4	-1.951,2	-2.186,2
- Perdite dovute alle scie	[MWh]	1.081,4	624,3	811,6	865,8	114,8	14,0	250,4	1.316,0	695,1	231,3	212,7	143,1	6.360,4
Energia risultante	[MWh]	47.756,6	17.483,3	7.450,6	4.221,7	1.656,4	1.881,7	9.178,9	49.238,0	9.996,7	1.223,7	3.672,3	21.399,6	175.159,4
Energia specifica	[kWh/m <sup>2</sup> ]													857
Energia specifica	[kWh/kW]													2.949
Incremento dovuto all'orografia	[%]	-4,8	3,0	10,7	4,5	-6,9	-8,9	-5,9	2,3	6,4	4,2	-5,7	-8,3	-1,19
Perdite dovute alle scie	[%]	2,2	3,4	9,8	17,0	6,5	0,7	2,7	2,6	6,5	15,9	5,5	0,7	3,50
Utilizzazione	[%]	26,2	29,4	34,5	32,8	29,4	21,9	26,2	23,3	17,0	24,4	23,2	25,5	25,0
Tempo di operatività	[Ore/anno]	1.503	906	617	443	203	183	443	1.534	641	242	289	744	7.748
Ore equivalenti	[Ore/anno]	804	294	125	71	28	32	155	829	168	21	62	360	2.949



## PARK - Analisi della curva di potenza

Calcolo: REV4 WTG: 1 - Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !OI!, Altezza mozzo: 135,0 m

Nome: (AM 0, 6.6MW) - 1.225 kg/m<sup>3</sup>

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>
18/04/2023	EMD	11/02/2020	18/04/2023	23,0	Pitch	Definito dall'utente	Variable	0,29
D2850368-001 SGRE ON SG 6.6-170 Standard Ct and Power Curve Rev.0 Mode AM 0 - Air Density.pdf								

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

V media	[m/s]	5	6	7	8	9	10
Valore HP Pitch, variable speed (2013)	[MWh]	11.445	17.316	22.937	27.907	32.074	35.390
Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !OI! (AM 0, 6.6MW) - 1.225 kg/m <sup>3</sup>	[MWh]	11.609	17.472	23.042	27.872	31.748	34.592
Valore di controllo	[%]	-1	-1	0	0	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	2.757,0	0,47	7,5	0,84
8,0	3.346,0	0,47	8,0	0,83
8,5	3.974,0	0,47	8,5	0,80
9,0	4.600,0	0,45	9,0	0,77
9,5	5.177,0	0,43	9,5	0,71
10,0	5.660,0	0,41	10,0	0,65
10,5	6.024,0	0,37	10,5	0,58
11,0	6.272,0	0,34	11,0	0,51
11,5	6.424,0	0,30	11,5	0,44
12,0	6.510,0	0,27	12,0	0,38
12,5	6.556,0	0,24	12,5	0,34
13,0	6.579,0	0,22	13,0	0,29
13,5	6.590,0	0,19	13,5	0,26
14,0	6.596,0	0,17	14,0	0,23
14,5	6.598,0	0,16	14,5	0,21
15,0	6.599,0	0,14	15,0	0,19
15,5	6.600,0	0,13	15,5	0,17
16,0	6.600,0	0,12	16,0	0,16
16,5	6.600,0	0,11	16,5	0,14
17,0	6.600,0	0,10	17,0	0,13
17,5	6.600,0	0,09	17,5	0,12
18,0	6.600,0	0,08	18,0	0,12
18,5	6.468,0	0,07	18,5	0,10
19,0	6.336,0	0,07	19,0	0,09
19,5	6.204,0	0,06	19,5	0,08
20,0	6.072,0	0,05	20,0	0,07
20,5	5.940,0	0,05	20,5	0,07
21,0	5.808,0	0,05	21,0	0,06
21,5	5.676,0	0,04	21,5	0,06
22,0	5.544,0	0,04	22,0	0,05
22,5	5.412,0	0,03	22,5	0,05
23,0	5.280,0	0,03	23,0	0,04

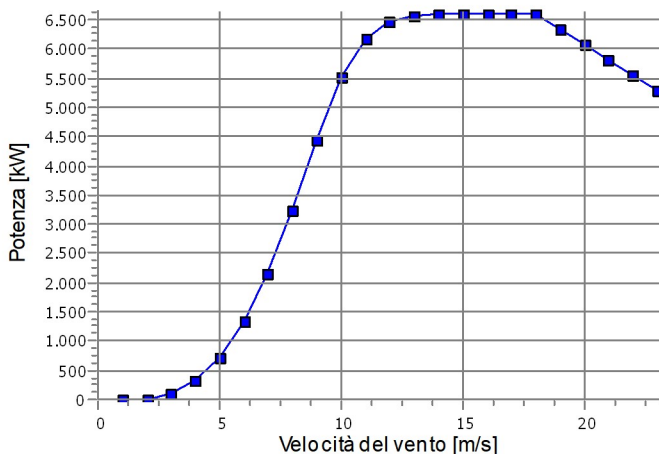
## Potenza, efficienza ed energia vs. velocità del vento

Dati usati nel calcolo, Densità dell'aria: 1,185 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	82,9	0,23	2,50-3,50	71,3	71,3	0,3
4,0	314,3	0,37	3,50-4,50	289,0	360,3	1,7
5,0	731,0	0,43	4,50-5,50	645,4	1.005,7	4,8
6,0	1.329,9	0,46	5,50-6,50	1.112,3	2.118,1	10,2
7,0	2.156,5	0,47	6,50-7,50	1.647,7	3.765,7	18,1
8,0	3.237,2	0,47	7,50-8,50	2.176,6	5.942,3	28,6
9,0	4.459,6	0,45	8,50-9,50	2.557,0	8.499,3	40,9
10,0	5.521,0	0,41	9,50-10,50	2.639,2	11.138,5	53,6
11,0	6.178,5	0,35	10,50-11,50	2.409,8	13.548,2	65,2
12,0	6.469,3	0,28	11,50-12,50	2.001,6	15.549,8	74,8
13,0	6.566,7	0,22	12,50-13,50	1.561,2	17.111,0	82,3
14,0	6.592,5	0,18	13,50-14,50	1.167,5	18.278,5	87,9
15,0	6.598,4	0,15	14,50-15,50	845,0	19.123,4	92,0
16,0	6.600,0	0,12	15,50-16,50	594,0	19.717,5	94,8
17,0	6.600,0	0,10	16,50-17,50	406,6	20.124,1	96,8
18,0	6.600,0	0,08	17,50-18,50	269,5	20.393,6	98,1
19,0	6.336,0	0,07	18,50-19,50	171,5	20.565,1	98,9
20,0	6.072,0	0,06	19,50-20,50	105,9	20.671,0	99,4
21,0	5.808,0	0,05	20,50-21,50	64,6	20.735,6	99,7
22,0	5.544,0	0,04	21,50-22,50	39,3	20.774,9	99,9
23,0	5.280,0	0,03	22,50-23,50	14,9	20.789,8	100,0

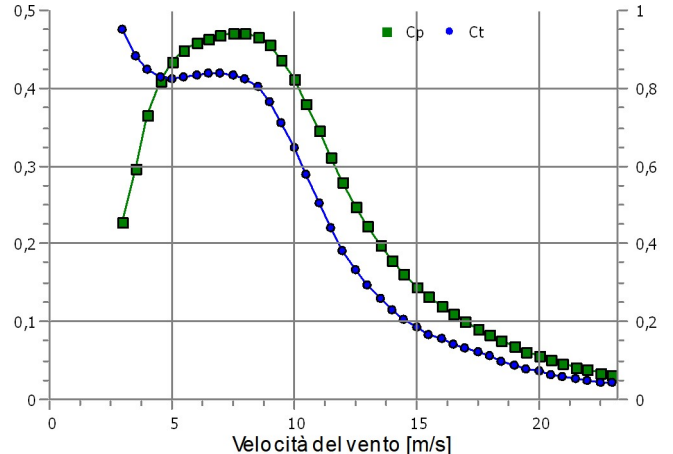
### Curva di potenza

Per una densità dell'aria: 1,185 kg/m<sup>3</sup> e dati climatici di riferimento



### Curve Cp e Ct

Per una densità dell'aria: 1,185 kg/m<sup>3</sup> e dati climatici di riferimento



Progetto:  
Scandale

Utente autorizzato:  
Studio Tecnico BFP s.r.l.  
Via degli Arredatori, 8  
IT-70026 Modugno (BA)  
+39 080 5046361  
Marco D'Arcangelo / m.darcangelo@bfpgroup.net  
Redatto il:  
14/03/2024 18:28/4.0.422

## PARK - Terreno

Calcolo: REV4 Dati di Sito: A - Site data: WAsP (4)

Ostacoli:

0 ostacoli usati

Rugosità:

Il calcolo usa i seguenti files .map:

C:\Users\darcangelom\Documents\WindPRO Data\Projects\Scandale\ROUGHNESSLINE\_ONLINEDATA\_0.wpo  
Min X: 623.402, Max X: 689.558, Min Y: 4.278.570, Max Y: 4.380.072, Ampiezza: 66.156 m, Altezza: 101.503 m

Orografia:

Il calcolo usa i seguenti files .map:

C:\Users\darcangelom\Documents\WindPRO Data\Projects\Scandale\CONTOURLINE\_ONLINEDATA\_0.wpo  
Min X: 657.568, Max X: 687.409, Min Y: 4.312.258, Max Y: 4.345.190, Ampiezza: 29.842 m, Altezza: 32.932 m

## PARK - Analisi dei Dati di vento

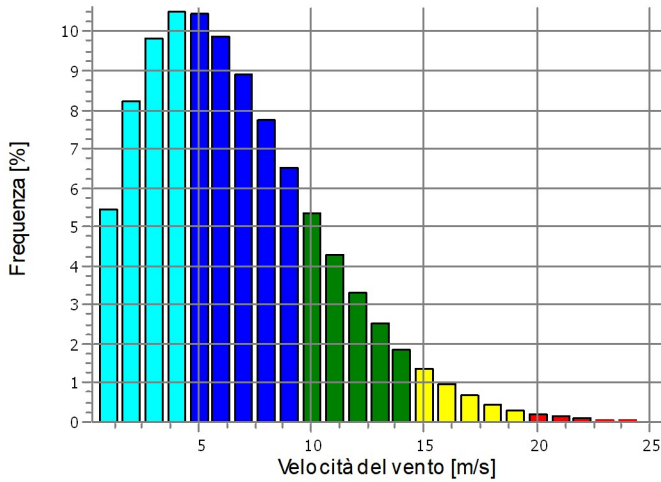
Calcolo: REV4 Dati di vento: A - Site data: WASP (4); Altezza mozzo: 135,0

Coordinate del sito  
UTM (north)-WGS84 Zone: 33  
Est: 673.417 Nord: 4.328.740  
Statistica del Vento  
IT EMD-WRF Europe+ (ERA5)\_N39,09037\_E017,00827 (1) - 100.00 m.wws

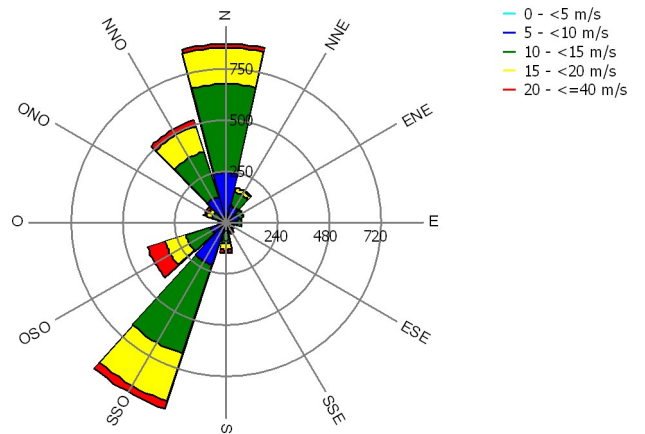
### Parametri Weibull

Site attuale				
Settore	Parametro A [m/s]	Velocità del vento [m/s]	Parametro k	Frequenza [%]
0 N	8,90	7,88	2,260	19,7
1 NNE	5,92	5,29	1,650	9,5
2 ENE	5,37	4,77	1,928	7,8
3 E	5,47	4,85	2,033	6,4
4 ESE	4,61	4,26	1,303	3,0
5 SSE	4,79	4,60	1,119	2,5
6 S	6,98	6,25	1,615	4,6
7 SSO	9,58	8,49	2,322	17,7
8 OSO	7,12	6,48	1,404	9,2
9 O	3,62	3,50	1,092	3,6
10 ONO	5,56	5,13	1,307	4,6
11 NNO	8,67	7,69	2,006	11,4
Tutti	7,40	6,61	1,701	100,0

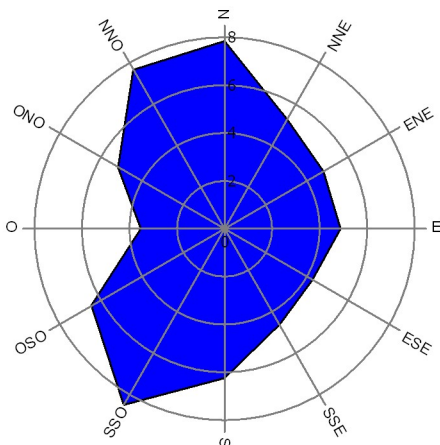
Distribuzione di Weibull



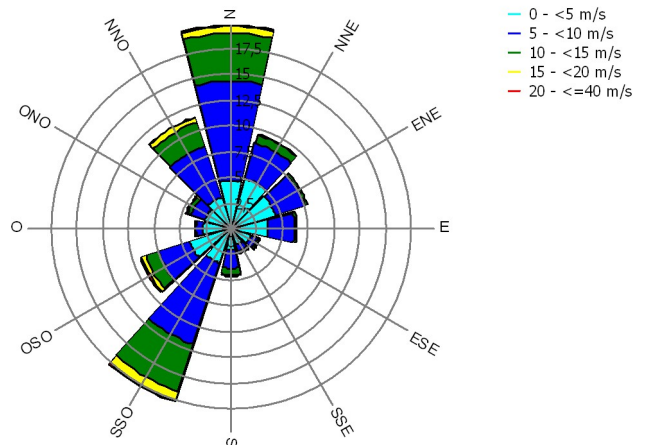
Rosa dell'energia (kWh/m²/Anno)



Velocità media (m/s)



Frequenza (%)



## PARK - Analisi dei Dati di vento

Calcolo: REV4 Dati di vento: A - Site data: WASP (4); Altezza mozzo: 135,0

Coordinate del sito

UTM (north)-WGS84 Zone: 33

Est: 672.727 Nord: 4.330.726

6 - Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 135,0 m (TOT: 220,0 m) (141)

Statistica del Vento

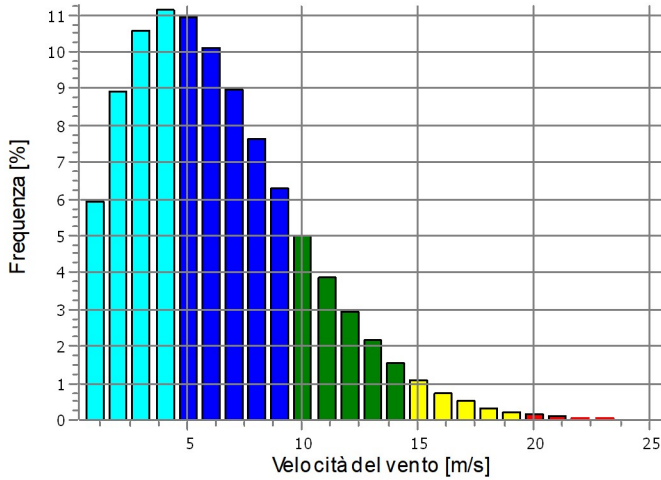
IT EMD-WRF Europe+ (ERA5)\_N39,09037\_E017,00827 (1) - 100.00 m.wws

### Parametri Weibull

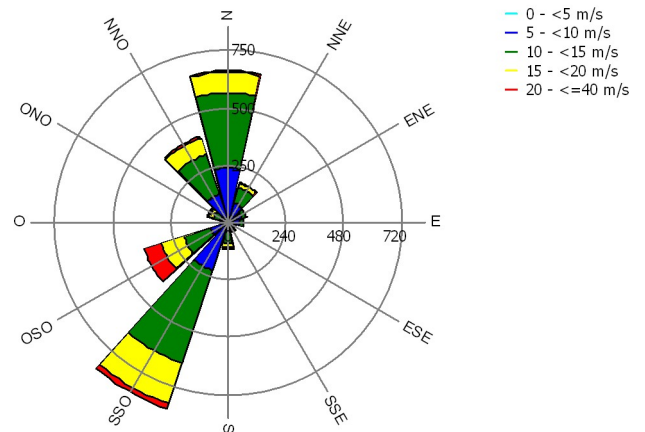
Sito attuale

Settore	Parametro A [m/s]	Velocità del vento [m/s]	Parametro k	Frequenza [%]
0 N	8,24	7,30	2,260	18,9
1 NNE	5,89	5,26	1,670	10,1
2 ENE	5,22	4,63	1,943	8,1
3 E	5,34	4,73	2,010	6,4
4 ESE	4,38	4,05	1,299	2,9
5 SSE	4,50	4,31	1,123	2,4
6 S	6,51	5,83	1,627	4,5
7 SSO	9,27	8,22	2,338	17,6
8 OSO	6,90	6,30	1,393	9,5
9 O	3,50	3,38	1,096	3,8
10 ONO	5,28	4,86	1,318	4,6
11 NNO	8,00	7,09	2,021	11,1
Tutti	7,02	6,26	1,705	100,0

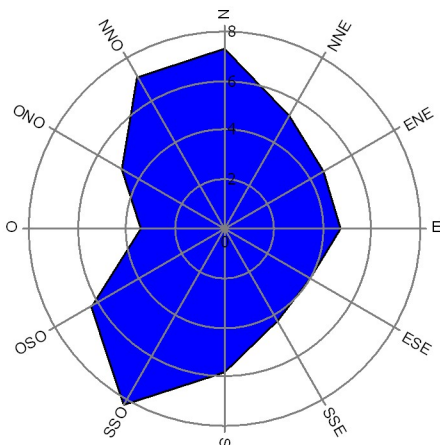
Distribuzione di Weibull



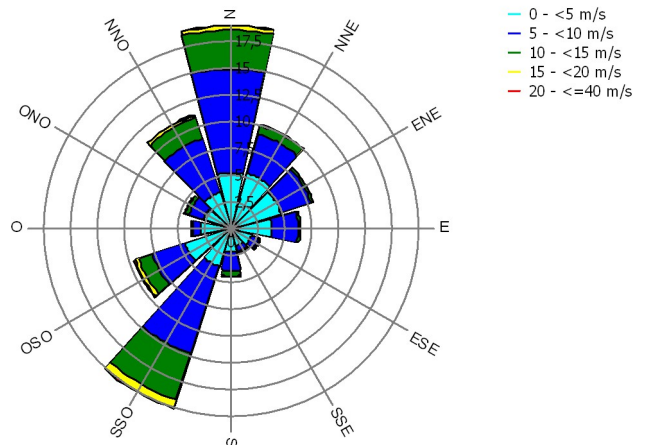
Rosa dell'energia (kWh/m<sup>2</sup>/Anno)



Velocità media (m/s)



Frequenza (%)



## PARK - Analisi dei Dati di vento

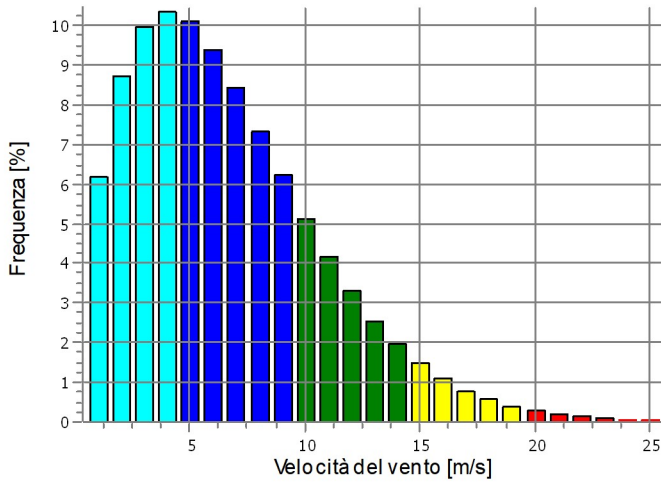
Calcolo: REV4 Dati di vento: B - Site data: Wasp ERa 5 (5); Altezza mozzo: 135,0

Coordinate del sito  
UTM (north)-WGS84 Zone: 33  
Est: 670.707 Nord: 4.328.613  
Statistica del Vento  
IT EMD-WRF Europe+ (ERA5)\_N39,089954\_E016,973816 (5) - 100.00 m.wws

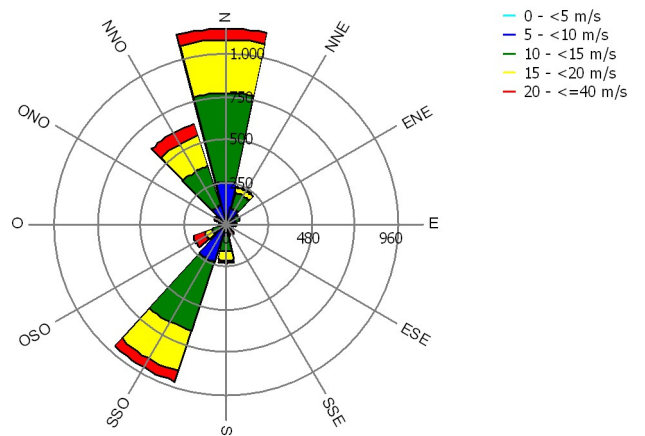
### Parametri Weibull

Site attuale				
Settore	Parametro A [m/s]	Velocità del vento [m/s]	Parametro k	Frequenza [%]
0 N	9,58	8,48	2,232	20,7
1 NNE	6,40	5,71	1,721	10,5
2 ENE	5,37	4,77	1,834	7,1
3 E	5,19	4,61	1,830	5,7
4 ESE	4,08	3,82	1,217	2,8
5 SSE	4,36	4,31	1,025	2,8
6 S	7,30	6,53	1,666	6,6
7 SSO	8,85	7,84	2,029	20,2
8 OSO	4,58	4,58	0,998	6,9
9 O	2,65	2,74	0,932	2,9
10 ONO	4,52	4,37	1,092	3,4
11 NNO	9,37	8,31	1,959	10,5
Tutti	7,38	6,61	1,611	100,0

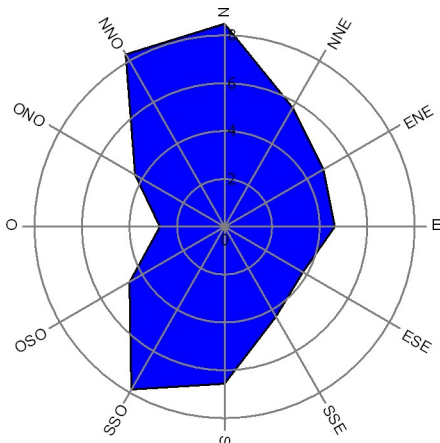
Distribuzione di Weibull



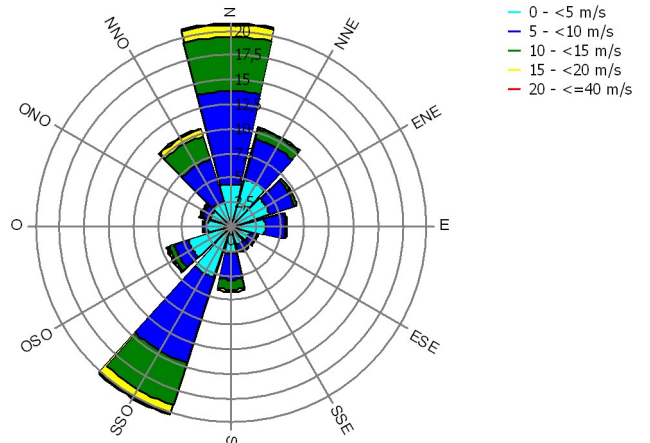
Rosa dell'energia (kWh/m²/Anno)



Velocità media (m/s)



Frequenza (%)



## PARK - Analisi dei Dati di vento

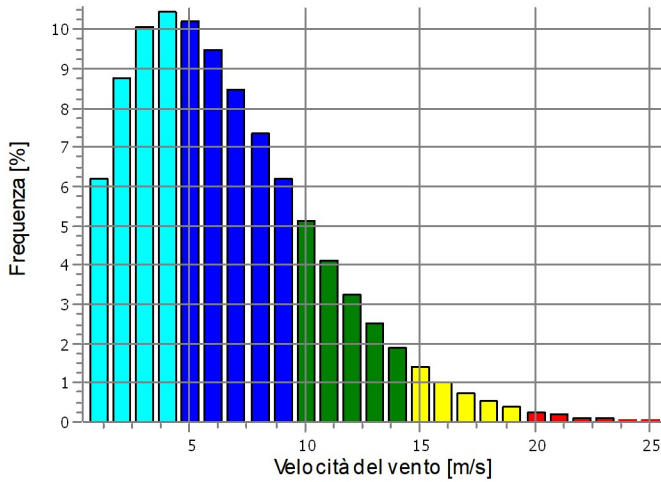
Calcolo: REV4 Dati di vento: B - Site data: Wasp ERa 5 (5); Altezza mozzo: 135,0

Coordinate del sito  
UTM (north)-WGS84 Zone: 33  
Est: 670.928 Nord: 4.330.240  
3 - Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 135,0 m (TOT: 220,0 m) (138)  
Statistica del Vento  
IT EMD-WRF Europe+ (ERA5)\_N39,089954\_E016,973816 (5) - 100.00 m.w.w.s

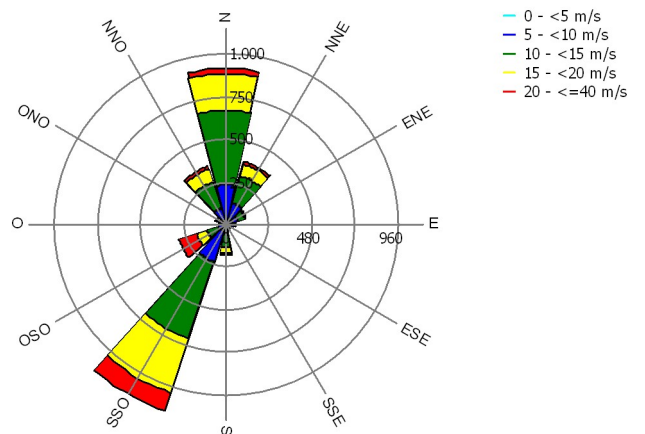
### Parametri Weibull

Site attuale				
Settore	Parametro A [m/s]	Velocità del vento [m/s]	Parametro k	Frequenza [%]
0 N	9,10	8,06	2,221	19,2
1 NNE	7,19	6,40	1,783	12,8
2 ENE	5,75	5,11	1,822	8,1
3 E	5,14	4,58	1,779	5,4
4 ESE	3,73	3,51	1,193	2,5
5 SSE	3,69	3,73	0,979	2,3
6 S	6,91	6,18	1,631	6,0
7 SSO	9,28	8,23	2,010	20,6
8 OSO	5,16	5,08	1,041	8,0
9 O	2,69	2,72	0,975	2,9
10 ONO	4,68	4,43	1,170	3,4
11 NNO	8,23	7,30	1,951	8,9
Tutti	7,31	6,55	1,619	100,0

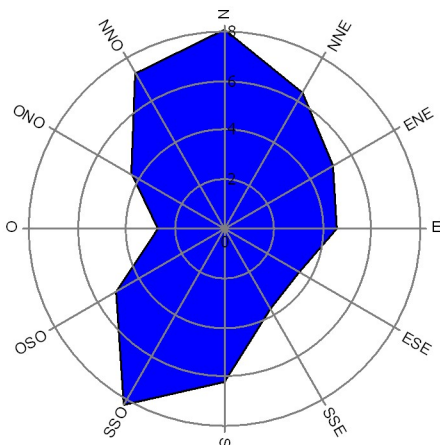
Distribuzione di Weibull



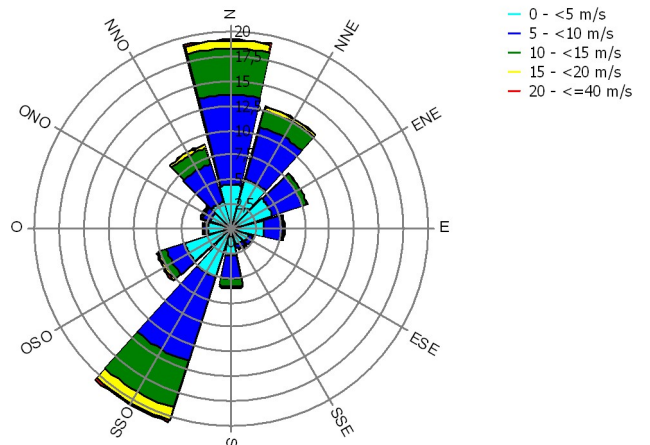
Rosa dell'energia (kWh/m²/Anno)



Velocità media (m/s)



Frequenza (%)



## PARK - Analisi dei Dati di vento

Calcolo: REV4 Dati di vento: B - Site data: Wasp ERa 5 (5); Altezza mozzo: 135,0

Coordinate del sito

UTM (north)-WGS84 Zone: 33

Est: 668.908 Nord: 4.329.329

8 - Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 135,0 m (TOT: 220,0 m) (143)

Statistica del Vento

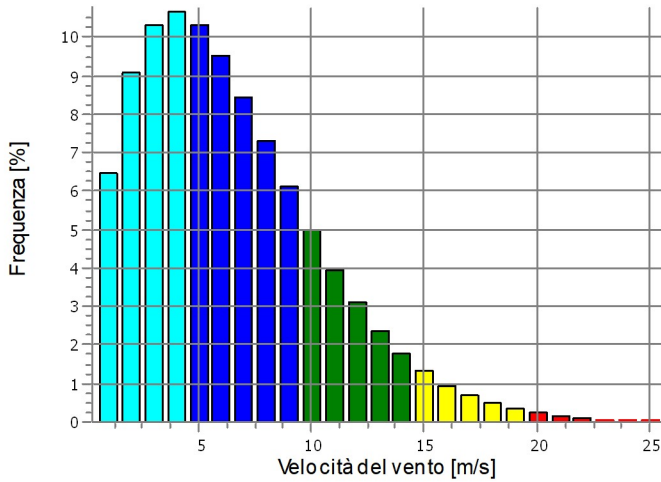
IT EMD-WRF Europe+ (ERA5)\_N39,089954\_E016,973816 (5) - 100.00 m.w.w.s

### Parametri Weibull

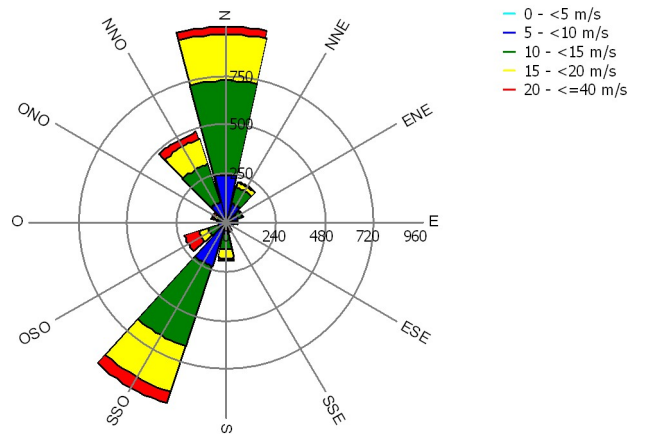
Sito attuale

Settore	Parametro A [m/s]	Velocità del vento [m/s]	Parametro k	Frequenza [%]
0 N	9,19	8,14	2,232	20,4
1 NNE	6,15	5,48	1,729	11,0
2 ENE	5,37	4,77	1,850	7,5
3 E	5,10	4,53	1,818	5,6
4 ESE	3,89	3,66	1,197	2,7
5 SSE	3,89	3,92	0,982	2,5
6 S	7,03	6,29	1,646	6,3
7 SSO	8,83	7,82	2,025	20,5
8 OSO	4,73	4,68	1,025	7,4
9 O	2,55	2,59	0,967	2,9
10 ONO	4,79	4,55	1,158	3,6
11 NNO	8,84	7,83	1,947	9,8
Tutti	7,16	6,41	1,611	100,0

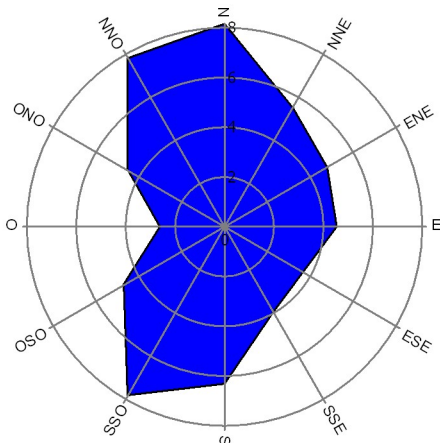
Distribuzione di Weibull



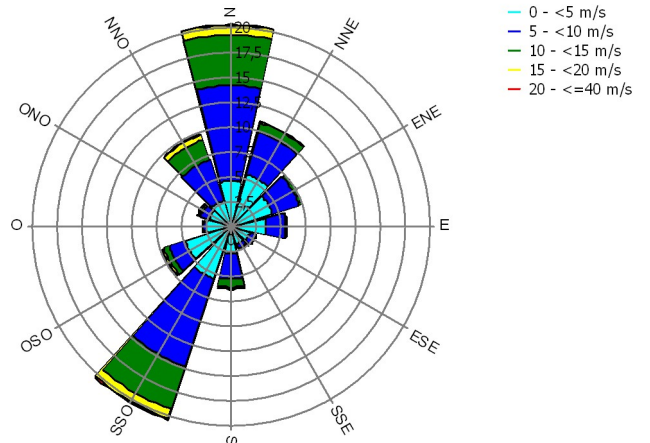
Rosa dell'energia (kWh/m²/Anno)



Velocità media (m/s)



Frequenza (%)





## PARK - Curva di potenza del parco

Calcolo: REV4

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	1.540	1.352	1.428	1.398	1.233	1.023	1.330	1.506	1.428	1.398	1.232	1.010	1.310	1.506
4,5	4.523	4.084	4.255	4.176	3.803	3.378	4.041	4.439	4.256	4.176	3.803	3.361	4.028	4.439
5,5	9.050	8.276	8.575	8.437	7.786	7.024	8.195	8.902	8.576	8.438	7.783	7.008	8.183	8.902
6,5	15.425	14.152	14.644	14.413	13.342	12.117	14.020	15.182	14.646	14.412	13.334	12.092	14.008	15.182
7,5	24.022	22.081	22.833	22.482	20.840	18.975	21.880	23.651	22.836	22.482	20.831	18.937	21.858	23.651
8,5	34.657	32.100	33.107	32.668	30.472	27.822	31.779	34.181	33.110	32.669	30.465	27.777	31.757	34.181
9,5	45.318	42.850	43.877	43.512	41.324	38.117	42.362	44.894	43.879	43.515	41.324	38.108	42.362	44.894
10,5	53.166	51.636	52.330	52.151	50.761	48.061	51.161	52.933	52.327	52.153	50.762	48.129	51.199	52.933
11,5	57.248	56.668	56.951	56.893	56.363	55.102	56.428	57.167	56.948	56.894	56.369	55.159	56.474	57.167
12,5	58.798	58.649	58.722	58.708	58.573	58.240	58.586	58.778	58.720	58.708	58.575	58.258	58.599	58.778
13,5	59.256	59.226	59.241	59.238	59.211	59.144	59.213	59.252	59.240	59.238	59.211	59.150	59.217	59.252
14,5	59.372	59.366	59.369	59.368	59.363	59.351	59.364	59.371	59.369	59.368	59.363	59.352	59.364	59.371
15,5	59.394	59.393	59.394	59.393	59.392	59.391	59.393	59.394	59.394	59.393	59.392	59.391	59.393	59.394
16,5	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400
17,5	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400
18,5	58.212	58.327	58.279	58.297	58.397	58.548	58.348	58.232	58.279	58.296	58.397	58.545	58.350	58.232
19,5	55.836	55.935	55.894	55.909	55.995	56.123	55.953	55.853	55.894	55.909	55.995	56.122	55.953	55.853
20,5	53.460	53.545	53.510	53.523	53.597	53.707	53.561	53.475	53.510	53.523	53.597	53.707	53.561	53.475
21,5	51.084	51.159	51.128	51.140	51.205	51.302	51.173	51.097	51.128	51.140	51.205	51.302	51.173	51.097
22,5	48.708	48.774	48.746	48.757	48.814	48.898	48.786	48.720	48.746	48.757	48.814	48.898	48.786	48.719
23,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
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:

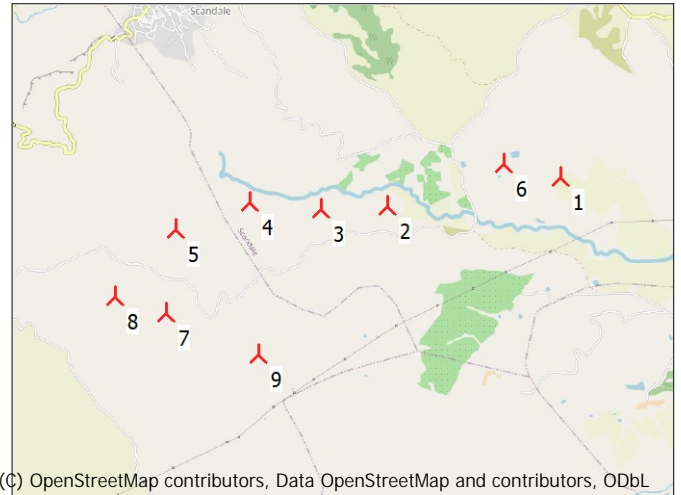
Nel menu " Risultato su file" è disponibile anche l' opzione " Velocità del vento entro il parco eolico" . Essa può essere utilizzata per estrarre (e.g. con Excel) le perdite indotte dalle scie sulla velocità del vento misurata.

## PARK - Distanze tra le WTG

Calcolo: REV4

### Distanze tra le WTG

Z	WTG più vicina	Z	Distanza orizzontale [m]	Distanza in Diametri Rotore
1	6	122,7	583	3,4
2	3	125,6	659	3,9
3	2	110,0	659	3,9
4	3	125,6	707	4,2
5	4	147,8	789	4,6
6	1	140,0	583	3,4
7	8	120,0	538	3,2
8	7	103,6	538	3,2
9	7	103,6	1.000	5,9
Min		103,6	538	3,2
Max		147,8	1.000	5,9



Progetto:  
Scandale

Utente autorizzato:  
Studio Tecnico BFP s.r.l.  
Via degli Arredatori, 8  
IT-70026 Modugno (BA)  
+39 080 5046361  
Marco D'Arcangelo / m.darcangelo@bfpgroup.net  
Redatto il:  
14/03/2024 18:28/4.0.422

## PARK - Info Statistica di Vento

Calcolo: REV4

### Dati per il calcolo della Statistica del Vento

File	C:\Users\darcangelom\Documents\WindPRO Data\Projects\Scandale\IT EMD-WRF Europe+ (ERA5)_N39,09037_E017,00827 (1) - 100.00 m.wws
Nome	EMD-WRF Europe+ (ERA5)_N39,09037_E017,00827 (1) - 100.00 m
Paese	Italy
Fonte	USER
Coordinate mast	UTM (north)-WGS84 Zona: 33 Est: 673.686 Nord: 4.328.725
Creato	02/10/2023
Modificato	02/10/2023
Settori	12
Versione WAsP	WAsP 12 Version 12.08.0032
Sistema di coordinate	UTM (north)-WGS84 Zona: 33
Altezza di dislocamento	Nessuna

### Ulteriori informazioni sulla Statistica

Fonte dati	EMD-WRF Europe+ (ERA5)_N39,09037_E017,00827 (1)
Dati dal	01/01/1999
al	01/09/2023
Periodo di misura	296,0 mesi
Tasso di recupero	100,0 %
Periodo di misura effettivo	296,0 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.

Progetto:  
Scandale

Utente autorizzato:  
Studio Tecnico BFP s.r.l.  
Via degli Arredatori, 8  
IT-70026 Modugno (BA)  
+39 080 5046361  
Marco D'Arcangelo / m.darcangelo@bfpgroup.net  
Redatto il:  
14/03/2024 18:28/4.0.422

## PARK - Info Statistica di Vento

Calcolo: REV4

### Dati per il calcolo della Statistica del Vento

File	C:\Users\darcangelom\Documents\WindPRO Data\Projects\Scandale\IT EMD-WRF Europe+ (ERA5)_N39,089954_E016,973816 (5) - 100.00 m.wws
Nome	EMD-WRF Europe+ (ERA5)_N39,089954_E016,973816 (5) - 100.00 m
Paese	Italy
Fonte	USER
Coordinate mast	UTM (north)-WGS84 Zona: 33 Est: 670.707 Nord: 4.328.613
Creato	06/10/2023
Modificato	06/10/2023
Settori	12
Versione WAsP	WAsP 12 Version 12.08.0032
Sistema di coordinate	UTM (north)-WGS84 Zona: 33
Altezza di dislocamento	Nessuna

### Ulteriori informazioni sulla Statistica

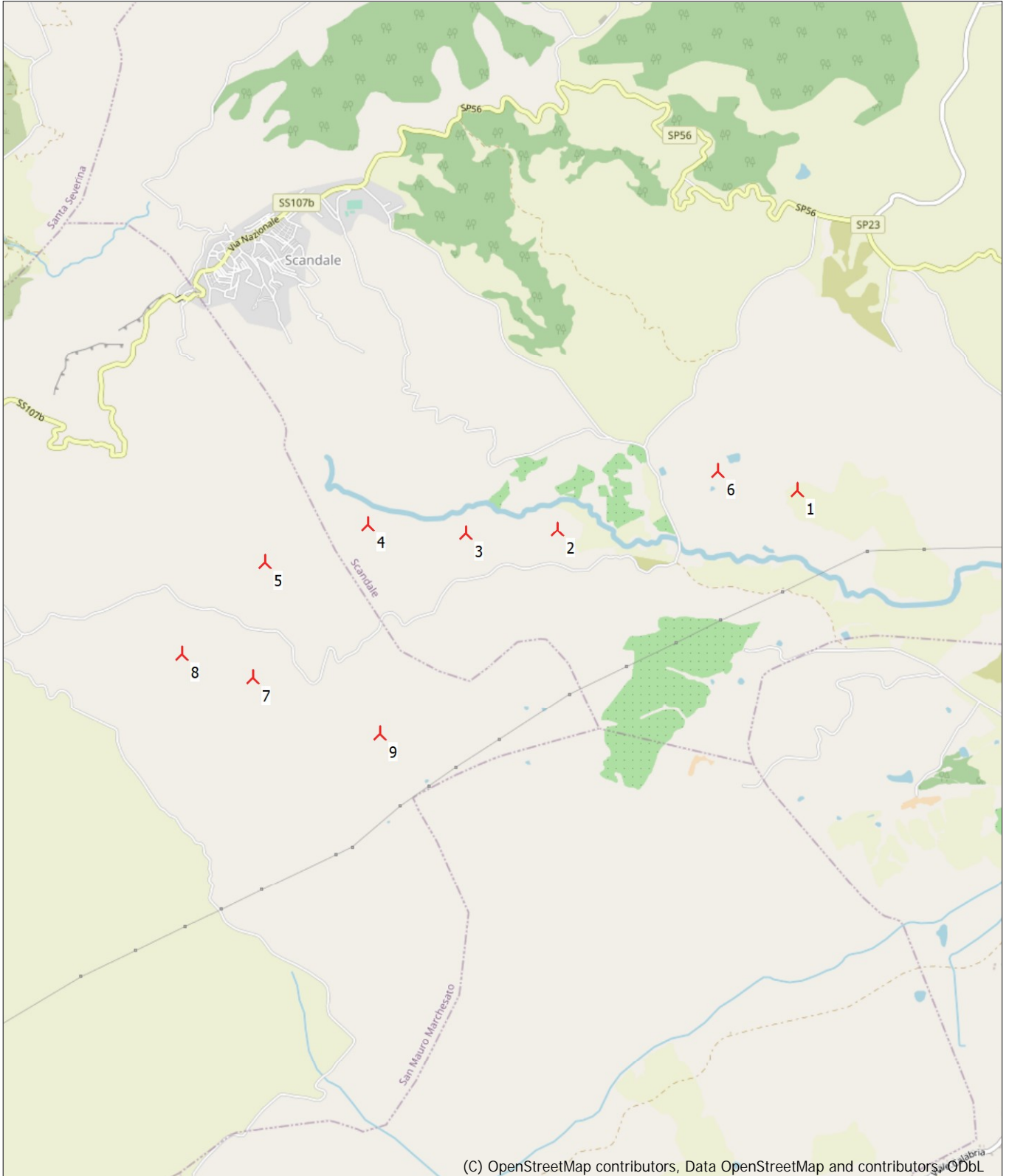
Fonte dati	EMD-WRF Europe+ (ERA5)_N39,089954_E016,973816 (5)
Dati dal	01/01/1999
al	01/09/2023
Periodo di misura	296,0 mesi
Tasso di recupero	100,0 %
Periodo di misura effettivo	296,0 mesi

### Commento

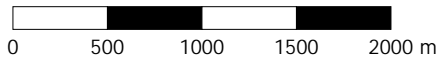
Per ottenere un risultato corretto, la Statistica del Vento deve essere stata calcolata con lo STESSO modello e parametrizzazione selezionati in questo calcolo. Versioni di WAsP precedenti alla 10.0 non presentano variazioni sostanziali, ma nelle versioni successive le modifiche applicate hanno effetto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

## PARK - Mappa

Calcolo: REV4



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



Mappa: EMD OpenStreetMap , Scala di stampa 1:40.000, Centro mappa UTM (north)-WGS84 Zone: 33 Est: 671.102 Nord: 4.329.757

🚧 Nuova WTG