

REGIONE LAZIO  
PROVINCIA DI VITERBO

Comuni:

Tuscania e Arlena di Castro

Località "Mandria Casaletto - San Giuliano - Cioccatello - Campo Villano "

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI  
PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA

Sezione :

**COMPENSAZIONE AMBIENTALE**

Titolo elaborato:

RELAZIONE ANEMOLOGICA

N. Elaborato: AN.SIA01

Scala:

Committente



WPD San Giuliano S.r.l.  
Viale Aventino, 102  
00153 Roma(RM)  
c.f. e P.IVA 15443461007

Amministratore

**Ing. Lorenzo LONGO**

Redazione



Progettazione



**sede legale e operativa**

San Giorgio Del Sannio (BN) via de Gasperi 61

**sede operativa**

Lucera (FG) S.S.17 loc. Vaccarella snc c/o Villaggio Don Bosco

P.IVA 01465940623

**Azienda con sistema gestione qualità Certificato N. 50 100 11873**



Progettista

**Dott. Ing. Nicola FORTE**



Rev.	Data	Elaborazione	Approvazione	Emissione	DESCRIZIONE
00	Maggio 2020	WPD sigla	ML sigla	NF sigla	Emissione progetto definitivo
		Elaborazione	Approvazione	Emissione	
Nome File sorgente		GE.TSC01.PD.AN.SIA01.dwg	Nome file stampa	GE.TSC01.AN.SIA.01.pdf	Formato di stampa A4

**PROGETTO PER UN PARCO EOLICO DENOMINATO  
“TUSCANIA”  
NEL COMUNE DI TUSCANIA (VT)  
RELAZIONE ANEMOLOGICA**

## Sommario

Premessa .....	2
1. Introduzione .....	2
2. Descrizione del Sito .....	3
3. Analisi dei dati utilizzati .....	7
4. Analisi dei dati a disposizione: Atlante eolico e stazioni meteo.....	12
5. Risultati dei modelli matematici per le rappresentazione della ventosità.....	13
6. Stima della produzione energetica del parco eolico .....	14
7. Conclusioni .....	19

## **Premessa**

Il presente studio è relativo alle caratteristiche anemologiche e alla stima di producibilità per un impianto eolico, situato nel comune di Tuscania (VI).

La finalità di questo report, redatto da un team specialistico di esperti della proponente WPD, è quella di caratterizzare le condizioni anemologiche e determinare la stima del rendimento energetico dell'impianto su base annuale.

Tale valutazione è stata eseguita tenendo presente che il progetto è diviso in due cluster, uno a nord ed uno a sud del comune di Tuscania (VI) e che i due cluster hanno al loro interno caratteristiche omogenee.

Si è partiti da una serie storica di dati (10 anni), basati sul modello Vortex era5, successivamente è stata messa a confronto con le misure fornite dall'Atlante Eolico e i dati di una vicina stazione meteo, per aumentarne la probabilità statistica di affidabilità del dato.

### **1. Introduzione**

Lo studio ha lo scopo di analizzare le misure fornite dal Vortex. Lo studio ha l'obiettivo di fornire un dato attendibile sulla ventosità dell'area. Per verificarne il contenuto i dati vengono poi sovrapposti alle informazioni disponibili sull'atlante eolico e sulle stazioni meteo presenti, che forniscono un quadro d'insieme sulle aree di interesse.

L'obiettivo finale è di verificare la producibilità del sito con le turbine indicate dalla società. Sono a questo scopo generati i file di ingresso nei modelli matematici specifici per l'analisi della produttività di un parco eolico, sono state verificate varie configurazioni di layout e tipologie di macchine, fino al raggiungimento del massimo rendimento, dal punto di vista di sfruttamento della risorsa eolica, sempre nel rispetto di tutti i vincoli presenti.

La struttura della documentazione si divide in tre sezioni principali. La prima (cap 2) descrive la zona oggetto dello studio attraverso le proprie specificità: l'orografia, la rugosità e la disposizione degli aerogeneratori sul territorio. La seconda (cap 3, 4) descrive lo strumento su cui si è costruita la serie storica dei dati e si vede come i dati del vento si trasformano in curve di Weibull, dalle quali

si ricavando i parametri necessari ai modelli di calcolo. La previsione si effettua con software specifico del quale vengono illustrate brevemente le metodologie di calcolo e le caratteristiche peculiari. L'ultima parte (cap 5,6) è dedicata alle conclusioni in cui la stima di ventosità si trasforma in una stima di produzione energetica, arrivando al risultato finale in cui vi è una eliminazione delle perdite e il calcolo dell'incertezza.

## 2. Descrizione del Sito

Il sito oggetto dello studio è situato nel comune di Tuscania (VI) come riportato in Figura 1.

L'area di posizionamento degli aerogeneratori è caratterizzata da una complessità orografica bassa, quasi pianeggiante. Topograficamente ha una altezza compresa tra 50 e 300 metri. Si è considerata una temperatura media di 16 °C, derivante dalle rilevazioni presso le stazioni meteo vicine al sito, perciò la densità media dell'aria nel sito all'altezza del mozzo è considerata intorno ai:  $\rho=1,22 \text{ Kg/m}^3$ .

Attualmente, l'area è in buona parte agricola. La copertura vegetazionale è bassa, e perciò l'area in studio si caratterizza per una rugosità bassa.

Gli aerogeneratori sono divisi in due cluster principali, cercando di sfruttare al massimo il vento che ha una direzione prevalente da Nord Est. Il posizionamento è stato deciso in base a diversi fattori: la mancanza di vegetazione, la lontananza di rilievi che ne aumentano la turbolenza con una possibile riduzione della produttività, il rispetto di tutti i vincoli presenti e delle aree non idonee indicate nel PRG, la lontananza dai recettori sensibili e la accessibilità alle posizioni prescelte per gli aerogeneratori

Nella Figura 1 è mostrato il layout proposto che si sviluppa interamente nel comune di Tuscania (VI). L'area di progetto è ampia e rispetta una distanza tra le macchine di oltre 5 volte il diametro nella direzione prevalente del vento, in modo che il layout sia ottimizzato al massimo in funzione delle diverse direzioni del vento. Il parco è considerato diviso su due aree una a nord ed una sud ( Figura 2).

Non è quindi sufficiente un'indagine metereologica puntuale, ma è necessario aggiungere l'analisi dei diversi strumenti di simulazione e previsione dell'andamento del vento, per avere una chiara e dettagliata informazione della produttività del parco e della sua configurazione ideale.

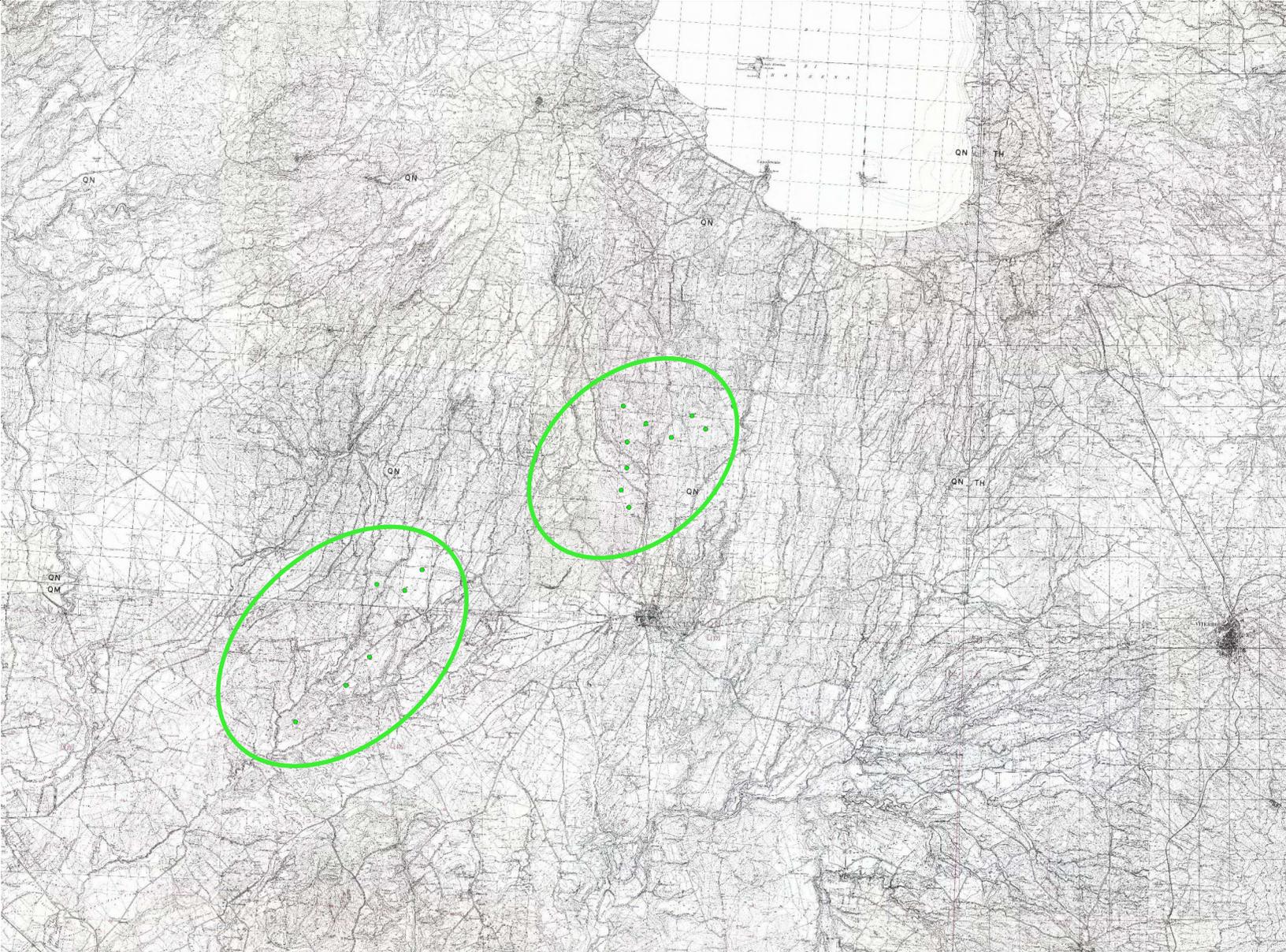


Figura 1: Inquadramento su IGM del progetto che si divide in due cluster principali.

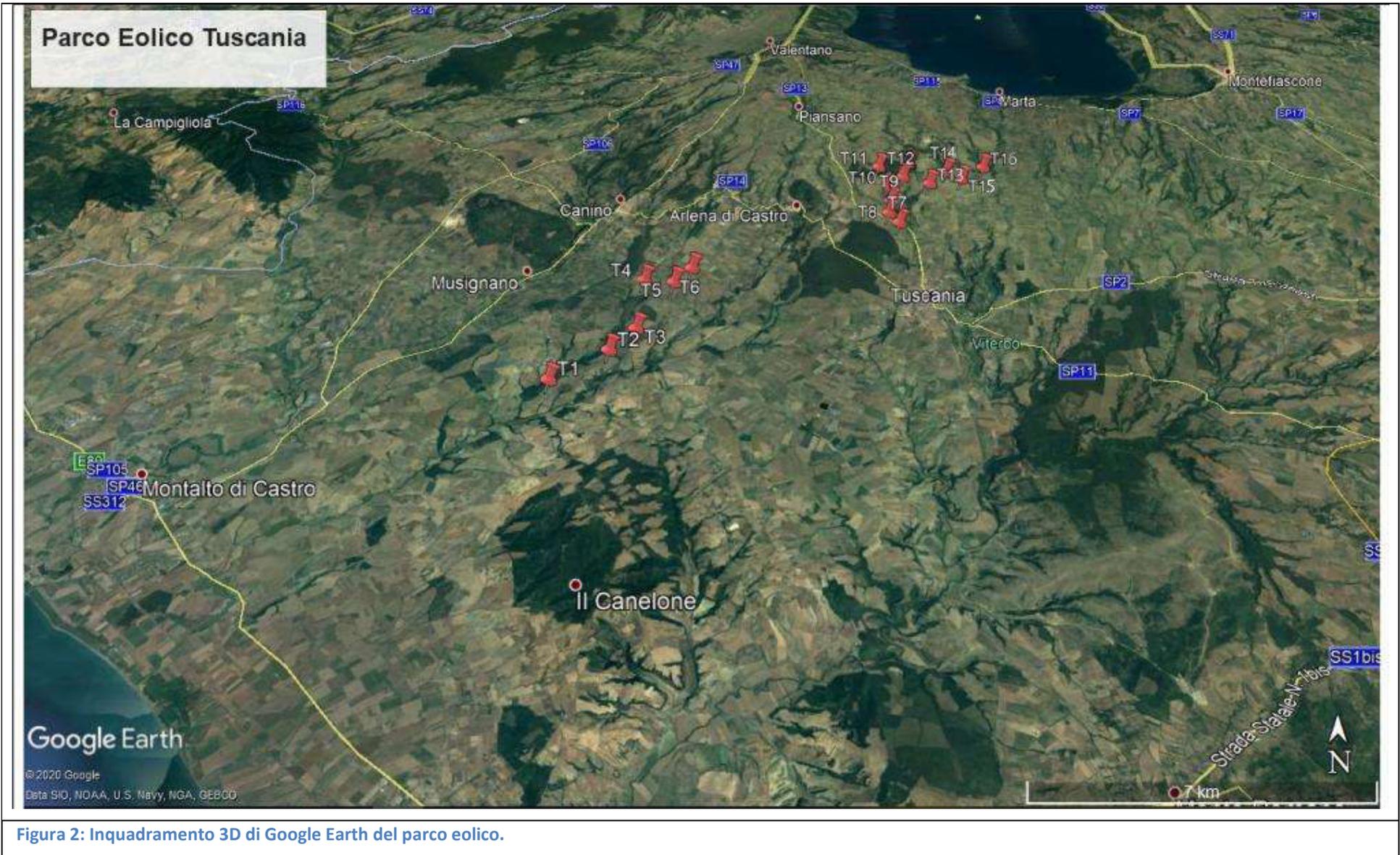


Figura 2: Inquadramento 3D di Google Earth del parco eolico.

### 3. Analisi dei dati utilizzati

Il modello di calcolo Vortex è indispensabile per le analisi a lungo termine. Vortex fornisce serie storiche basate su dati orari in diverse posizioni. L'oggetto meteo è stato inserito nell'area nord del layout di parco, quello più rappresentativo del progetto. Sotto sono riportati i dati tecnici.

## TECHNICAL DETAILS:

- Any location world-wide, both on and off-shore.
- 3 km resolution, centered on the selected point.
- 10, 20 and 30\* years long, hourly data.
- Selectable source: NCEP, NASA and ECMWF.
- Wind speed and direction, temperature & pressure.
- Selectable time zone to match measurements timestamp.
- Updated monthly at no cost (conditioned to Reanalysis availability).
- Long-Term Consistency Analysis (Contact us to request a sample report).
- Free 6 months samples since Jan 1, 2001.
- Remodeling (enhanced MCP). Technical details here (Tortosa et al. 2014)
- TXT files for WindPro, WindFarmer, Windographer, etc.

*\*based on ERA5 reanalysis.*

Vortex è stato fatto girare per 240 mesi a partire da primo gennaio 2000 fino al 1 gennaio 2020. I dati riportati nelle seguenti figure danno indicazione delle condizioni meteorologiche dell'area quali intensità e direzione del vento. Inoltre sono riportati i profili verticali del vento sul periodo di misurazione, questo è importante per poter apprezzare lo shear dell'area e stimare l'andamento del vento all'altezza del mozzo del rotore.

# Vortex

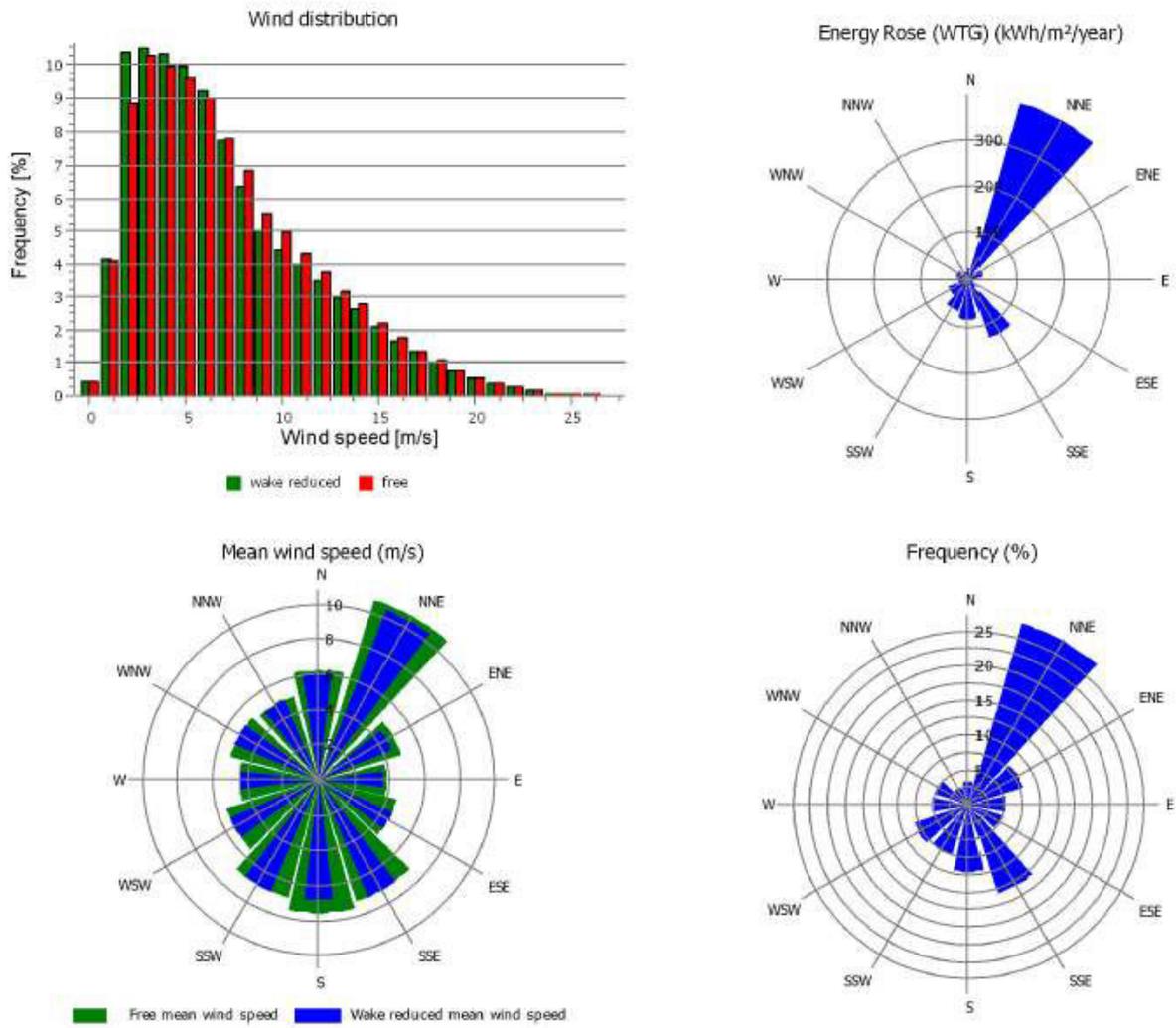


Figura 3 : Andamento del vento calcolato al mozzo della macchina a 165m espresso come media del vento, direzione, frequenza ed intensità

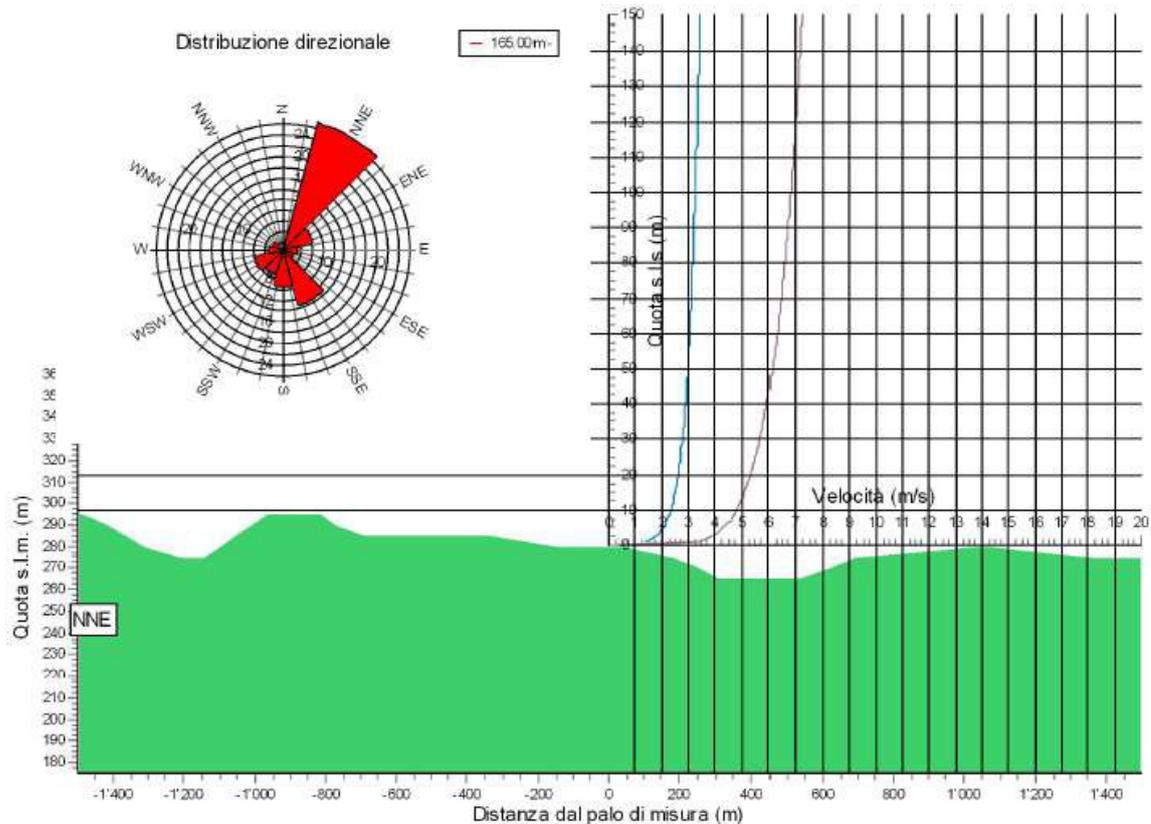


Figura 4 : Profilo verticale con indicazione della rugosità del terreno.

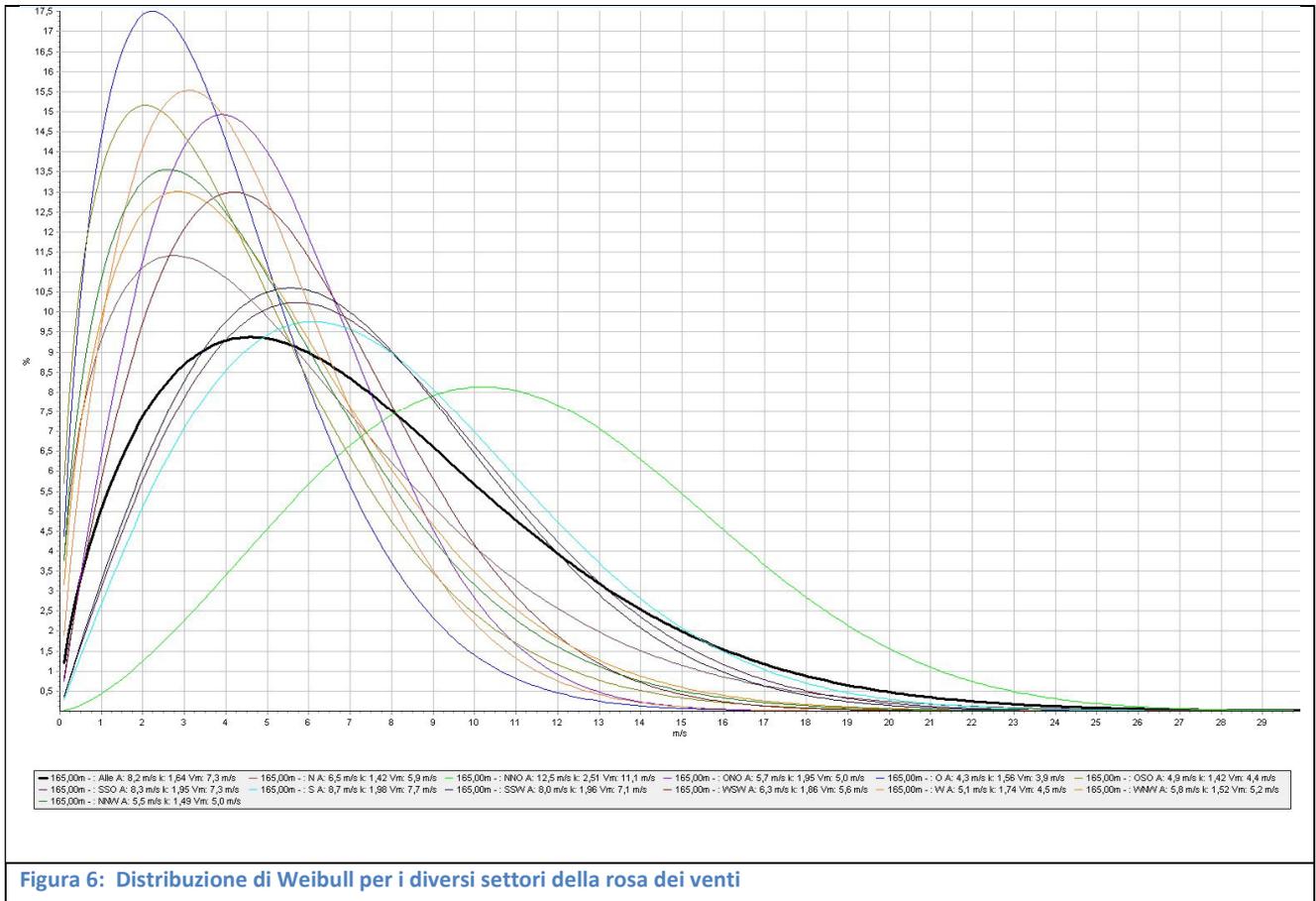
### Velocità medie mensili

165.00m -

Mese	Media
Gennaio	8.61
Febbraio	8.73
Marzo	8.00
Aprile	6.76
Maggio	6.06
Giugno	5.68
Luglio	5.70
Agosto	5.79
Settembre	7.03
Ottobre	7.34
Novembre	8.37
Dicembre	8.97
Media, tutti i dati media dei mesi	7.25

Figura 5 : Medie mensili sui 10 anni analizzati

In Figura 6, è riportata le distribuzioni di Weibull per i diversi settori della rosa dei venti. La distribuzione di Weibull è la componente statistica della nostra analisi e grazie ad essa abbiamo una stima realistica della produttiva del parco.



In ultimo è riportato l'andamento giornaliero medio del dato meteorologico come direzione e intensità del vento (Figura 7).

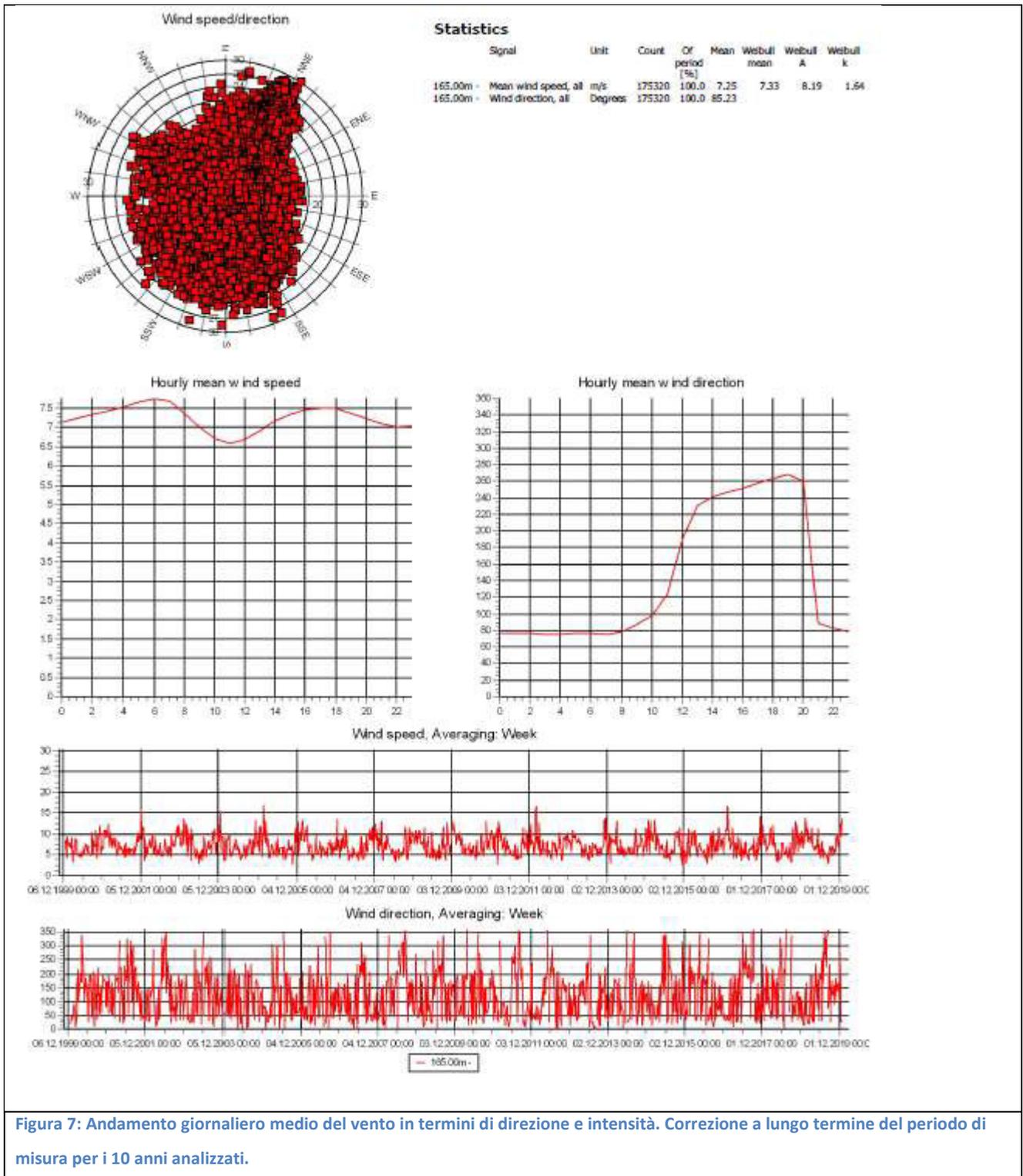
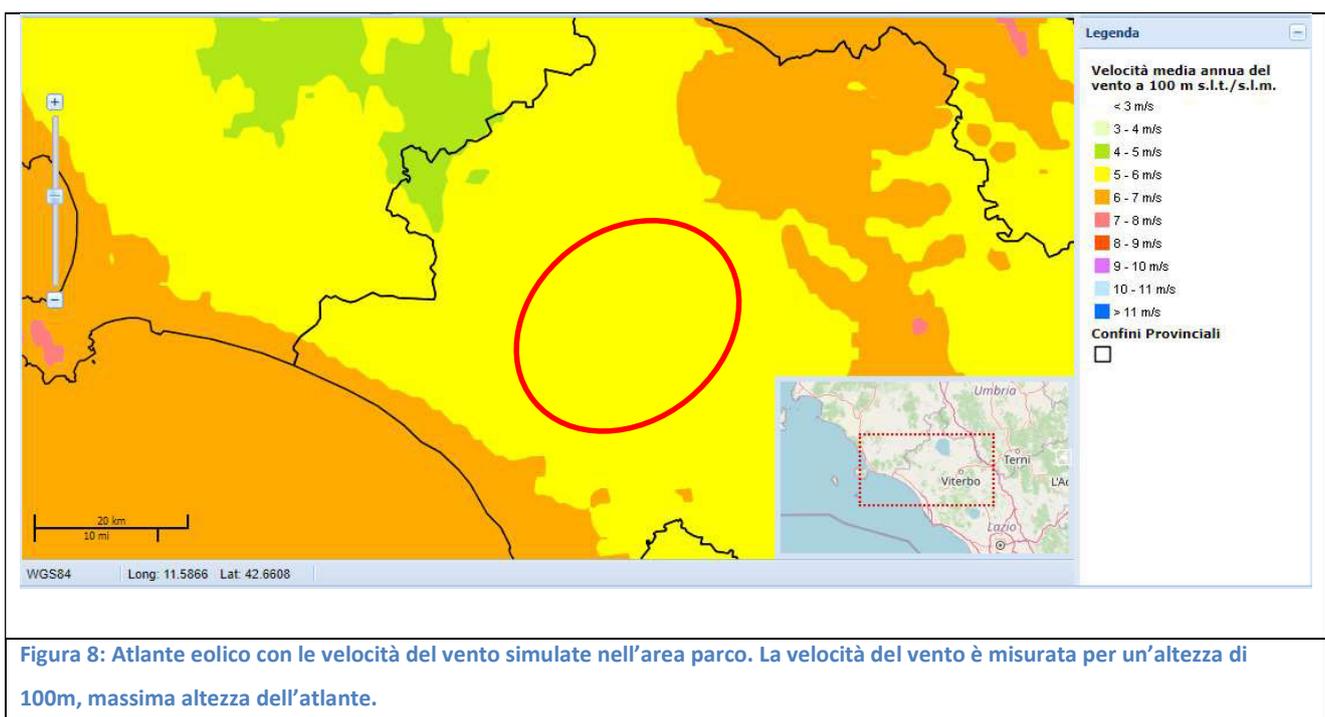


Figura 7: Andamento giornaliero medio del vento in termini di direzione e intensità. Correzione a lungo termine del periodo di misura per i 10 anni analizzati.

Si allega al presente studio l'analisi meteo di WIND pro (Allegato 01).

#### 4. Analisi dei dati a disposizione: Atlante eolico e stazioni meteo

In una analisi meteorologica è importante testare il dato grazie alle correlazioni con diversi dati spaziali simulati, tra i più conosciuti ed utilizzati è l'atlante eolico disponibile sul sito (<http://atlanteeolico.rse-web.it/>) ed è curato dal Gestore del Servizio Elettrico (GSE). E' stato scelto come rappresentazione delle velocità media quella a livello 100m, ovvero il livello più rappresentativo del vento all'altezza del mozzo del rotore della turbina eolica usata. La turbina scelta in termini della miglior efficienza di macchina è una GE170 con 165m di altezza mozzo, per cui **165m** sul livello del suolo è l'altezza di riferimento dei nostri studi. In Figura 8 la massima altezza di studio è impostata a un massimo di 100m, si può osservare una certa omogeneità della carta che riporta una ventosità pari tra 5 e 6m/s, dato che il mozzo è 65m più alto del layer dell'atlante eolico, si può dire che una ventosità sopra i 6m/s è un dato realistico, mostrato anche dal Vortex.



La seconda correlazione viene fatta con i dati della stazione meteorologica più vicina, la stazione rappresentativa con una serie storica di dati è la stazione meteorologica di Viterbo città. Una parte della serie storica di dati è sotto riportata (Figura 9) e sono un esempio dei dati misurati a Gennaio 2019 ed utilizzati per la verificare la serie storica del Vortex. Anche per la stazione di Viterbo si riscontrata

la presenza della componente a Nord Est del vento così come indentificata con il Vortex. I mesi più ventosi per la stazione di Viterbo come per il Vortex risultano essere quelli che vanno da Novembre a Febbraio/Marzo

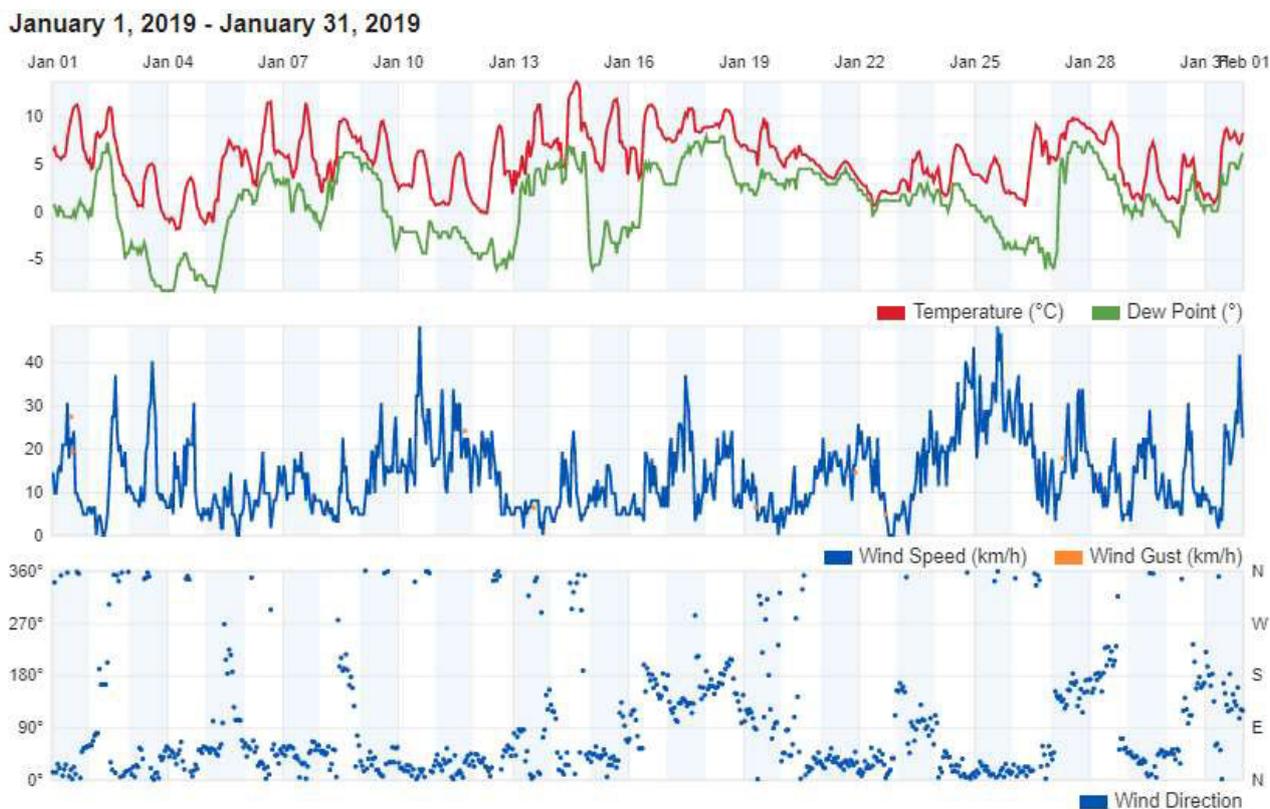


Figura 9: Stazione di Viterbo. Andamento dei dati meteorologici per Gennaio 2019.

## 5. Risultati dei modelli matematici per le rappresentazione della ventosità

Per calcolare la variazione della risorsa eolica nell'area del sito è necessario usare modelli che permettano di estrapolare dai dati di vento.

La stima della risorsa eolica disponibile nella zona di studio richiede una modellizzazione spaziale del campo di vento. Questa modellizzazione permette la estrapolazione orizzontale lungo l'area considerata e verticale fino all'altezza della navicella del rotore delle misure di vento disponibili, per il posizionamento più corretto degli aerogeneratori.

Oltre allo studio dei dati di vento e della orografia, risulta molto importante analizzare altri aspetti come la rugosità, che influenza la valorizzazione energetica

del sito influenzando sul gradiente verticale di velocità. La stima della rugosità, viene effettuata da un utente esperto sulla base dei sopralluoghi in cui si definisce il tipo di copertura superficiale del luogo. Nel nostro sito si è stimato un livello di rugosità medio bassa stabilendo una rugosità  $z_0=0,10$  m (classe 6 CORINAIR) per tutto il sito, facendo riferimento a sistemi colturali complessi.

Così dunque, con l'obiettivo di valutare l'effetto che tutti questi fattori hanno sul comportamento del vento, si è prodotta una modellizzazione del vento utilizzando i software Wind Pro e WASP.

Il software Wind Pro, interfacciandosi con il software di calcolo del WASP, riesce a prevedere un campo di ventosità nell'area del parco, partendo dai seguenti dati di input:

- serie storica ricavata dal Vortex
- mappa di curve di livello (5 metri di risoluzione)
- mappa di roughness del sito, creata utilizzando foto satellitari e foto fatte sul sito

Il modello tramite la re-analisi di dati e la serie di dati correlata a lungo termine è stata poi utilizzata per il calcolo di produzione di energia elettrica.

## **6. Stima della produzione energetica del parco eolico**

Dalla applicazione del campo di ventosità calcolato per ogni settore e dalla modellizzazione dell'orografia e della rugosità si può stabilire l'intensità del vento in ogni punto della zona. Per calcolare poi la produzione lorda (cioè ai morsetti del generatore, non considerando i fermi macchina e altre perdite) si deve applicare la curva di potenza della macchina per la specifica densità dell'aria e si deve calcolare la turbolenza che la presenza delle altre turbine potrebbe creare nella zona.

Per quanto riguarda la valutazione della turbolenza, detta anche effetto scia, il software Windpro determina secondo alcuni modelli matematici (GH, Eddy, Park) la percentuale di perdita di energia a causa della scia. Il calcolo suddetto non tiene conto delle riduzioni di produzione dovute a fermi macchina, perdite nei cavi di

collegamento alla sottostazione, efficienza della sottostazione, deterioramento dopo anni di attività del parco, oltre che a tutte le incertezze dovute alla stima della ventosità.

Per quantificare la produzione annuale netta stimata è stato adottato il seguente coefficiente di riduzione, come somma delle incertezze e delle perdite.

#### Fattore di Riduzione (%)

#### INCERTEZZA

	Uncertainty in wind	Uncertainty in production
Wind accuracy (Vortex time series)	3.0%	
Long term scaling	3.2%	
Vertical extrapolation	0.0%	
Horizontal extrapolation	12.5%	
<b>Total uncertainty wind related</b>	<b>13.2%</b>	<b>15.6%</b>
Wake losses		0.3%
Electrical losses		0.9%
Turbine performance		3.3%
other		0.1%
<b>Total uncertainty energy related</b>		<b>3.4%</b>
Future wind frequency distribution		2.0%
Wind speed variability	4.5%	8.6%
availability		3.0%
<b>Overall uncertainty 10 years</b>		<b>16.1%</b>

#### PERDITE

Availability and maintenance losses	3.3%
Grid and interconnection station losses	2.5%
Rotor blade degeneration	0.5%
Icing	0.1%
<b>Total losses (without wake)</b>	<b>6.3%</b>

Questi valori sono quelli che si indicano come "fattori di riduzione" della produzione attesa e che contribuiscono a ridurre il valore di produzione stimato dai modelli matematici.

Di seguito è riportata una tabella con i valori di produzione dei singoli aerogeneratori per il sito eolico considerato. Ogni macchina ha il suo valore di vento e la sua produzione. Nel complesso il parco ha un valore omogeneo che

sfrutta al meglio il potenziale della macchina scelta, in questo caso una GE170, con altezza mozzo 165m e potenza di macchina 5625kW.

Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Displacement height	Creator	Name	Result [MWh/y]	Wake loss [%]	free [m/s]	
T 01	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	20'776.9	1.2	7.17
T 02	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	20'104.5	3.3	7.12
T 03	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	20'495.5	1.9	7.14
T 04	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	20'122.6	1.2	7.01
T 05	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	19'927.9	4.5	7.16
T 06	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	20'461.0	1.9	7.16
T 07	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	20'453.1	2.1	7.24
T 08	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	19'647.0	5.7	7.22
T 09	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	20'140.5	4.3	7.30
T 10	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	19'749.0	5.6	7.27
T 11	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	20'426.5	2.3	7.29
T 12	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	20'262.8	3.2	7.31
T 14	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	20'039.9	5.0	7.33
T 15	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	20'476.5	3.3	7.35
T 16	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	20'496.1	3.3	7.35
T 17	Yes	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	20'632.0	1.5	7.29

Figura 10 : stima della produzione per il parco eolico di Tuscania

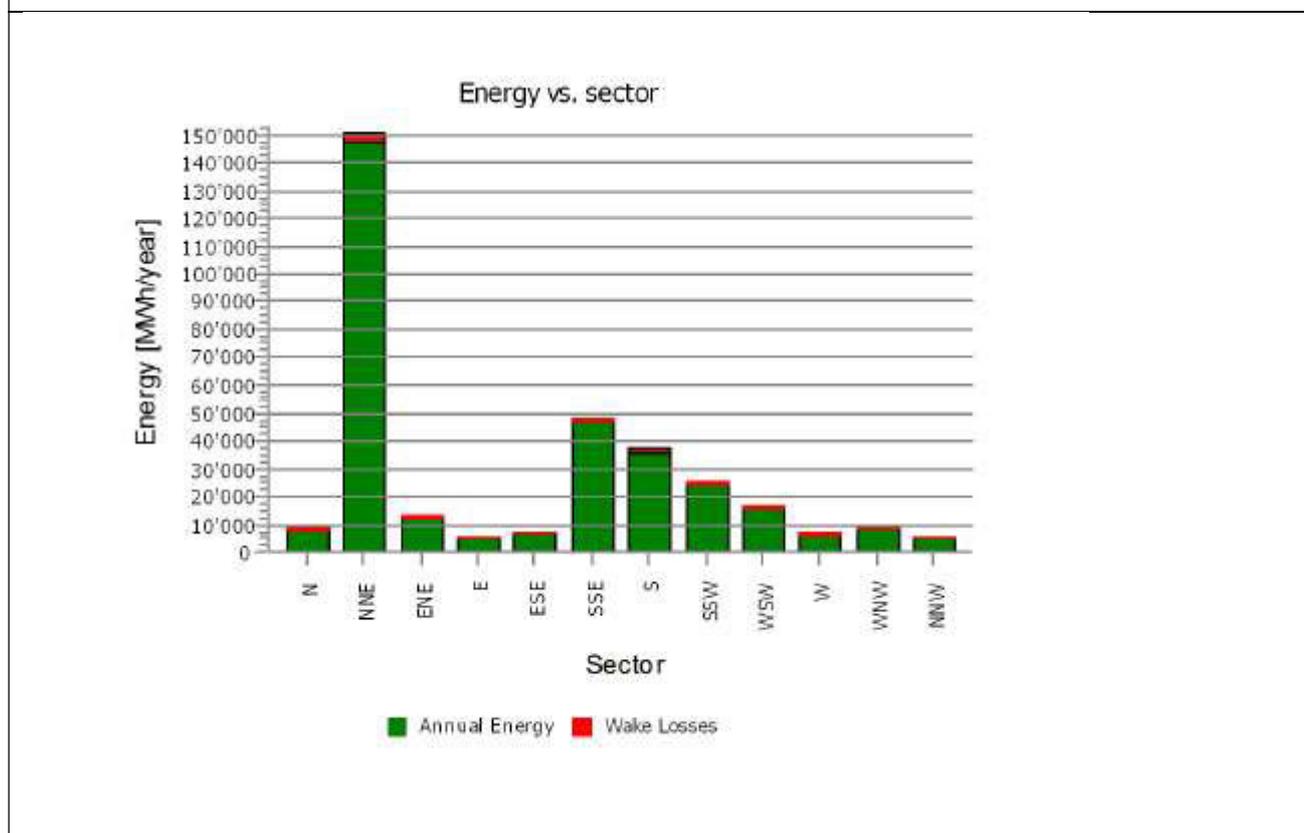


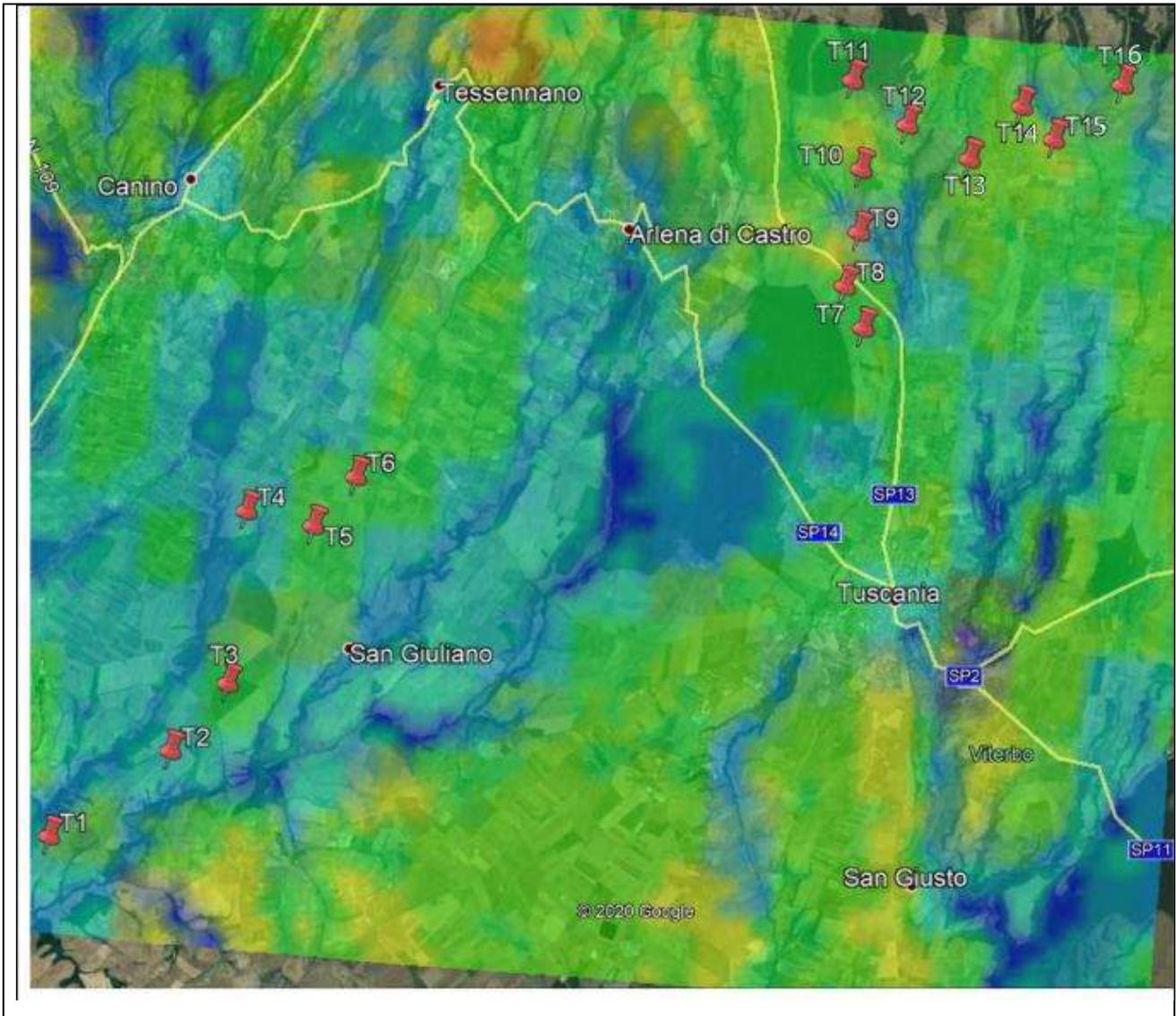
Figura 11: Analisi della massima producibilità per direzione del vento.

In particolare si nota (Figura 11) come la direzione NNE è quella responsabile della maggior parte della produzione del parco.

Riassumendo i risultati del modello in Figura 12, sono riportati valori calcolati per l'intero parco in un anno.

Produzione annuale stimata del parco eolico										
Combinazione di WTG	Risultato PARK		Wake loss [%]	Risultati*) Fattore di capacità [%]		Media per WTG [MWh/anno]	Ore equivalenti		Velocità del vento	
	[MWh/anno]	Lordo (senza perdite) [MWh/anno]					free [m/s]	wake reduced [m/s]		
Parco eolico	324'211.8	334'726.3	3.1	41.1		20'263.2	3'602	7.2	7.1	
<i>*) Basati solo sulle perdite in scia; tutte le altre perdite non sono incluse.</i>										
Produzione annuale stimata del parco eolico:										
Risultato Park [MWh/anno]	Lordo (senza perdite) [MWh/anno]	Wake loss (%)	Fattore di Capacità (%)	Media per WTG [MWh/anno]	Ore equivalenti [Ore/anno]	Velocità media al mozzo [m/s]				
<b>324.211,8</b>	<b>334.726,3</b>	<b>3,1</b>	<b>41,1</b>	<b>20.263,2</b>	<b>3.602</b>	<b>7,1</b>				
Figura 12: risultati della simulazione di WINDpro Produzione del parco Eolico di Toscana										

In ultimo in Figura 13 è rappresentata una mappa di ventosità che mostra la risorsa eolica in termini di media del vento annua, calcolata tenendo conto della orografia e rugosità del terreno; da questa mappa si può vedere quindi la differente ventosità sull'area, e quindi stimare in funzione delle posizioni delle turbine la loro relativa produzione. Importante verificare che il layout sia stato pensato per ottimizzare al meglio la risorsa eolica, verificando che non ci siano ostacoli non considerati ma evidenziati dal modello. Nel nostro caso il parco Eolico di Toscana è stato posizionato in zone ventose.



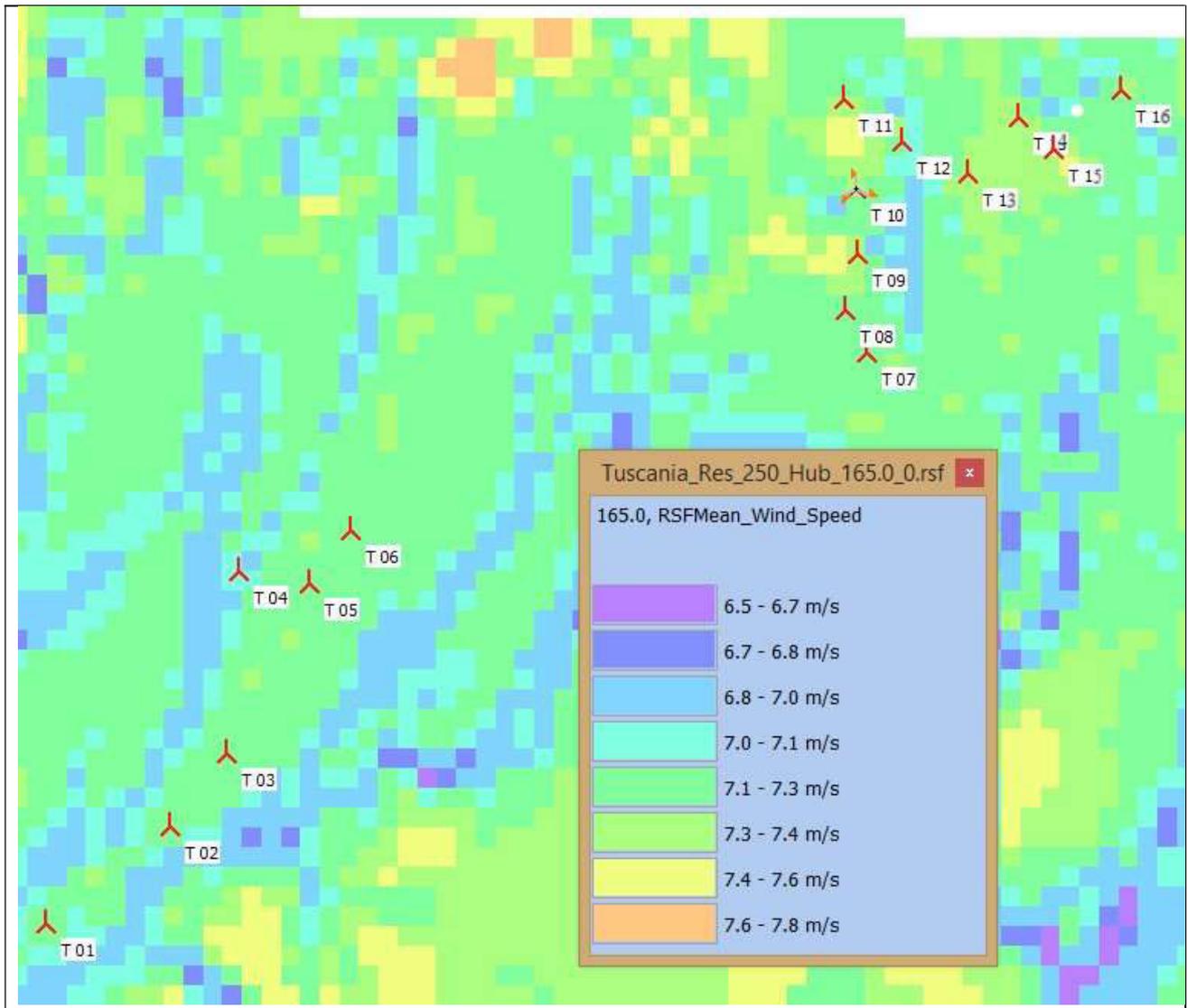


Figura 13: Mappe del vento elaborate con Windpro.

Si allega al presente studio il risultato del modello WIND pro (Allegato 02)

## 7. Conclusioni

Il parco eolico localizzato nel comune di Tuscania (VI) presenta un livello di ventosità e caratteristiche del terreno pienamente adeguate per lo sfruttamento della risorsa eolica.

Il parco proposto è costituito da 16 aerogeneratori General Electrics GE170 con una potenza nominale di 5,625 MW, ad una altezza di 165m, la progettazione del parco sul territorio è avvenuta tenendo conto dei vincoli, degli aspetti morfologici

del territorio e rispettando le distanze che permettano di sfruttare al massimo il vento disponibile.

E' stata utilizzata una serie storica di 10 anni dal modello Vortex Era5 e altri dati per creare un dato meteorologico affidabile, per l'uso dei modelli matematici, come l'atlante eolico e la stazione meteorologica di Viterbo.

In finale, mediante il programma Wind Pro e WASP si è calcolata la produzione di energia per aerogeneratore. In ugual modo si è effettuata una modellizzazione dell'effetto scia degli aerogeneratori.

In questo calcolo si è già tenuto conto degli effetti topografici e delle perdite per effetto scia dovute agli aerogeneratori.

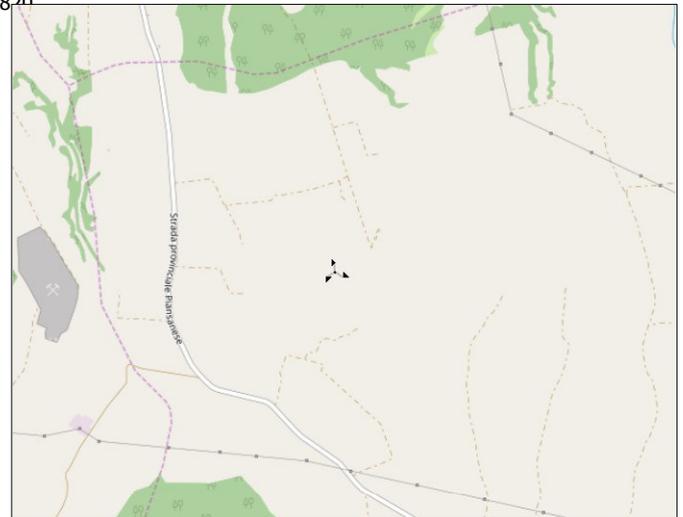
Concludendo i valori stimati della produzione di energia si sono ridotti per tener conto altre fonti potenziali di perdita di energia; disponibilità degli aerogeneratori, perdite elettriche, manutenzione, ed incertezze su misura, modelli, etc. Così dunque, prendendo il risultato principale ottenuto dal modello, possiamo concludere, che il sito di Toscana ha una buona produzione intorno ai 334.726 MWh/anno lordi mentre la produzione netta tolte tutte le variabili legata all'incertezze sull'analisi del vento e sul layout del parco è di circa **282.000 MWh/anno** , che equivale a circa 3.125 ore equivalenti. L'area in oggetto è quindi vocata allo sfruttamento della risorsa eolica che si configura come un impianto redditizio ed efficiente.

## Relazione dati meteo - Risultati principali

**Palo di misura:** Vortex era5 LTC 04/20 7.246m/s 165m **Periodo:** Periodo selezionato: 01.01.2000 - 01.01.2020 (240.0 mesi)  
Posizione del palo: UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Est: 735'139 Nord: 4'705'820

Quote di misura e velocità del vento  
I dati disabilitati non sono inclusi nella tabella

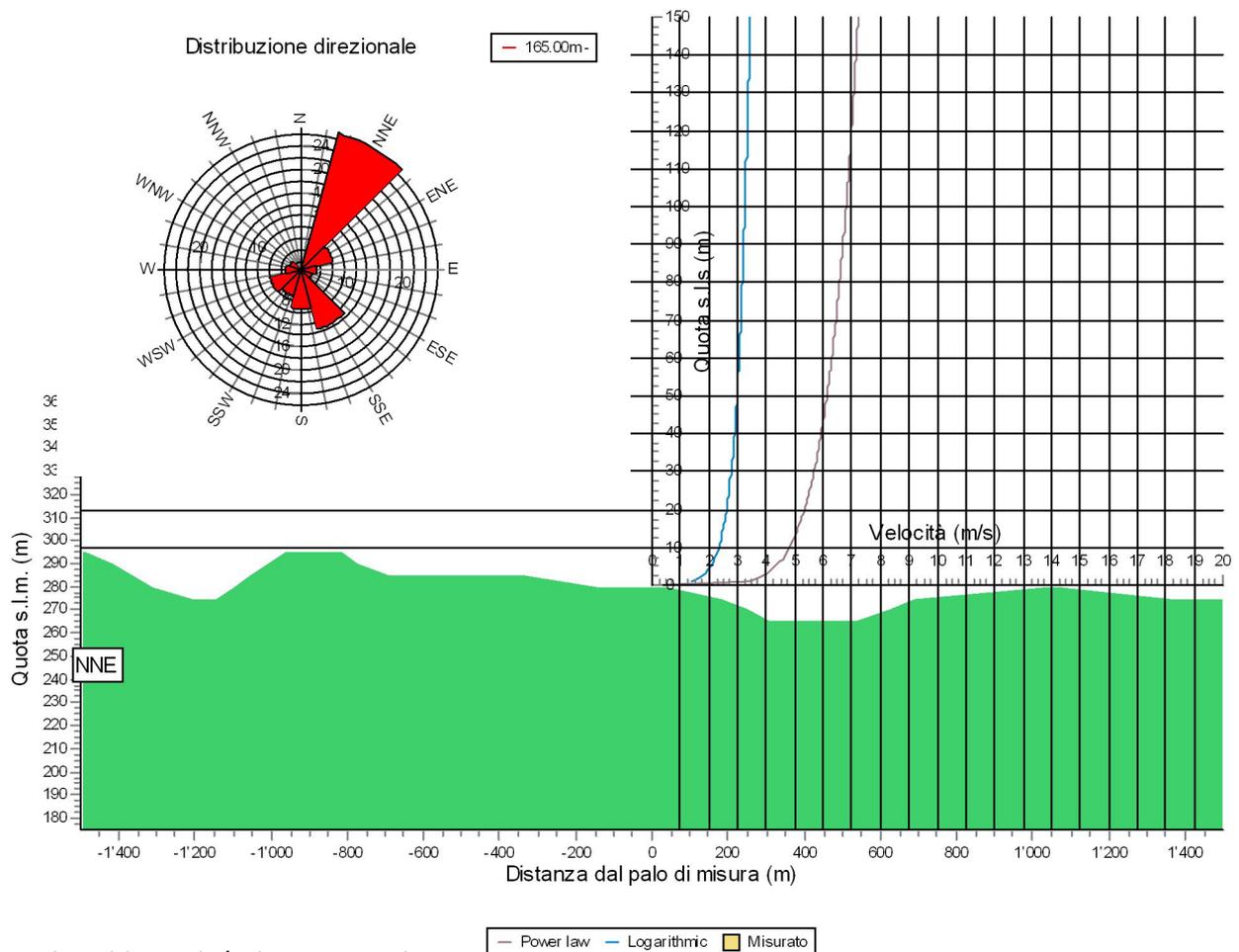
ID	Altezza [m]	Dati abilitati [%]	Dati	U_max [m/s]	U_media *) [m/s]
165.00m - #)	165.00	100.0	175320	30.2	7.2



Scala: 50'000

\*) U\_media è la semplice media aritmetica  
#) Chosen as fixed height in profile graph

Profilo medio da tutti i dati simultanei, e profilo del terreno nella direzione prevalente alla quota: 165.00m - : NNE (a sinistra)

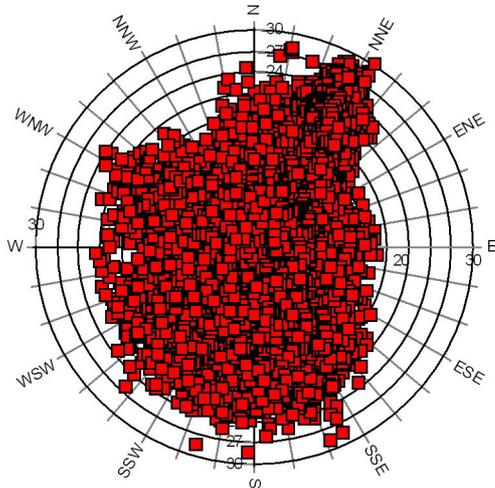


Profilo non disponibile quando è selezionata una sola quota.

## Relazione dati meteo - Risultati principali

**Palo di misura:** Vortex era5 LTC 04/20 7.246m/s 165m **Periodo:** Periodo selezionato: 01.01.2000 - 01.01.2020 (240.0 mesi)

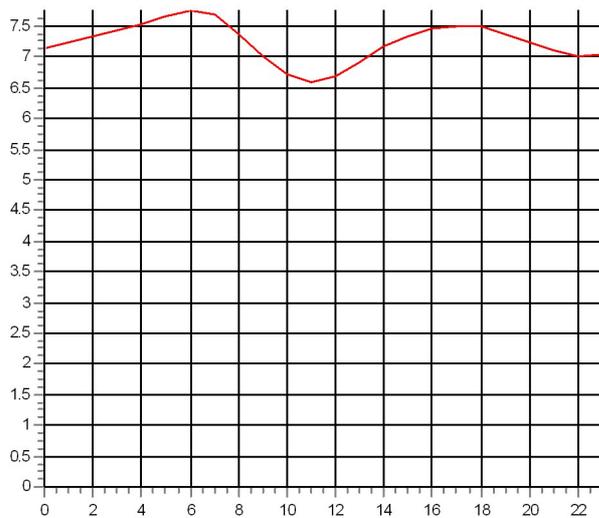
Distribuzione direzionale delle velocità



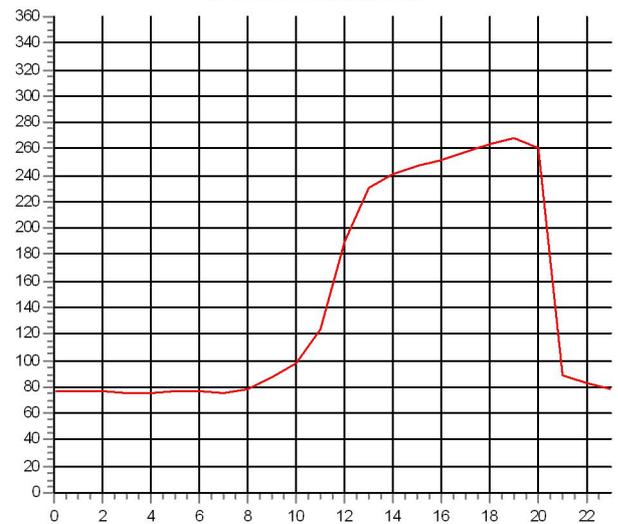
### Statistica

Segnale	Unità	N. dati	Percentuale del totale [%]	Media	Weibull media	Weibull A	Weibull k
165.00m - Velocità media del vento, tutti i dati	m/s	175320	100.0	7.25	7.33	8.19	1.64
165.00m - Wind direction, tutti i dati	Gradi	175320	100.0	85.23			

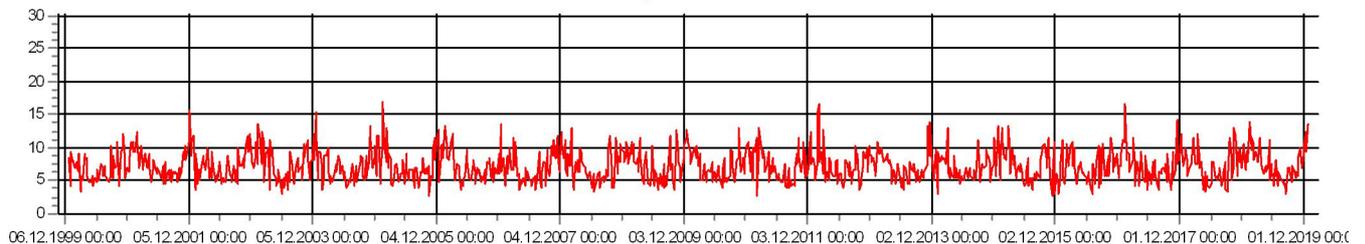
Velocità media oraria



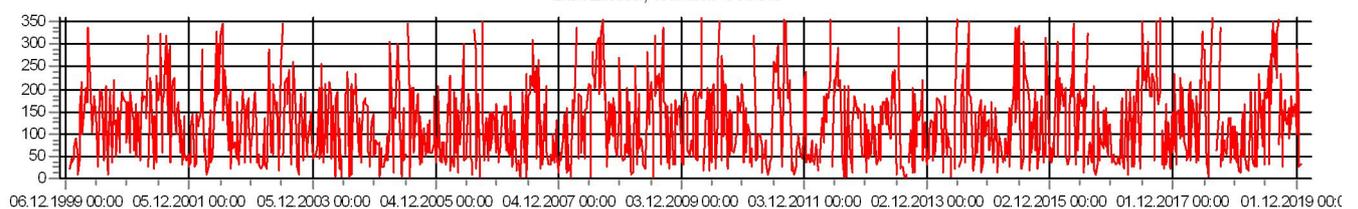
Direzione media oraria



Velocità, media: Week



Direzione, media: Week



— 165.00m —

Progetto:

**Tuscania**

Utente autorizzato:

**wpd AG**

Stephanitorsbollwerk 3 (Haus LUV)

DE-28211 Bremen

+49 7142 77810

Marlen Vragel / m.sinesi@wpd-italia.it

Redatto il:

08.05.2020 10:38

## Relazione dati meteo - Filtri di importazione, files e quote

**Palo di misura:** Vortex era5 LTC 04/20 7.246m/s 165m **Periodo:** Periodo selezionato: 01.01.2000 - 01.01.2020 (240.0 mesi)

**Filtro di importazione: I1**

Files/Cartelle

L:\PE\Wind\02\_projects\Italy\1\_12\_III\_Tuscania\03\_wind\_data\3\_analysis\20200424\_LTC\_Vortex\_165m\Tuscania\_LTC\_7.25\_165m.txt

Fuso orario delle misure: Wie in Projekteigenschaften: (UTC+01:00) Amsterdam, Berlin, Bern, Rom, Stockholm, Wien

Righe di intestazione: 12

Separatore campo intestazione: "Tab"

Prima riga con dati: 13

Separatore campo dati: "Tab"

Colonna	Canale	Tipo	Sottotipo	Unità	Altezza	Nome
1		Time stamp	Date&Time	y-m-d h:m		
2		Wind speed	Mean	m/s	165.00 m	speed 165m [m/s]
3		Wind direction	Mean	Degrees	160.00 m	dir 160m [°]

Progetto:

**Tuscania**

Utente autorizzato:

**wpd AG**

Stephanitorsbollwerk 3 (Haus LUV)

DE-28211 Bremen

+49 7142 77810

Marlen Vragel / m.sinesi@wpd-italia.it

Redatto il:

08.05.2020 10:38

## Relazione dati meteo - Grafici della serie temporale

**Palo di misura:** Vortex era5 LTC 04/20 7.246m/s 165m **Periodo:** Periodo selezionato: 01.01.2000 - 01.01.2020 (240.0 mesi)

## Relazione dati meteo - Velocità medie mensili

**Palo di misura:** Vortex era5 LTC 04/20 7.246m/s 165m **Periodo:** Periodo selezionato: 01.01.2000 - 01.01.2020 (240.0 mesi)

### Velocità medie mensili

165.00m -

Mese	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Gennaio	7.46	10.15	7.08	10.16	8.80	9.39	10.73	6.37	7.61	9.62	8.96	8.09	7.16	8.05	7.49	9.47	7.30	11.01	7.59	9.72
Febbraio	6.95	9.05	6.65	9.73	6.59	9.46	8.76	8.28	7.64	8.61	9.27	9.01	11.68	9.04	7.99	8.95	8.69	8.29	9.31	10.67
Marzo	6.42	8.06	7.91	7.70	6.51	6.06	8.71	8.64	6.98	8.78	6.72	8.89	7.54	8.56	7.84	9.08	9.21	7.98	9.16	9.23
Aprile	6.84	7.20	6.59	8.83	6.44	7.06	6.09	4.84	8.46	6.69	5.98	6.96	6.68	6.57	6.33	6.96	6.65	7.11	6.48	6.54
Maggio	4.92	6.44	5.73	5.28	7.06	6.19	5.32	5.54	6.06	5.63	6.42	7.02	6.54	6.13	5.87	6.38	6.37	6.16	4.82	7.39
Giugno	5.55	6.54	5.69	4.19	5.49	6.27	6.59	5.24	4.25	6.58	5.93	5.29	5.35	4.93	5.92	5.93	5.24	5.62	6.78	6.27
Luglio	6.90	6.05	5.91	5.53	5.64	6.00	6.58	5.35	5.62	4.96	5.77	5.39	6.16	5.69	5.90	4.80	4.93	5.80	5.73	5.38
Agosto	5.21	5.83	5.86	6.49	5.33	6.18	6.08	6.23	5.21	5.30	5.35	4.90	6.03	6.57	5.65	5.72	7.74	5.83	6.10	4.17
Settembre	7.60	6.21	6.88	7.10	8.02	6.52	6.01	7.35	8.13	7.84	7.60	5.95	8.19	5.56	6.83	8.98	6.77	7.06	5.84	6.19
Ottobre	7.26	5.58	7.42	8.52	6.48	5.79	7.21	8.75	6.06	8.98	8.93	8.21	5.66	6.07	8.38	9.10	8.14	5.46	9.04	5.82
Novembre	9.21	9.28	9.68	7.92	9.53	8.16	6.48	9.58	8.44	6.98	7.25	8.10	8.85	10.24	6.91	6.21	8.46	8.58	8.58	8.91
Dicembre	7.72	11.82	8.96	10.78	9.83	9.12	8.39	9.64	8.91	10.56	9.67	9.20	8.39	7.91	8.84	4.16	7.00	9.60	8.25	10.59
Media, tutti i dati	6.83	7.68	7.03	7.68	7.14	7.17	7.24	7.14	6.94	7.54	7.31	7.24	7.33	7.10	6.99	7.13	7.21	7.37	7.29	7.55
media dei mesi	6.84	7.68	7.03	7.69	7.14	7.18	7.25	7.15	6.95	7.54	7.32	7.25	7.35	7.11	7.00	7.14	7.21	7.37	7.31	7.57

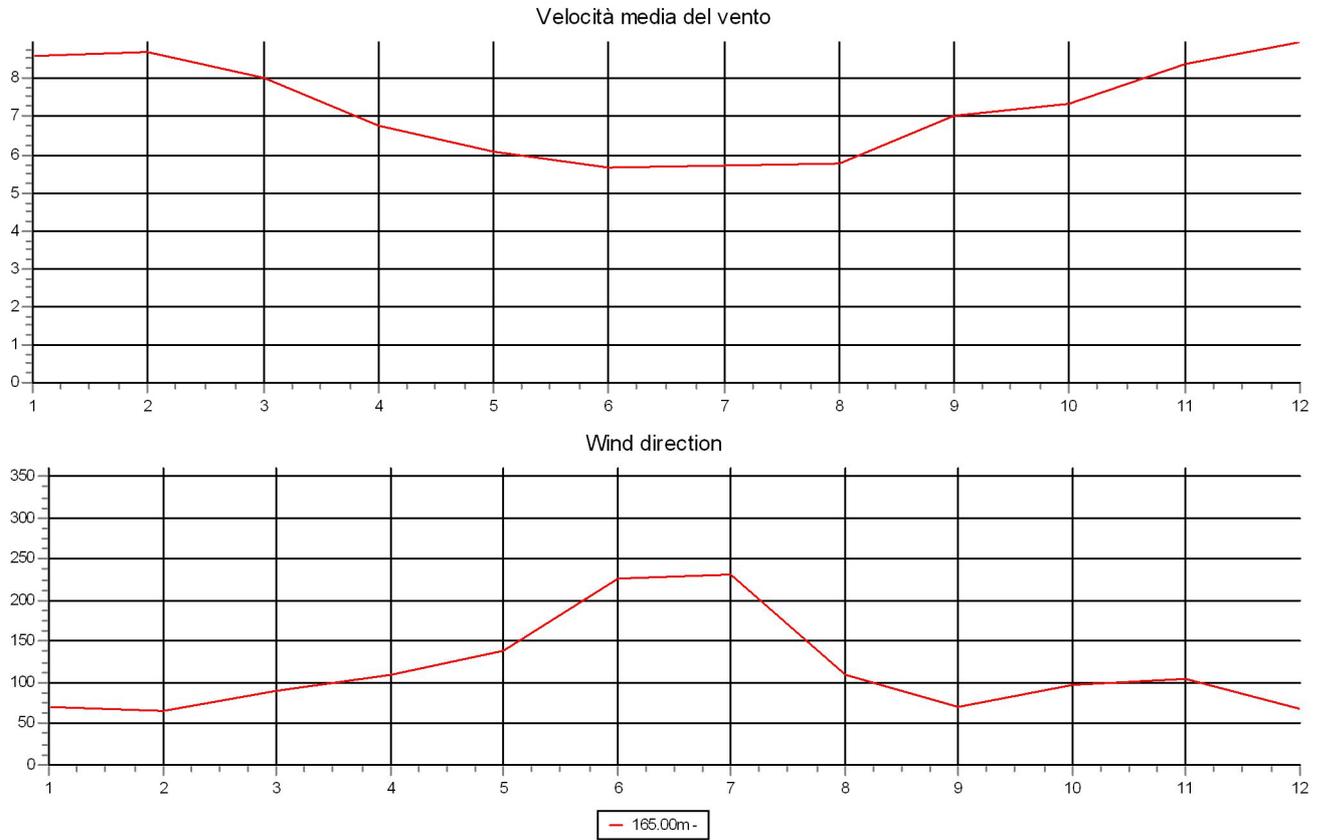
### Velocità medie mensili

165.00m -

Mese	2020	Media	Media mensile
Gennaio		8.61	8.61
Febbraio		8.73	8.73
Marzo		8.00	8.00
Aprile		6.76	6.76
Maggio		6.06	6.06
Giugno		5.68	5.68
Luglio		5.70	5.70
Agosto		5.79	5.79
Settembre		7.03	7.03
Ottobre		7.34	7.34
Novembre		8.37	8.37
Dicembre		8.97	8.97
Media, tutti i dati		7.25	
media dei mesi			7.25

## Relazione dati meteo - Grafici mensili cumulativi

**Palo di misura:** Vortex era5 LTC 04/20 7.246m/s 165m **Periodo:** Periodo selezionato: 01.01.2000 - 01.01.2020 (240.0 mesi)



## PARK - Risultato principale

**Calcolo:** SG6.0-170 5.625MW

### Setup

AEP assuming long term representative time series data with optional corrections  
Correction factor: 20.000

Wake calculation performed in UTM (north)-WGS84 Zona: 32

At the site centre the difference between grid north and true north is: 1.9°

### Wake

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

### Wake decay constant

Wake decay constant: 0.075 DTU default onshore

### Scaler/wind data

Nome	EMD Default Measurement Mast Scaler
Used period	01.01.2000 - 31.12.2019 23:00:00
Meteo object(s)	Vortex era5 LTC 04/20 7.246m/s 165m, 165,00m -
Displacement height: Displacement height calculator	Default 20m forest based on roughness data
Versione WAsP	WAsP 12 Version 12.00.0128

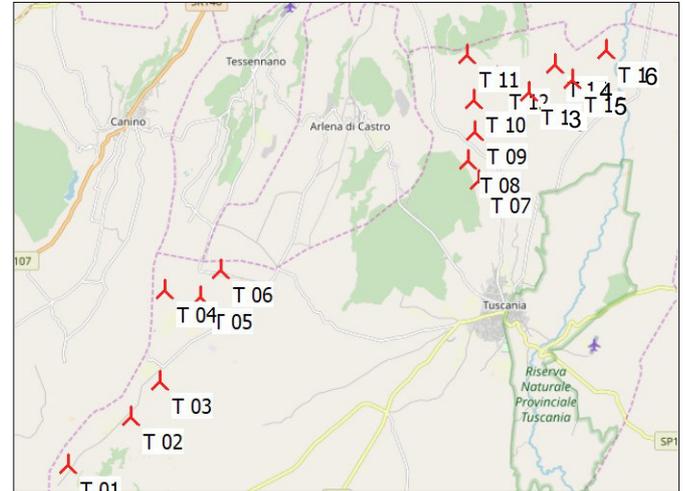
### Power curve correction

Power curve correction (adjusted IEC method, improved to match turbine control)

Min	Max	Avg	Corr. [%]	Neg. corr. [%]	Pos. corr. [%]

### Densità dell'aria

Temperature from air density settings	[°C]	13.3	14.8	13.9			
Pressure from air density settings	[hPa]	957.9	982.9	968.1			
Resulting air density	[kg/m³]	1.165	1.189	1.175			
Relative to 15°C at sea level	[%]	95.1	97.1	95.9	-1.8	-1.8	0.0



Scala 1:200'000  
Nuova WTG

## Produzione annuale stimata del parco eolico

Combinazione di WTG	Risultato PARK [MWh/anno]	Lordo (senza perdite) [MWh/anno]	Wake loss [%]	Risultati*)		Velocità del vento		
				Fattore di capacità [%]	Media per WTG [MWh/anno]	Ore equivalenti [Ore/anno]	free [m/s]	wake reduced [m/s]
Parco eolico	324'211.8	334'726.3	3.1	41.1	20'263.2	3'602	7.2	7.1

\*) Basati solo sulle perdite in scia: tutte le altre perdite non sono incluse.

## Energia annuale calcolata per ciascuna delle 16 nuove WTG, per un totale di 90.0 MW nominali installati

Tipo di WTG	Valida	Prod.	Tipo generatore	Potenza nominale [kW]	Diametro rotore [m]	Altezza mozzo [m]	Altezza di dislocamento [m]	Curva di potenza		Produzione annuale/velocità del vento			
								Creata da	Nome	Risultato [MWh/anno]	Wake loss [%]	free [m/s]	reduced [m/s]
T 01	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	20'776.9	1.2	7.17	7.12
T 02	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	20'104.5	3.3	7.12	6.98
T 03	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	20'495.5	1.9	7.14	7.06
T 04	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	20'122.6	1.2	7.01	6.96
T 05	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	19'927.9	4.5	7.16	6.97
T 06	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	20'461.0	1.9	7.16	7.09
T 07	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	20'453.1	2.1	7.24	7.15
T 08	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	19'647.0	5.7	7.22	6.99
T 09	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	20'140.5	4.3	7.30	7.13
T 10	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	19'749.0	5.6	7.27	7.04
T 11	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	20'426.5	2.3	7.29	7.19
T 12	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	20'262.8	3.2	7.31	7.18
T 13	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	20'039.9	5.0	7.33	7.12
T 14	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	20'476.5	3.3	7.35	7.22
T 15	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	20'496.1	3.3	7.35	7.22
T 16	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-5'625	5'625	170.0	165.0	Sector wise	USER	SG 6.0-170 5625	20'632.0	1.5	7.29	7.22

I risultati di produzione annuale non includono perdite, eccetto quelle di scia. In fase decisionale, andranno considerate ulteriori perdite e incertezze.

## Posizione delle WTG

UTM (north)-WGS84 Zona: 32

		Easting	Northing	Z [m]	Dati/Descrizione	Calculation period	
						Start	End
T 01	Nuova	724'779	4'695'804	92.3	Siemens Gamesa SG 6.0-170 5625 170.0 !-! NH: 165,0 m (Ges:250,0 m) (1)	01.01.2000	31.12.2019
T 02	Nuova	726'366	4'697'127	103.9	Siemens Gamesa SG 6.0-170 5625 170.0 !-! NH: 165,0 m (Ges:250,0 m) (2)	01.01.2000	31.12.2019
T 03	Nuova	727'085	4'698'121	115.0	Siemens Gamesa SG 6.0-170 5625 170.0 !-! NH: 165,0 m (Ges:250,0 m) (3)	01.01.2000	31.12.2019
T 04	Nuova	727'162	4'700'518	139.7	Siemens Gamesa SG 6.0-170 5625 170.0 !-! NH: 165,0 m (Ges:250,0 m) (4)	01.01.2000	31.12.2019
T 05	Nuova	728'100	4'700'387	150.0	Siemens Gamesa SG 6.0-170 5625 170.0 !-! NH: 165,0 m (Ges:250,0 m) (5)	01.01.2000	31.12.2019
T 06	Nuova	728'626	4'701'108	161.5	Siemens Gamesa SG 6.0-170 5625 170.0 !-! NH: 165,0 m (Ges:250,0 m) (6)	01.01.2000	31.12.2019
T 07	Nuova	735'351	4'703'675	248.2	Siemens Gamesa SG 6.0-170 5625 170.0 !-! NH: 165,0 m (Ges:250,0 m) (7)	01.01.2000	31.12.2019
T 08	Nuova	735'052	4'704'222	257.5	Siemens Gamesa SG 6.0-170 5625 170.0 !-! NH: 165,0 m (Ges:250,0 m) (8)	01.01.2000	31.12.2019

continua alla pagina successiva...

**PARK - Risultato principale****Calcolo:** SG6.0-170 5.625MW

...continua dalla pagina precedente

		<b>UTM (north)-WGS84 Zona: 32</b>				<b>Calculation period</b>	
		Easting	Northing	Z	Dati/Descrizione	Start	End
		[m]					
T 09	Nuova	735'183	4'704'966	270.0	Siemens Gamesa SG 6.0-170 5625 170.0 !-! NH: 165,0 m (Ges:250,0 m) (9)	01.01.2000	31.12.2019
T 10	Nuova	735'139	4'705'820	280.1	Siemens Gamesa SG 6.0-170 5625 170.0 !-! NH: 165,0 m (Ges:250,0 m) (10)	01.01.2000	31.12.2019
T 11	Nuova	734'925	4'706'996	308.7	Siemens Gamesa SG 6.0-170 5625 170.0 !-! NH: 165,0 m (Ges:250,0 m) (11)	01.01.2000	31.12.2019
T 12	Nuova	735'716	4'706'467	290.0	Siemens Gamesa SG 6.0-170 5625 170.0 !-! NH: 165,0 m (Ges:250,0 m) (12)	01.01.2000	31.12.2019
T 13	Nuova	736'593	4'706'074	277.6	Siemens Gamesa SG 6.0-170 5625 170.0 !-! NH: 165,0 m (Ges:250,0 m) (13)	01.01.2000	31.12.2019
T 14	Nuova	737'232	4'706'834	285.0	Siemens Gamesa SG 6.0-170 5625 170.0 !-! NH: 165,0 m (Ges:250,0 m) (14)	01.01.2000	31.12.2019
T 15	Nuova	737'710	4'706'430	270.8	Siemens Gamesa SG 6.0-170 5625 170.0 !-! NH: 165,0 m (Ges:250,0 m) (15)	01.01.2000	31.12.2019
T 16	Nuova	738'582	4'707'250	275.9	Siemens Gamesa SG 6.0-170 5625 170.0 !-! NH: 165,0 m (Ges:250,0 m) (16)	01.01.2000	31.12.2019