

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 Delegato  
**Mauro FERRARI**

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
01	Marzo 2022	WPD sigla	ML sigla	NF sigla	Integrazioni
Nome File sorgente	GE.TSC01.PD.AN.SIA01.doc	Nome file stampa	GE.TSC01.PD.AN.SIA01.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.....	6
4. Analisi dei dati a disposizione: Atlante eolico e stazioni meteo.....	11
5. Risultati dei modelli matematici per le rappresentazione della ventosità .....	12
6. Stima della produzione energetica del parco eolico .....	13
7. Conclusioni .....	18

## Premessa

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

La finalità di questo report 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 (VT) e che i due cluster hanno al loro interno caratteristiche omogenee.

Si è partiti da una serie storica di dati (20 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 ricavano 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 (VT) 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 (VT). 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.

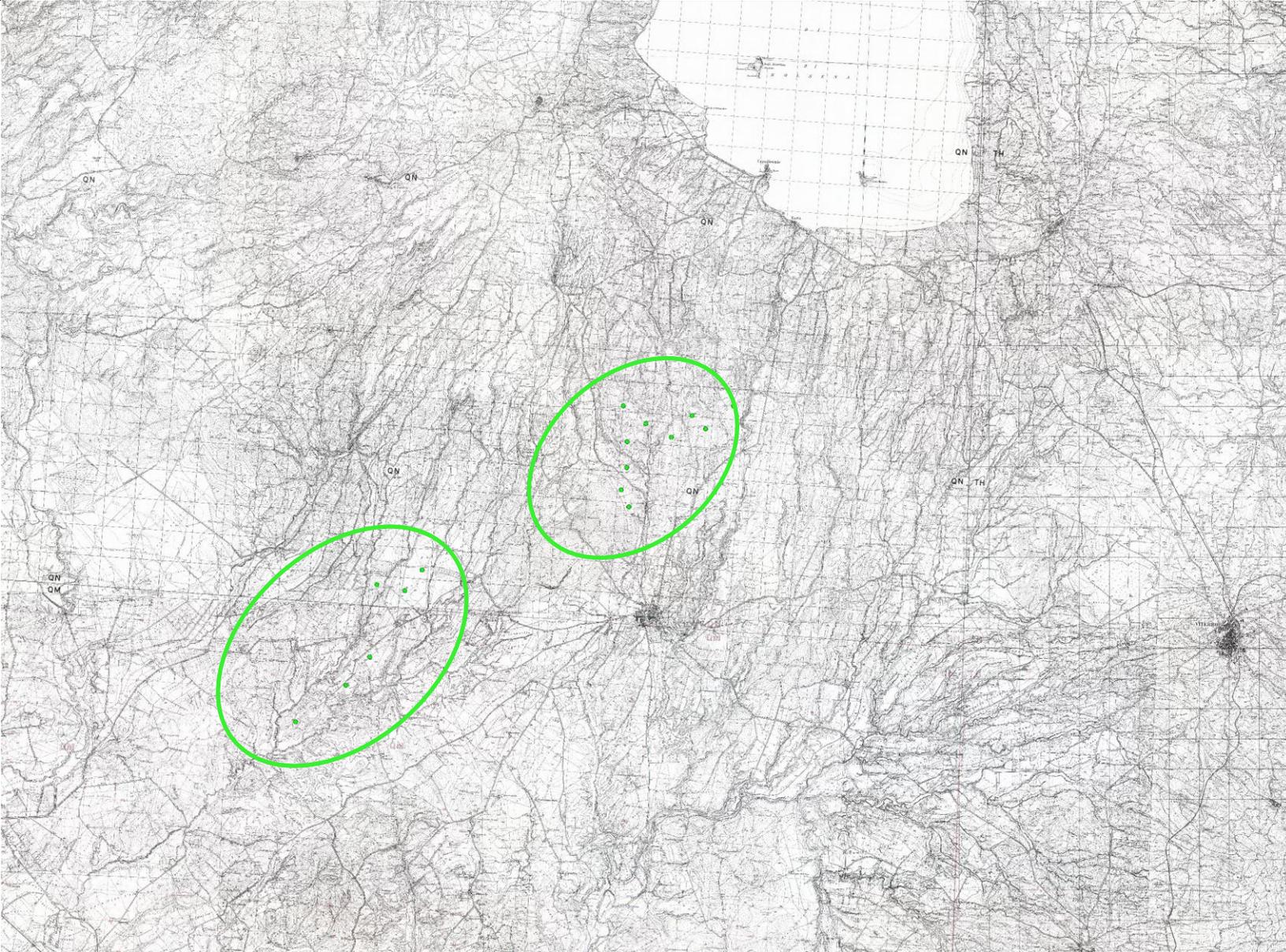


Figura 1: Inquadramento su IGM del progetto che si divide in due cluster principali.

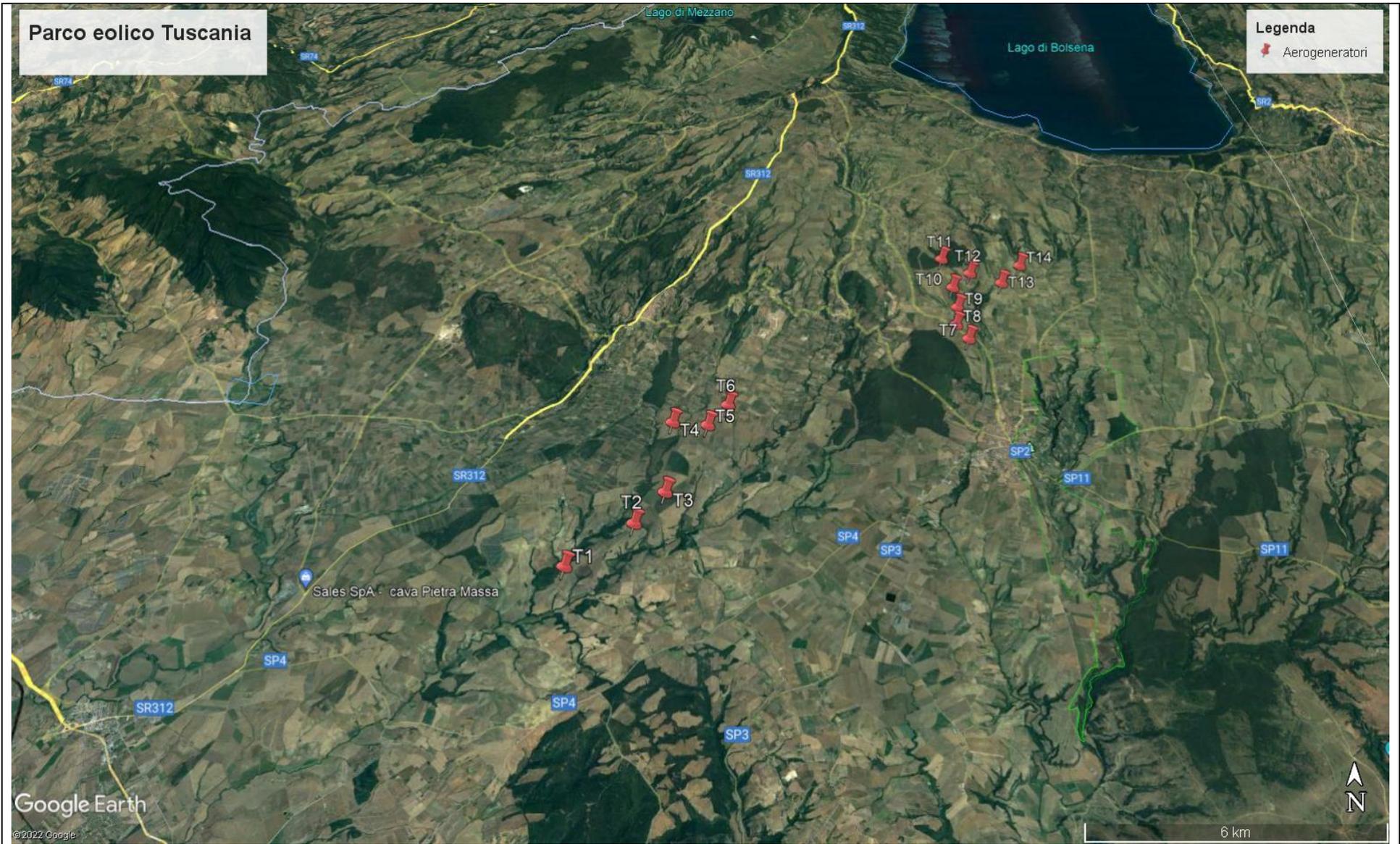


Figura 2: Inquadramento 3D di Google Earth del parco eolico.

### 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 31 Dicembre 2019. 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

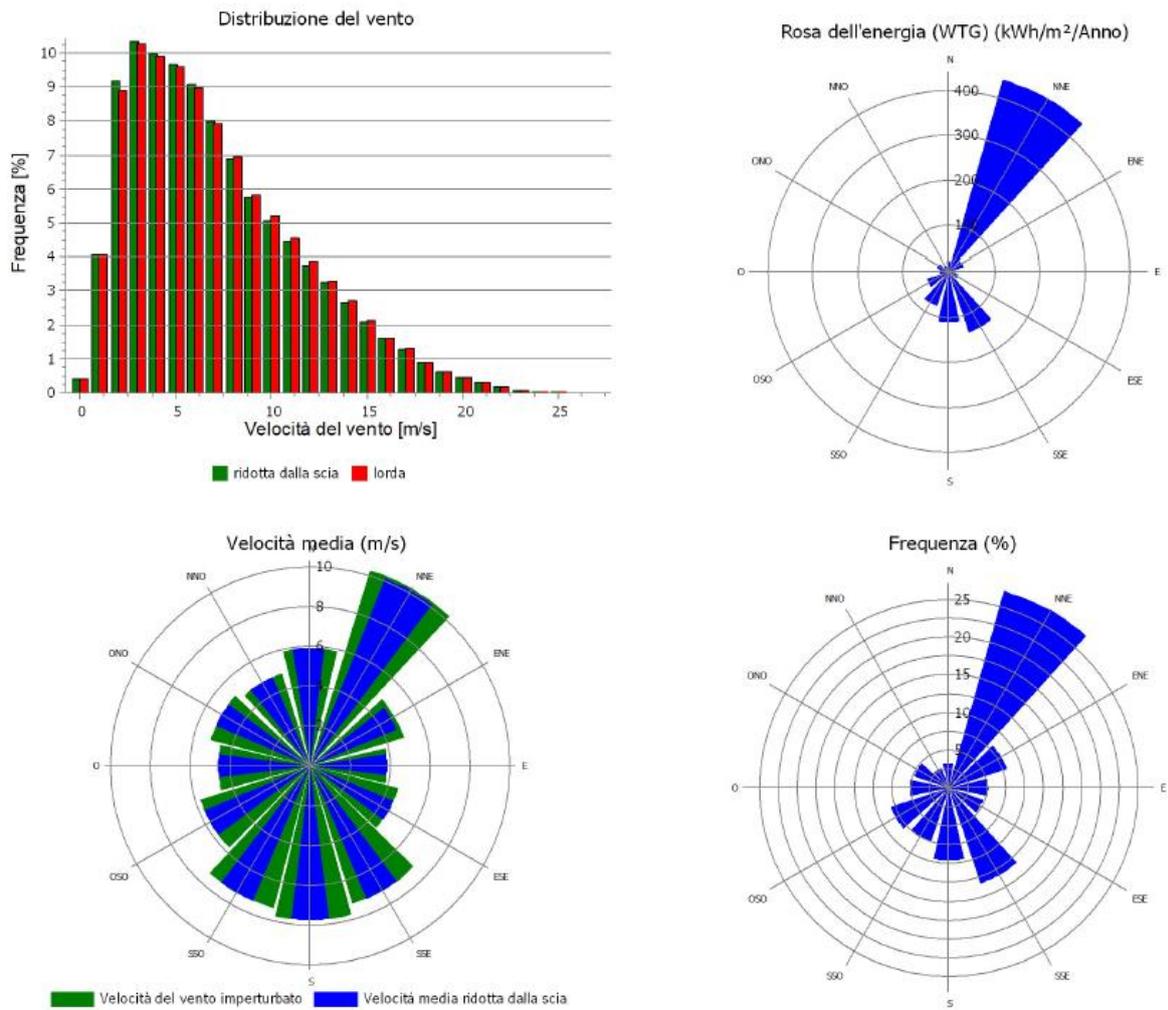


Figura 3 : Andamento del vento calcolato al mozzo della macchina a 165m espresso come media del vento, direzione, frequenza ed intensità

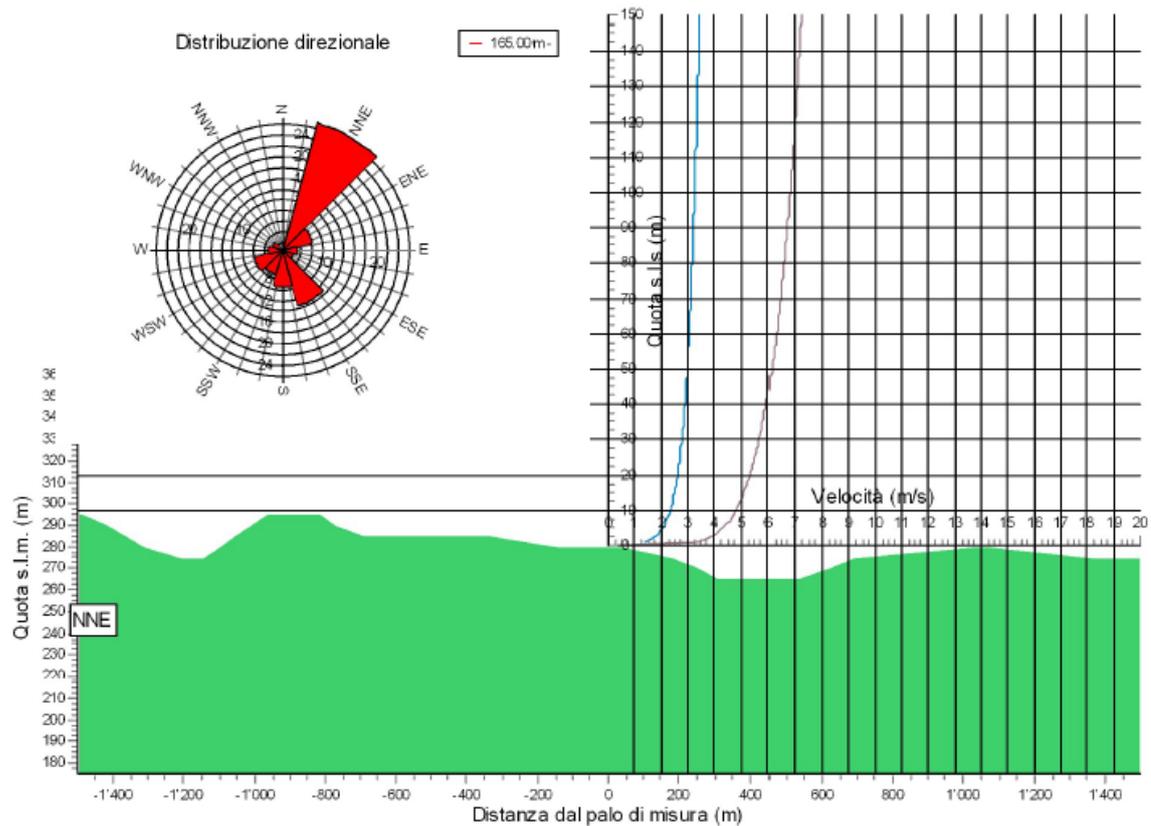


Figura 4 : Profilo verticale con indicazione della rugosità del terreno.

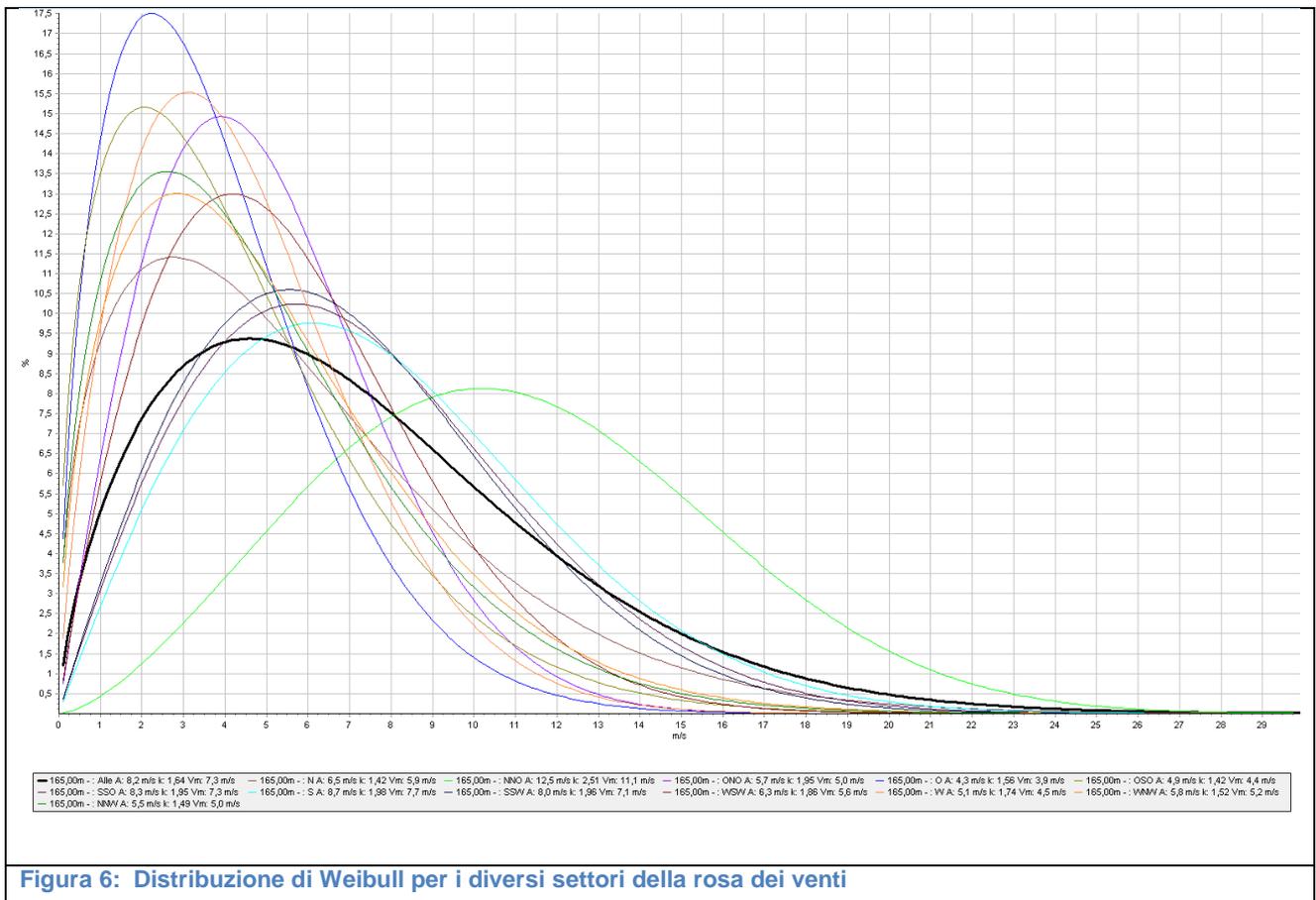
### Velocità medie mensili

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 20 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 produttività del parco.



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

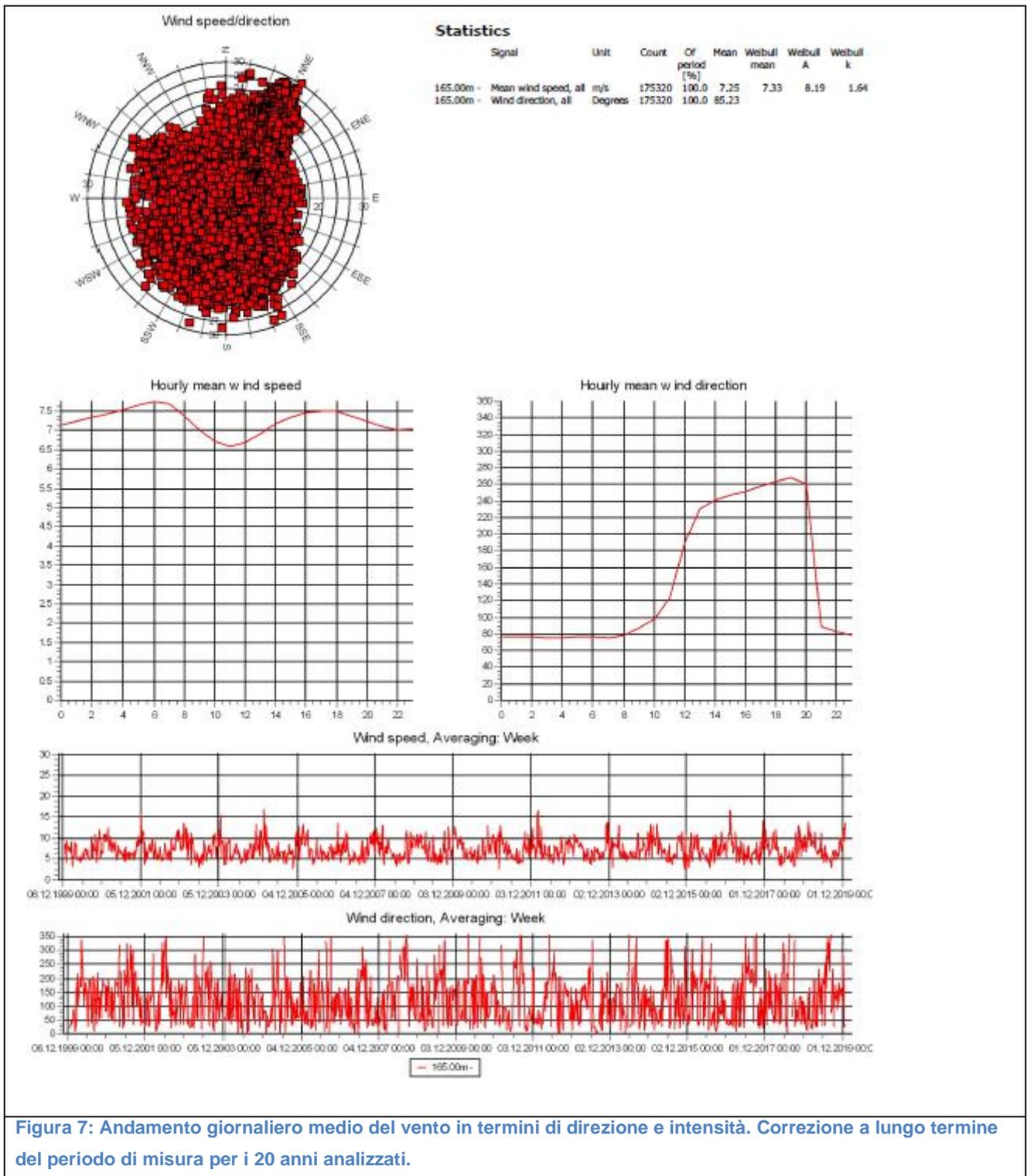


Figura 7: Andamento giornaliero medio del vento in termini di direzione e intensità. Correzione a lungo termine del periodo di misura per i 20 anni analizzati.

Si allega al presente studio l'analisi meteo di WindPro (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 SG170 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.

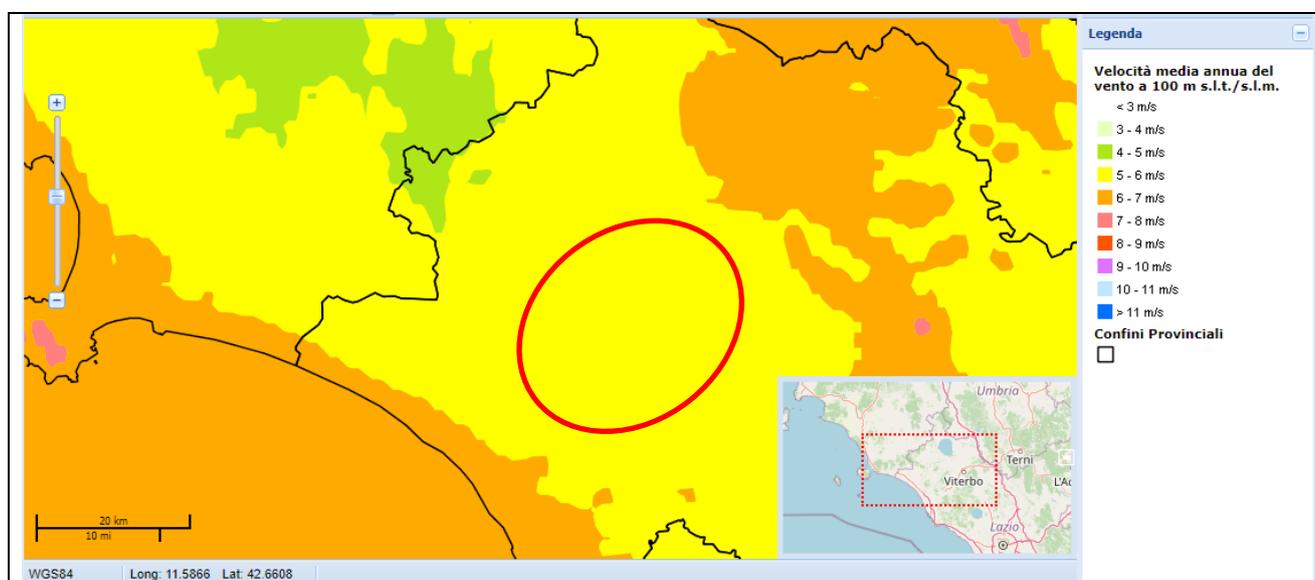


Figura 8: Atlante eolico con le velocità del vento simulate nell'area parco. La velocità del vento è misurata per un'altezza di 100m, massima altezza dell'atlante.

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 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

January 1, 2019 - January 31, 2019

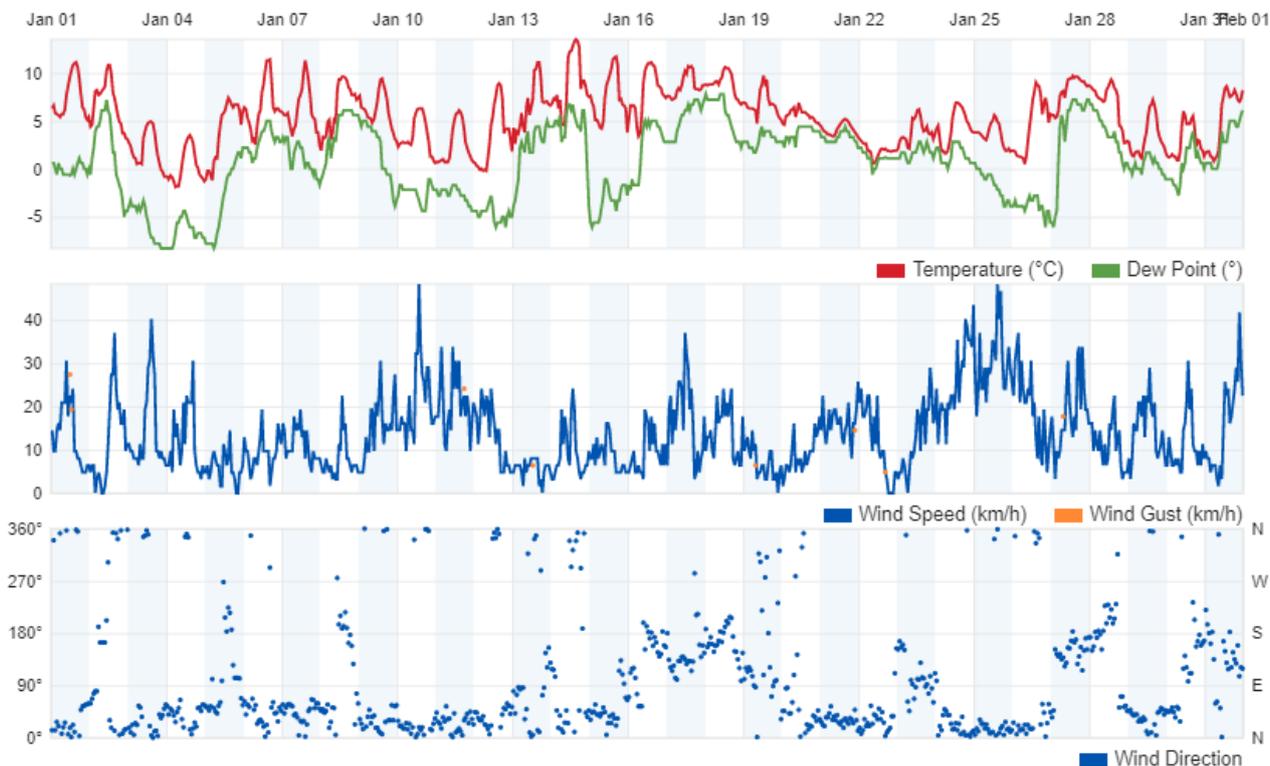


Figura 9: Stazione di Viterbo. Andamento dei dati meteorologici per Gennaio 2019.

## 5. Risultati dei modelli matematici per le rappresentazioni 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 culturali 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 SG170, con altezza mozzo 165m e potenza di macchina 6.5 e 6.4 MW.

### Energia annuale calcolata per ciascuna delle 14 nuove WTG, per un totale di 90.0 MW nominali installati

Tipo di WTG	Valida	Produttore	Tipo generatore	Potenza nominale	Diametro rotore	Altezza mozzo	Altezza di dislocamento	Curva di potenza		Produzione annuale		Velocità del vento	
								Creata da	Nome	Risultato	Perdite di scia [%]	lorda	ridotta
T 01	SI	Siemens Gamesa	SG 6.6-170 6.5MW-cut-6'500	6'500	170.0	165.0	Settoriale	USER	6.5MW_Manual_Cut_from_SG 6.6-170 Rev. 0, AM 0 - 6.6 MW	22'299.4	1.3	7.17	7.12
T 02	SI	Siemens Gamesa	SG 6.6-170 6.5MW-cut-6'500	6'500	170.0	165.0	Settoriale	USER	6.5MW_Manual_Cut_from_SG 6.6-170 Rev. 0, AM 0 - 6.6 MW	21'509.6	3.7	7.12	6.97
T 03	SI	Siemens Gamesa	SG 6.6-170 6.5MW-cut-6'500	6'500	170.0	165.0	Settoriale	USER	6.5MW_Manual_Cut_from_SG 6.6-170 Rev. 0, AM 0 - 6.6 MW	21'980.6	2.1	7.14	7.06
T 04	SI	Siemens Gamesa	SG 6.6-170 6.5MW-cut-6'500	6'500	170.0	165.0	Settoriale	USER	6.5MW_Manual_Cut_from_SG 6.6-170 Rev. 0, AM 0 - 6.6 MW	21'590.1	1.2	7.01	6.96
T 05	SI	Siemens Gamesa	SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	Settoriale	USER	SGRE Mode AM+2, 6400 kW rev.0	21'180.6	4.9	7.16	6.96
T 06	SI	Siemens Gamesa	SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	Settoriale	USER	SGRE Mode AM+2, 6400 kW rev.0	21'822.9	1.9	7.16	7.08
T 07	SI	Siemens Gamesa	SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	Settoriale	USER	SGRE Mode AM+2, 6400 kW rev.0	21'900.7	1.8	7.24	7.16
T 08	SI	Siemens Gamesa	SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	Settoriale	USER	SGRE Mode AM+2, 6400 kW rev.0	20'948.0	5.7	7.22	6.99
T 09	SI	Siemens Gamesa	SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	Settoriale	USER	SGRE Mode AM+2, 6400 kW rev.0	21'487.4	4.4	7.30	7.12
T 10	SI	Siemens Gamesa	SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	Settoriale	USER	SGRE Mode AM+2, 6400 kW rev.0	21'032.4	5.8	7.27	7.04
T 11	SI	Siemens Gamesa	SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	Settoriale	USER	SGRE Mode AM+2, 6400 kW rev.0	21'798.3	2.3	7.29	7.19
T 12	SI	Siemens Gamesa	SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	Settoriale	USER	SGRE Mode AM+2, 6400 kW rev.0	21'659.6	3.1	7.31	7.18
T 13	SI	Siemens Gamesa	SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	Settoriale	USER	SGRE Mode AM+2, 6400 kW rev.0	21'489.8	4.6	7.33	7.14
T 14	SI	Siemens Gamesa	SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	Settoriale	USER	SGRE Mode AM+2, 6400 kW rev.0	22'189.2	1.9	7.35	7.28

I risultati di produzione annuale includono le perdite indicate. In fase decisionale, andranno considerate ulteriori perdite e incertezze.

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

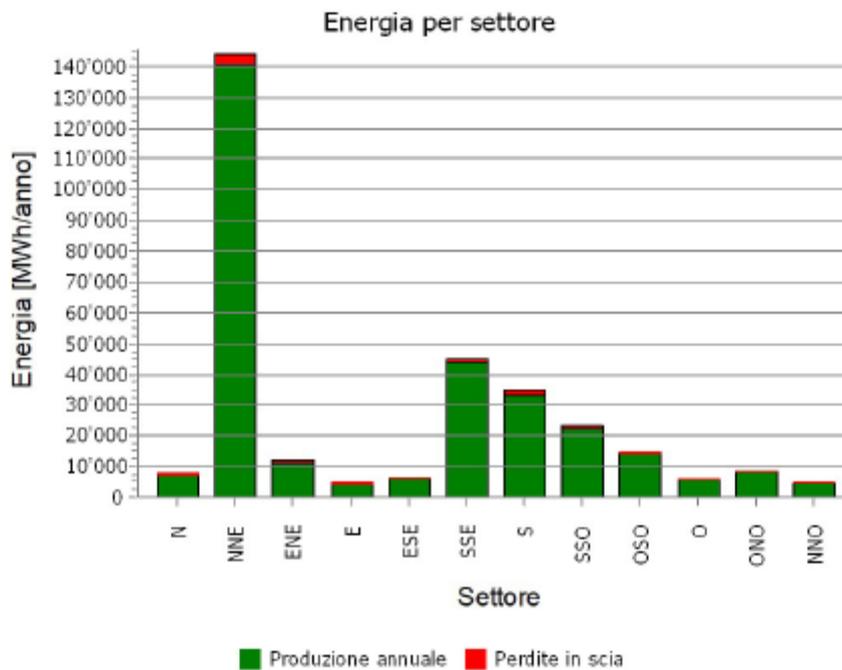


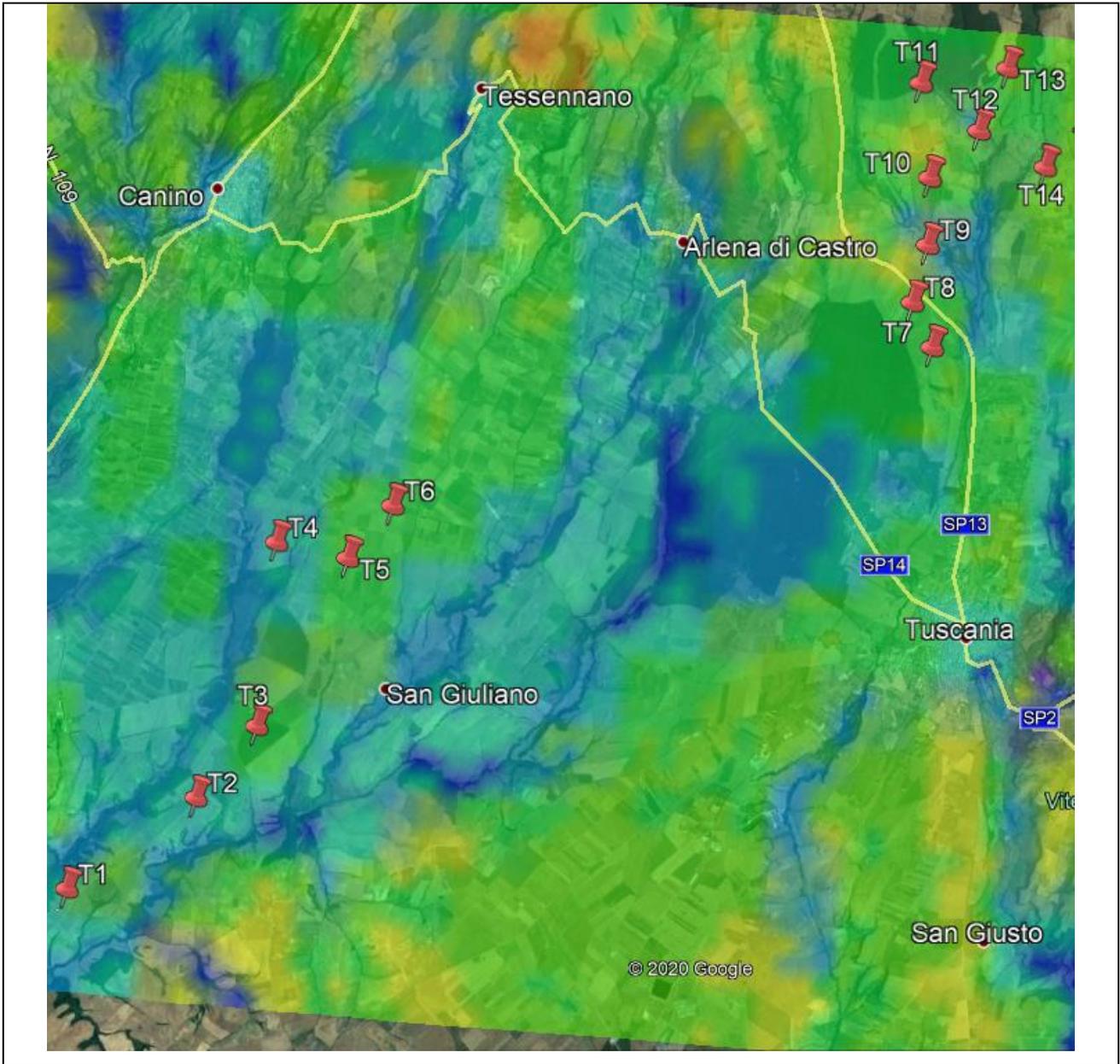
Figura 11: Analisi della massima producibilità per direzione del vento.

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 [MWh/anno]	Lordo (senza perdite) [MWh/anno]	Perdite di scia [%]	Risultati*)		Media per WTG [MWh/anno]	Ore equivalenti [Ore/anno]	Velocità del vento	
				Fattore di capacità [%]				lorda [m/s]	ridotta dalla scia [m/s]
Parco eolico	302'888.6	312'850.0	3.2	38.4		21'634.9	3'365	7.2	7.1
*) Basati su perdite in scia e deurtazioni.									
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>302.888,6</b>	<b>312.850,0</b>	<b>3,2</b>	<b>38,4</b>	<b>21.634,9</b>	<b>3.365</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 si 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.



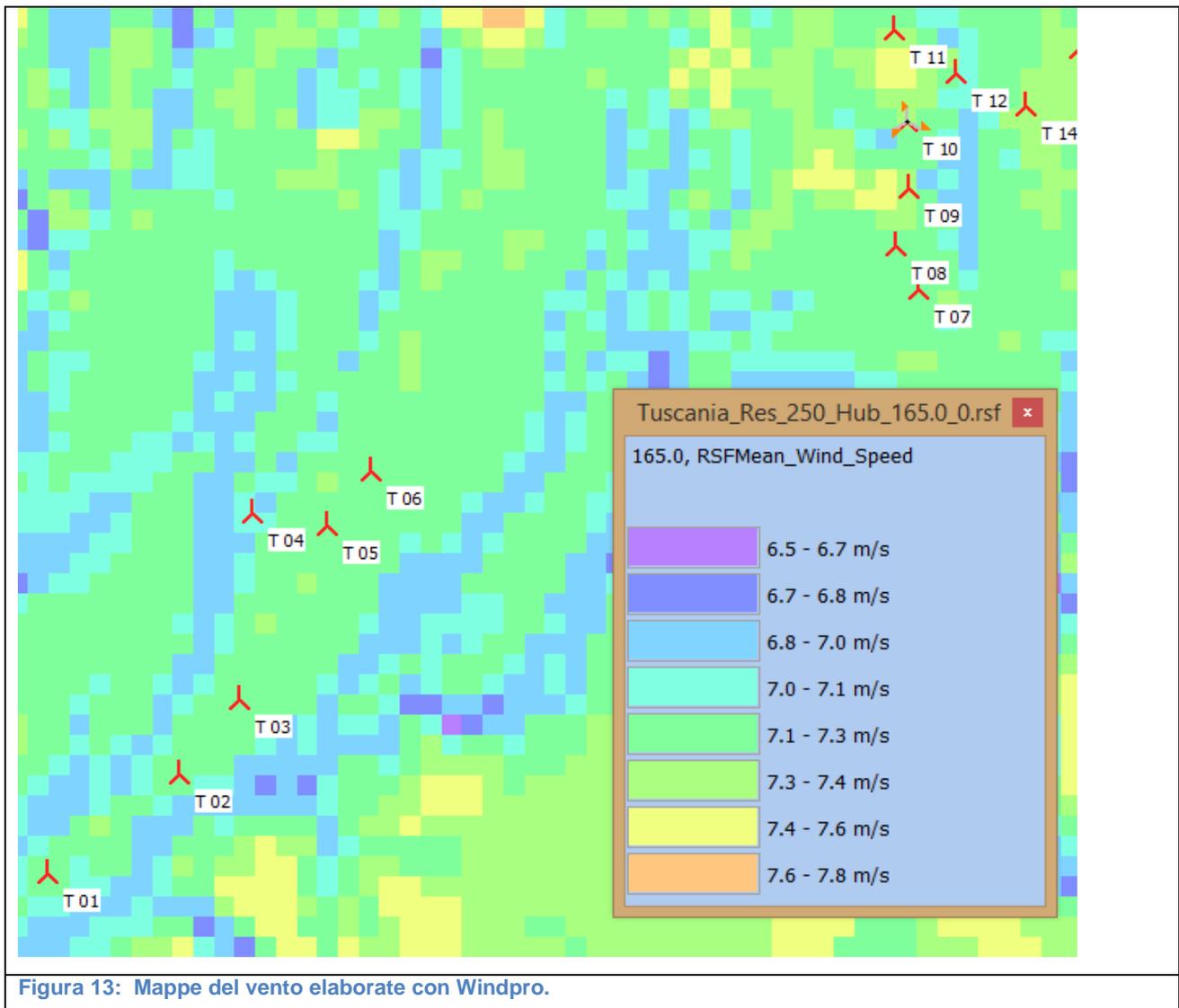


Figura 13: Mappe del vento elaborate con Windpro.

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

## 7. Conclusioni

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

Il parco proposto è costituito da 14 aerogeneratori Siemens Gamesa SG170 con una potenza nominale di 6.5 e 6.4 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 20 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 WindPro 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 Tuscania ha una buona produzione intorno ai 312.850 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 **302.888,6 MWh/anno** , che equivale a circa 3.365 ore equivalenti. L'area in oggetto è quindi vocata allo sfruttamento della risorsa eolica che si configura come un impianto redditizio ed efficiente.

# ALLEGATO 01

Progetto:  
Tuscania

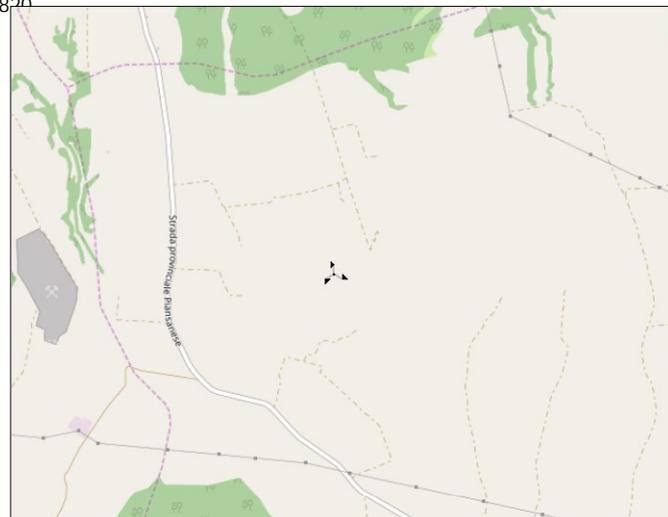
Utente autorizzato:  
wpd AG  
Stephanitorsbollwerk 3 (Haus LUV)  
DE-28211 Bremen  
+49 7142 77810  
Marlen Vragel / m.sinesi@wpd-italia.it  
Redatto il:  
08.05.2020 10:38

## Relazione dati meteo - 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

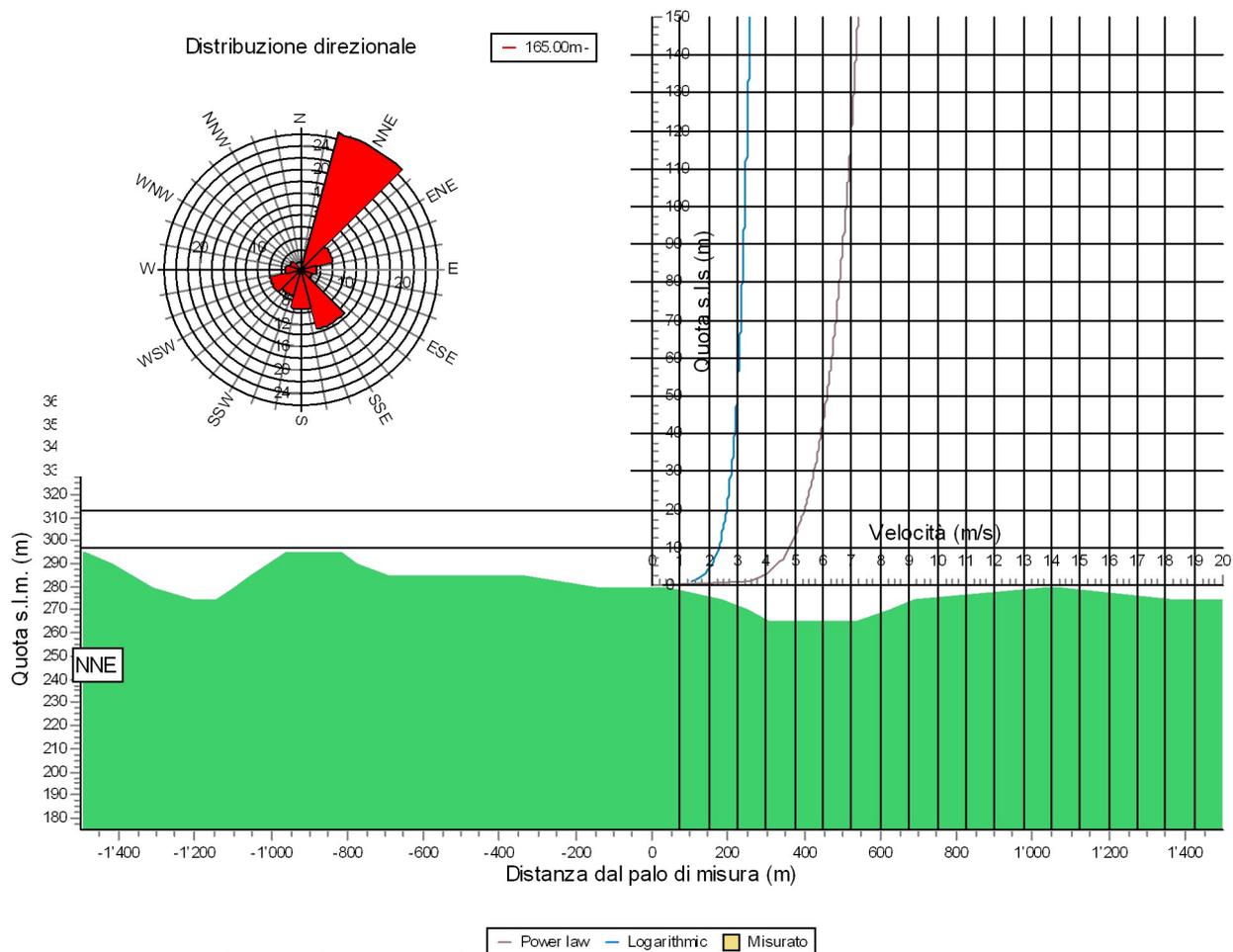
ID	Altezza [m]	Dati abilitati [%]	Dati	U_max [m/s]	U_media *) [m/s]
165.00m - #)	165.00	100.0	175320	30.2	7.2



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)

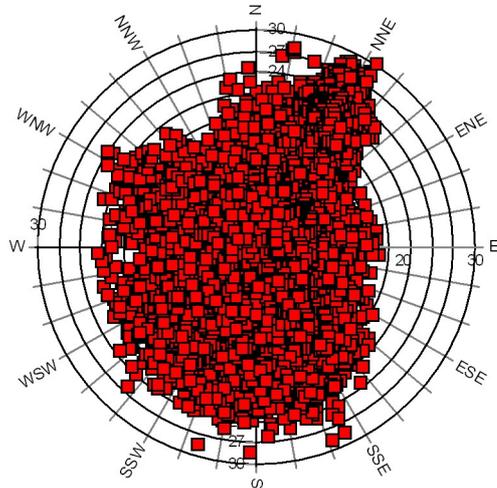


Profilo non disponibile quando è selezionata una sola quota.

## Relazione dati meteo - Risultati principali

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

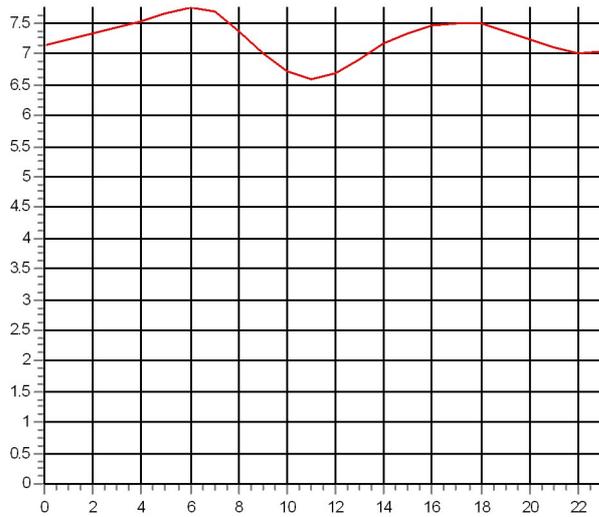
Distribuzione direzionale delle velocità



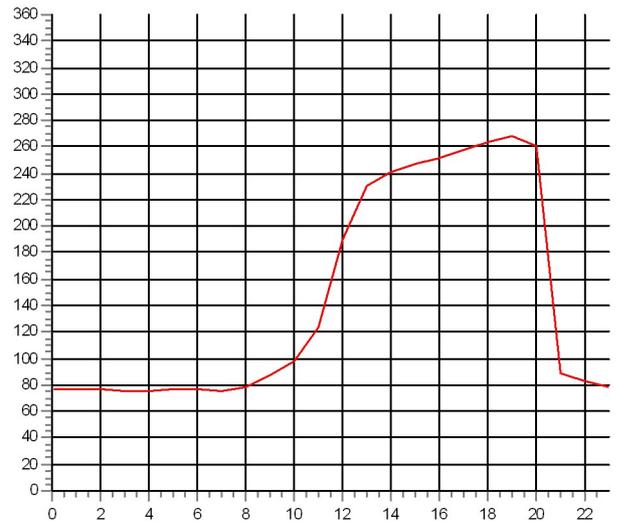
### Statistica

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			

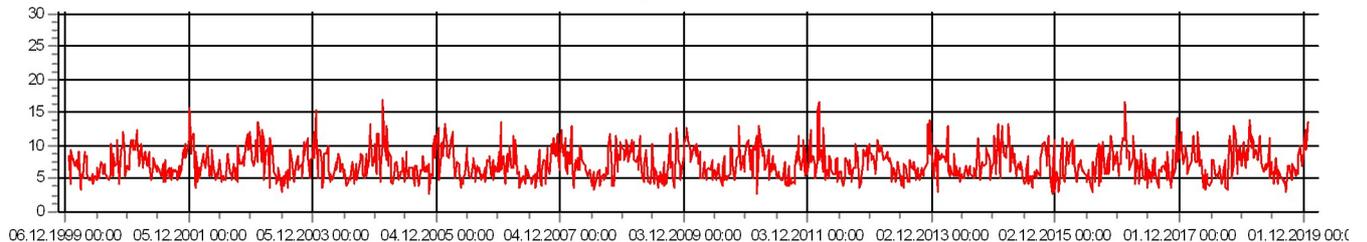
Velocità media oraria



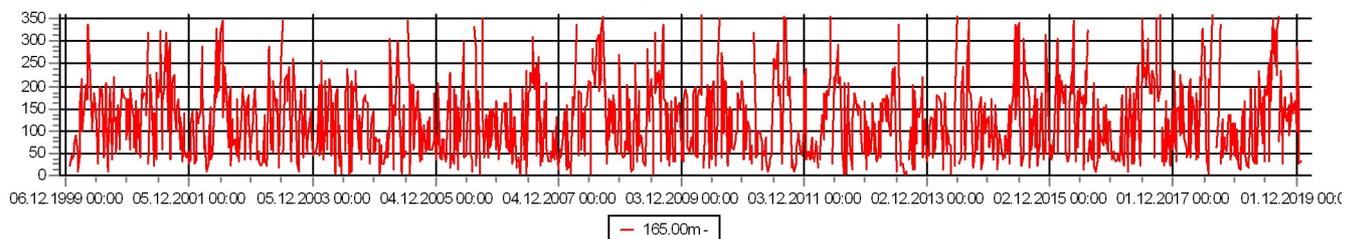
Direzione media oraria



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 165mPeriodo: 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 165mPeriodo: 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 165mPeriodo: 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

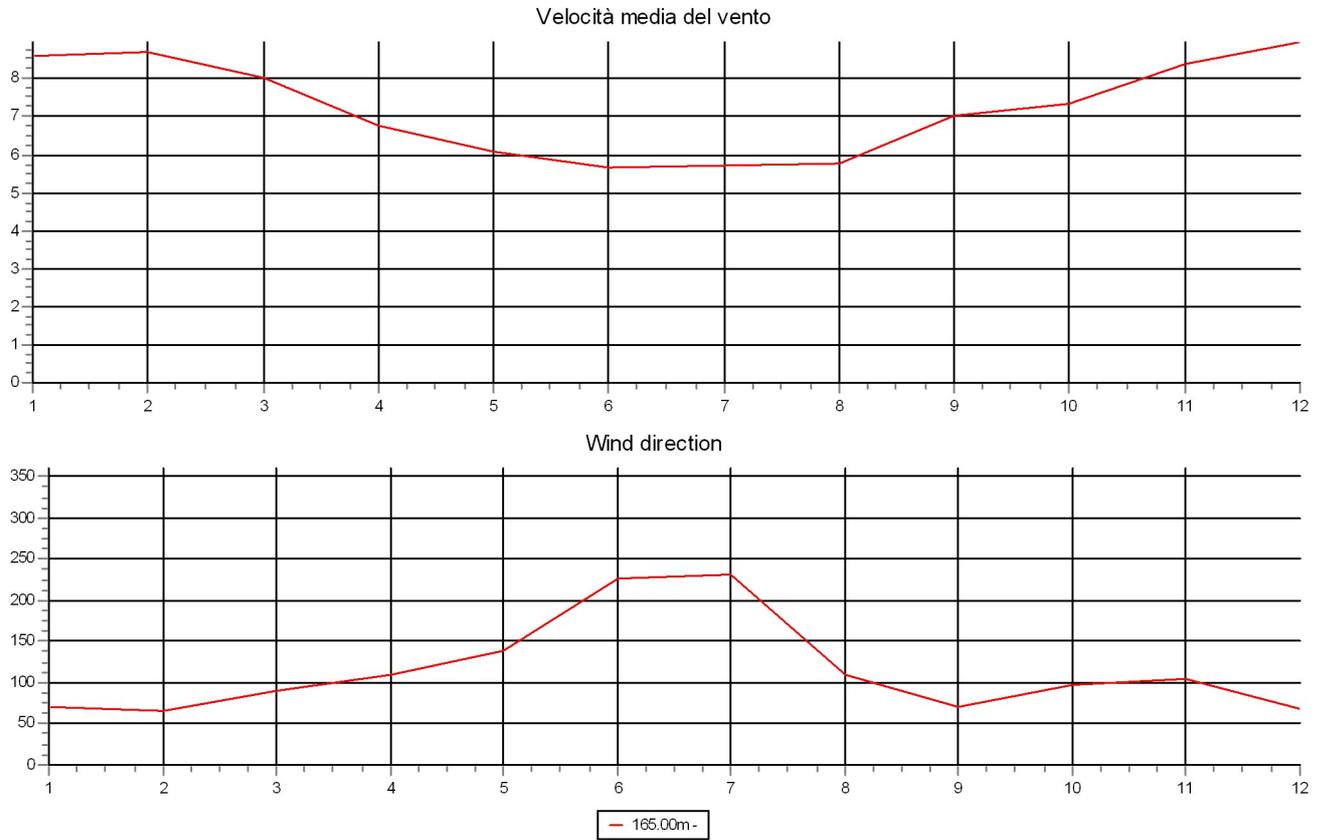
### Velocità medie mensili

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)



Progetto:  
Tuscania

Utente autorizzato:  
wpd AG  
Stephanitorsbollwerk 3 (Haus LUV)  
DE-28211 Bremen  
+49 7142 77810  
Niklas Wittkamp / n.wittkamp@wpd.de  
Redatto il:  
2022-03-22 12:07/3.5.576

## PARK - Risultato principale

Calcolo: New Layout 2022-03 14x SG6.X-170 6.5&6.6MW 165m hub

### Impostazioni

AEP scalata ad un anno esatto, in base al numero di campioni disponibili nella serie temporale  
Fattore di scala da 20.0 a 1 anni: 0.050

Calcolo delle scie eseguito in UTM (north)-WGS84 Zona: 32  
Al centro del sito, la differenza tra Nord del sistema di riferimento e Nord Vero è: 1.9°

### Scia

Modello di scia: N.O. Jensen (RIS0/EMD)  
Costante di decadimento scia  
Costante di decadimento scia: 0.075 Default DTU onshore  
WTG di riferimento: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6.5MW-cut 6500 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0)

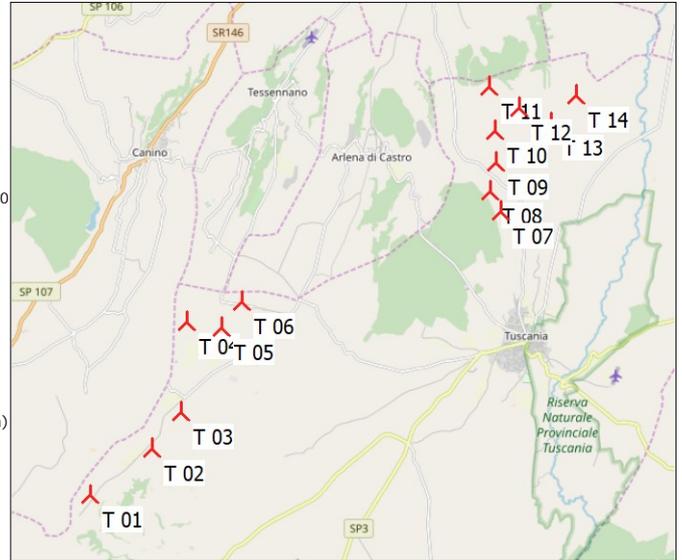
### Scaler/dati di vento

Nome: EMD Default Measurement Mast Scaler  
Scaling terreno: Measured Data Scaling (Neutral stability / Raw flow)  
Terreno alla microscala: WASP IBZ from Site Data  
Periodo usato: 2000-01-01 - 2019-12-31 23:00:00  
Oggetto/i Mete: Vortex era5 LTC 04/20 7.246m/s 165m, 165.00m -  
Altezza di dislocamento: Settoriale: Default 20m forest based on roughness data  
Versione WASP: WASP 12 Version 12.00.0128

### Correzione della potenza

Correzione curva di potenza (metodo IEC modificato per corrispondere al controllo turbina)

	Min	Max	Med	Corr.	Corr. Neg.	Corr. Pos.
				[%]	[%]	[%]
Densità dell'aria						
Dalle impostazioni della densità dell'aria	[°C]	13.3	14.8	14.0		
Pressione atmosferica	[hPa]	957.9	982.9	968.9		
Densità dell'aria risultante	[kg/m³]	1.165	1.189	1.176		
Rispetto al livello del mare a 15°C	[%]	95.1	97.1	96.0	-2.0	-2.0
						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]	Perdite di scia [%]	Risultati <sup>a)</sup>			Velocità del vento	
				Fattore di capacità [%]	Media per WTG [MWh/anno]	Ore equivalenti [Ore/anno]	lorda [m/s]	ridotta dalla scia [m/s]
Parco eolico	302'888.6	312'850.0	3.2	38.4	21'634.9	3'365	7.2	7.1

<sup>a)</sup> Basati su perdite in scia e decurtazioni.

## Energia annuale calcolata per ciascuna delle 14 nuove WTG, per un totale di 90.0 MW nominali installati

Tipo di WTG	Valida	Produttore	Tipo generatore	Potenza nominale [kW]	Diametro rotore [m]	Altezza mozzo [m]	Altezza di dislocamento [m]	Curva di potenza Creata	Nome	Produzione annuale		Velocità del vento	
										Risultato [MWh/anno]	Perdite di scia [%]	lorda [m/s]	ridotta [m/s]
T 01	Si	Siemens Gamesa	SG 6.6-170 6.5MW-cut-6'500	6'500	170.0	165.0	Settoriale	USER	6.5MW_Manual_Cut_from_SG 6.6-170 Rev. 0, AM 0 - 6.6 MW	22'299.4	1.3	7.17	7.12
T 02	Si	Siemens Gamesa	SG 6.6-170 6.5MW-cut-6'500	6'500	170.0	165.0	Settoriale	USER	6.5MW_Manual_Cut_from_SG 6.6-170 Rev. 0, AM 0 - 6.6 MW	21'509.6	3.7	7.12	6.97
T 03	Si	Siemens Gamesa	SG 6.6-170 6.5MW-cut-6'500	6'500	170.0	165.0	Settoriale	USER	6.5MW_Manual_Cut_from_SG 6.6-170 Rev. 0, AM 0 - 6.6 MW	21'980.6	2.1	7.14	7.06
T 04	Si	Siemens Gamesa	SG 6.6-170 6.5MW-cut-6'500	6'500	170.0	165.0	Settoriale	USER	6.5MW_Manual_Cut_from_SG 6.6-170 Rev. 0, AM 0 - 6.6 MW	21'590.1	1.2	7.01	6.96
T 05	Si	Siemens Gamesa	SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	Settoriale	USER	SGRE Mode AM+2, 6400 kW rev.0	21'180.6	4.9	7.16	6.96
T 06	Si	Siemens Gamesa	SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	Settoriale	USER	SGRE Mode AM+2, 6400 kW rev.0	21'822.9	1.9	7.16	7.08
T 07	Si	Siemens Gamesa	SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	Settoriale	USER	SGRE Mode AM+2, 6400 kW rev.0	21'900.7	1.8	7.24	7.16
T 08	Si	Siemens Gamesa	SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	Settoriale	USER	SGRE Mode AM+2, 6400 kW rev.0	20'948.0	5.7	7.22	6.99
T 09	Si	Siemens Gamesa	SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	Settoriale	USER	SGRE Mode AM+2, 6400 kW rev.0	21'487.4	4.4	7.30	7.12
T 10	Si	Siemens Gamesa	SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	Settoriale	USER	SGRE Mode AM+2, 6400 kW rev.0	21'032.4	5.8	7.27	7.04
T 11	Si	Siemens Gamesa	SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	Settoriale	USER	SGRE Mode AM+2, 6400 kW rev.0	21'798.3	2.3	7.29	7.19
T 12	Si	Siemens Gamesa	SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	Settoriale	USER	SGRE Mode AM+2, 6400 kW rev.0	21'659.6	3.1	7.31	7.18
T 13	Si	Siemens Gamesa	SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	Settoriale	USER	SGRE Mode AM+2, 6400 kW rev.0	21'489.8	4.6	7.33	7.14
T 14	Si	Siemens Gamesa	SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	Settoriale	USER	SGRE Mode AM+2, 6400 kW rev.0	22'189.2	1.9	7.35	7.28

I risultati di produzione annuale includono le perdite indicate. In fase decisionale, andranno considerate ulteriori perdite e incertezze.

## Posizione delle WTG

	UTM (north)-WGS84 Zona: 32	Easting	Northing	Z	Dati/Descrizione	Periodo calcolato	
						Inizio	Fine
T 01	Nuova	724'779	4'695'804	92.3	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6.5MW-cut 6500 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m)...	2000-01-01	2019-12-31
T 02	Nuova	726'366	4'697'127	103.9	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6.5MW-cut 6500 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m)...	2000-01-01	2019-12-31
T 03	Nuova	727'085	4'698'121	115.0	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6.5MW-cut 6500 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m)...	2000-01-01	2019-12-31
T 04	Nuova	727'162	4'700'518	139.7	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6.5MW-cut 6500 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m)...	2000-01-01	2019-12-31
T 05	Nuova	728'100	4'700'387	150.0	Siemens Gamesa SG 6.2-170 6.4MW 6400 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m)...	2000-01-01	2019-12-31
T 06	Nuova	728'626	4'701'108	161.5	Siemens Gamesa SG 6.2-170 6.4MW 6400 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m)...	2000-01-01	2019-12-31
T 07	Nuova	735'351	4'703'675	248.2	Siemens Gamesa SG 6.2-170 6.4MW 6400 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m)...	2000-01-01	2019-12-31
T 08	Nuova	735'052	4'704'222	257.5	Siemens Gamesa SG 6.2-170 6.4MW 6400 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m)...	2000-01-01	2019-12-31
T 09	Nuova	735'183	4'704'966	270.0	Siemens Gamesa SG 6.2-170 6.4MW 6400 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m)...	2000-01-01	2019-12-31
T 10	Nuova	735'139	4'705'820	280.1	Siemens Gamesa SG 6.2-170 6.4MW 6400 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m)...	2000-01-01	2019-12-31
T 11	Nuova	734'925	4'706'996	308.7	Siemens Gamesa SG 6.2-170 6.4MW 6400 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m)...	2000-01-01	2019-12-31

continua alla pagina successiva...

Progetto:  
Tuscania

Utente autorizzato:  
wpd AG  
Stephanitorsbollwerk 3 (Haus LUV)  
DE-28211 Bremen  
+49 7142 77810  
Niklas Wittkamp / n.wittkamp@wpd.de  
Redatto il:  
2022-03-22 12:07/3.5.576

## PARK - Risultato principale

Calcolo: New Layout 2022-03 14x SG6.X-170 6.5&6.6MW 165m hub

...continua dalla pagina precedente

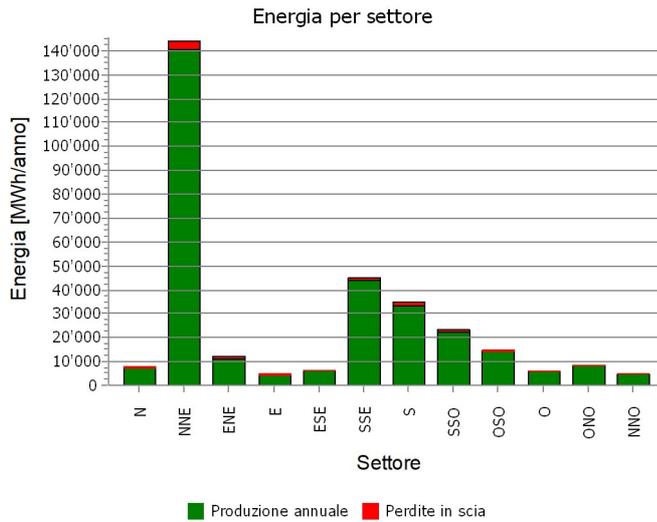
		UTM (north)-WGS84 Zona: 32				Periodo calcolato	
		Easting	Northing	Z	Dati/Descrizione	Inizio	Fine
		[m]					
T 12	Nuova	735'716	4'706'467	290.0	Siemens Gamesa SG 6.2-170 6.4MW 6400 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m)...	2000-01-01	2019-12-31
T 13	Nuova	736'593	4'706'074	277.6	Siemens Gamesa SG 6.2-170 6.4MW 6400 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m)...	2000-01-01	2019-12-31
T 14	Nuova	737'232	4'706'834	285.0	Siemens Gamesa SG 6.2-170 6.4MW 6400 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m)...	2000-01-01	2019-12-31

## PARK - Analisi della produzione

Calcolo: New Layout 2022-03 14x SG6.X-170 6.5&6.6MW 165m hubWTG: Tutte le WTG nuove, densità dell'aria variabile con la posizione della WTG: 1.165 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
Model based energy	[MWh]	7'765.6	144'149.5	12'041.6	4'603.2	6'617.7	45'073.1	34'806.8	23'496.4	14'890.9	5'994.3	8'518.1	4'892.9	312'850.1
-Perdite dovute alle scie	[MWh]	354.0	3'856.8	717.2	147.2	185.0	824.9	1'383.9	1'259.4	659.5	202.1	262.1	109.4	9'961.4
Energia risultante	[MWh]	7'411.6	140'292.8	11'324.4	4'456.0	6'432.7	44'248.2	33'422.9	22'237.0	14'231.3	5'792.2	8'256.0	4'783.5	302'888.7
Energia specifica	[kWh/m <sup>2</sup> ]													953
Energia specifica	[kWh/kW]													3'365
Perdite dovute alle scie	[%]	4.6	2.7	6.0	3.2	2.8	1.8	4.0	5.4	4.4	3.4	3.1	2.2	3.18
Ore equivalenti	[Ore/anno]	82	1'559	126	50	71	492	371	247	158	64	92	53	3'365



## PARK - Analisi della curva di potenza

Calcolo: New Layout 2022-03 14x SG6.X-170 6.5&6.6MW 165m hubWTG: T 01 - Siemens Gamesa SG 6.6-170 6.5MW-cut 6500 170.0 !OI, Altezza mozzo: 165.0 m  
Nome: 6.5MW\_Manual\_Cut\_from\_SG 6.6-170 Rev. 0, AM 0 - 6.6 MW  
Fonte: Developer Package D2830475/002, 2021-07-21

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>
2021-07-21	USER	2022-02-02	2022-03-21	25.0	Pitch	Definito dall'utente	Variable	0.29

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]	11'408	17'219	22'765	27'657	31'751	35'004
Siemens Gamesa SG 6.6-170 6.5MW-cut 6500 170.0 !OI 6.5MW_Manual_Cut_from_SG 6.6-170 Rev. 0, AM 0 - 6.6 MW	[MWh]	11'602	17'444	22'982	27'808	31'759	34'788
Valore di controllo	[%]	-2	-1	-1	-1	0	1

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	1040.0	0.45	5.5	0.83
6.0	1376.0	0.46	6.0	0.83
6.5	1771.0	0.46	6.5	0.84
7.0	2230.0	0.47	7.0	0.84
7.5	2757.0	0.47	7.5	0.84
8.0	3346.0	0.47	8.0	0.82
8.5	3974.0	0.47	8.5	0.80
9.0	4600.0	0.45	9.0	0.77
9.5	5177.0	0.43	9.5	0.71
10.0	5660.0	0.41	10.0	0.65
10.5	6024.0	0.37	10.5	0.58
11.0	6272.0	0.34	11.0	0.51
11.5	6424.0	0.30	11.5	0.44
12.0	6500.0	0.27	12.0	0.38
12.5	6500.0	0.24	12.5	0.34
13.0	6500.0	0.21	13.0	0.29
13.5	6500.0	0.19	13.5	0.26
14.0	6500.0	0.17	14.0	0.23
14.5	6500.0	0.15	14.5	0.21
15.0	6500.0	0.14	15.0	0.19
15.5	6500.0	0.13	15.5	0.17
16.0	6500.0	0.11	16.0	0.16
16.5	6500.0	0.10	16.5	0.14
17.0	6500.0	0.10	17.0	0.13
17.5	6500.0	0.09	17.5	0.12
18.0	6500.0	0.08	18.0	0.12
18.5	6468.0	0.07	18.5	0.10
19.0	6336.0	0.07	19.0	0.09
19.5	6204.0	0.06	19.5	0.08
20.0	6072.0	0.05	20.0	0.07
20.5	5940.0	0.05	20.5	0.07
21.0	5808.0	0.05	21.0	0.06
21.5	5676.0	0.04	21.5	0.06
22.0	5544.0	0.04	22.0	0.05
22.5	5412.0	0.03	22.5	0.05
23.0	5280.0	0.03	23.0	0.04

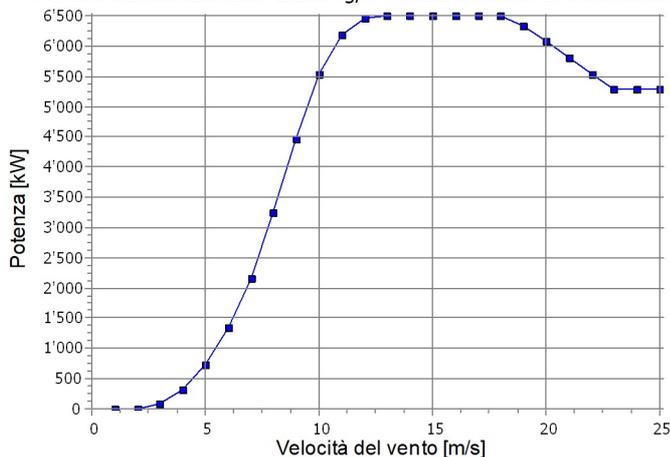
### Potenza ed efficienza vs. velocità del vento

Dati usati nel calcolo, Densità media dell'aria: 1.189 kg/m<sup>3</sup>

Velocità del vento [m/s]	Potenza [kW]	Cp
1.0	0.0	0.00
2.0	0.0	0.00
3.0	83.6	0.23
4.0	315.8	0.37
5.0	734.0	0.44
6.0	1335.1	0.46
7.0	2164.7	0.47
8.0	3249.4	0.47
9.0	4475.2	0.45
10.0	5536.3	0.41
11.0	6188.7	0.34
12.0	6467.9	0.28
13.0	6500.0	0.22
14.0	6500.0	0.18
15.0	6500.0	0.14
16.0	6500.0	0.12
17.0	6500.0	0.10
18.0	6500.0	0.08
19.0	6336.0	0.07
20.0	6072.0	0.06
21.0	5808.0	0.05
22.0	5544.0	0.04
23.0	5280.0	0.03
24.0	5280.0	0.03
25.0	5280.0	0.03

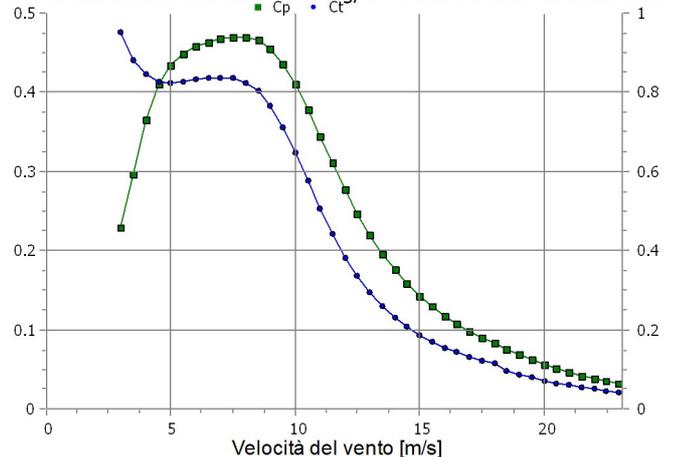
Curva di potenza

Per una densità dell'aria: 1.189 kg/m<sup>3</sup> e dati climatici di riferimento



Curve Cp e Ct

Per una densità dell'aria: 1.189 kg/m<sup>3</sup> e dati climatici di riferimento



Progetto:  
Tuscania

Utente autorizzato:  
wpd AG  
Stephanitorsbollwerk 3 (Haus LUV)  
DE-28211 Bremen  
+49 7142 77810  
Niklas Wittkamp / n.wittkamp@wpd.de  
Redatto il:  
2022-03-22 12:07/3.5.576

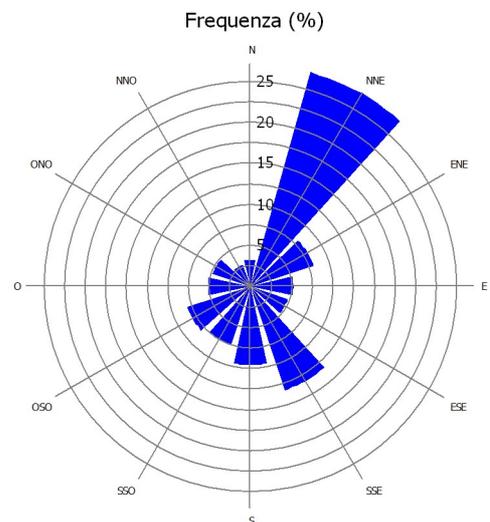
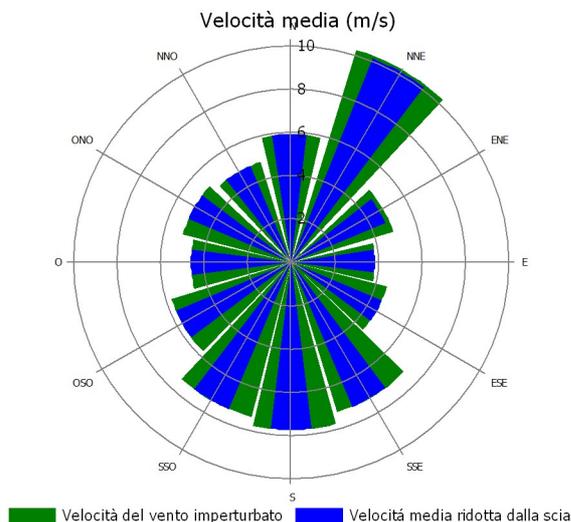
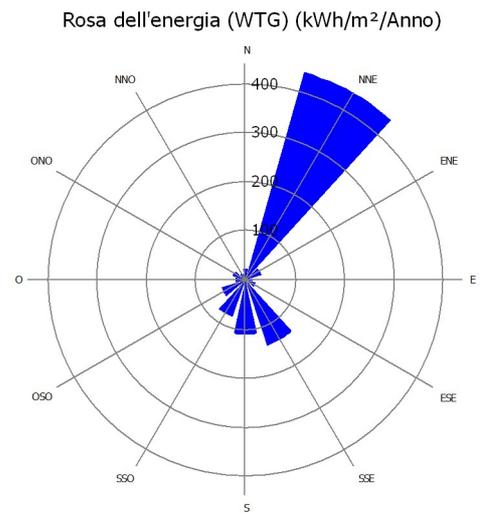
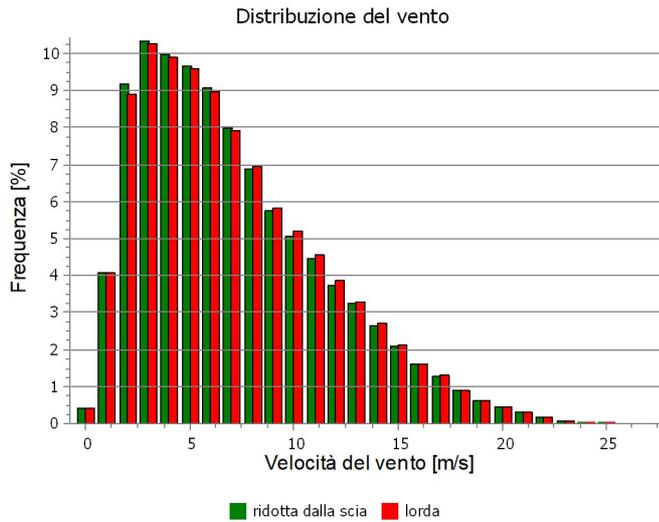
## PARK - Analisi dei Dati di vento

Calcolo: New Layout 2022-03 14x SG6.X-170 6.5&6.6MW 165m hub Dati di vento: T 01 - Siemens Gamesa SG 6.6-170 6.5MW-cut 6500 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (32); Altezza mozzo: 165.0

Coordinate del sito  
UTM (north)-WGS84 Zone: 32  
Est: 724'779 Nord: 4'695'804  
T 01 - Siemens Gamesa SG 6.6-170 6.5MW-cut 6500 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (32)  
Masts usati  
Take nearest

### Dati di vento per il sito

Settore	Velocità del vento imperturbato [m/s]	Velocità media ridotta dalla scia [m/s]	Frequenza [%]	
0 N	5.9	5.9	5.9	3.3
1 NNE	10.3	10.1	27.2	
2 ENE	4.9	4.7	8.1	
3 E	3.9	3.9	5.2	
4 ESE	4.5	4.5	4.8	
5 SSE	7.3	7.3	13.4	
6 S	7.8	7.8	9.7	
7 SSO	7.4	7.4	7.5	
8 OSO	5.8	5.8	8.1	
9 O	4.6	4.6	5.2	
10 ONO	5.1	5.1	4.8	
11 NNO	4.8	4.8	2.8	
Tutti	7.2	7.1	100.0	



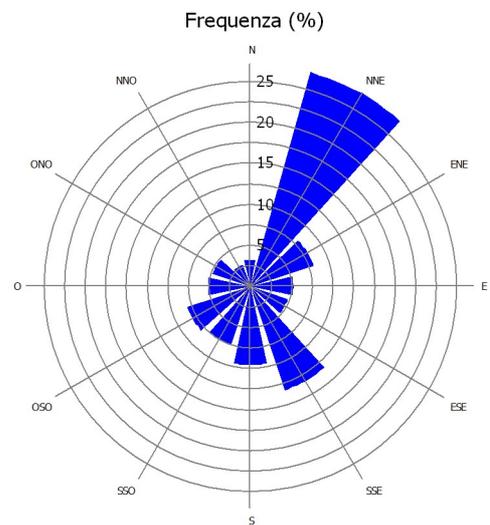
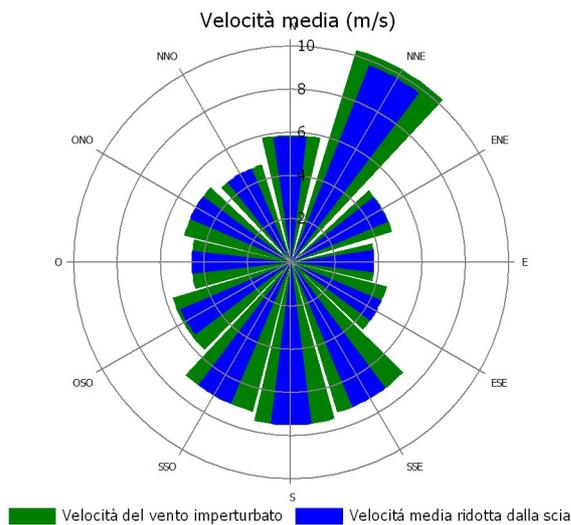
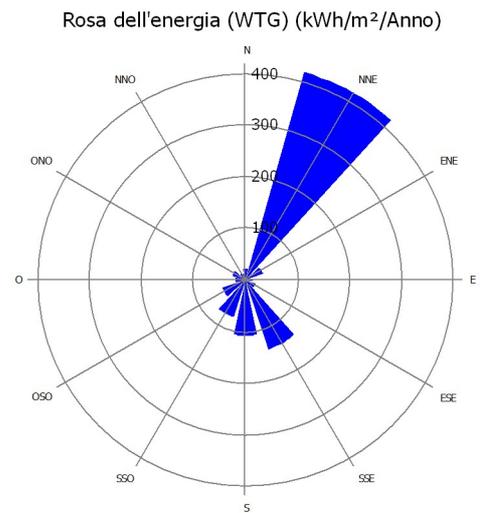
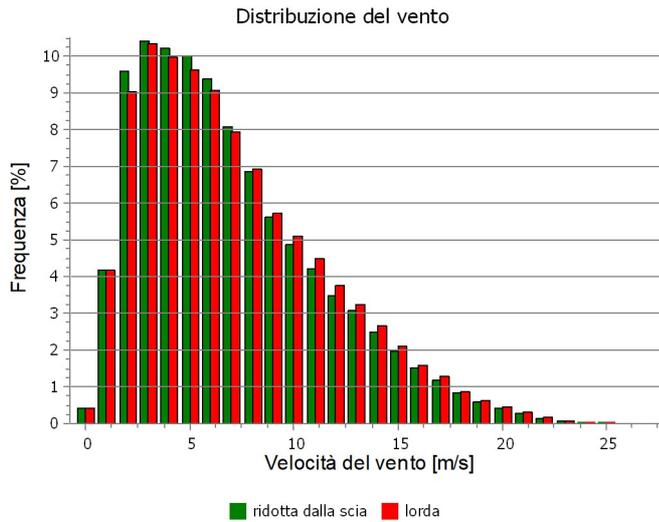
## PARK - Analisi dei Dati di vento

Calcolo: New Layout 2022-03 14x SG6.X-170 6.5&6.6MW 165m hub Dati di vento: T 02 - Siemens Gamesa SG 6.6-170 6.5MW-cut 6500 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (33); Altezza mozzo: 165.0

Coordinate del sito  
UTM (north)-WGS84 Zone: 32  
Est: 726'366 Nord: 4'697'127  
T 02 - Siemens Gamesa SG 6.6-170 6.5MW-cut 6500 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (33)  
Masts usati  
Take nearest

### Dati di vento per il sito

Settore	Velocità del vento imperturbato [m/s]	Velocità media ridotta dalla scia [m/s]	Frequenza [%]	
0 N	5.9	5.9	5.8	3.3
1 NNE	10.3	9.8	27.2	
2 ENE	4.9	4.8	8.1	
3 E	3.8	3.8	5.2	
4 ESE	4.5	4.5	4.8	
5 SSE	7.3	7.3	13.4	
6 S	7.5	7.5	9.7	
7 SSO	7.1	7.1	7.5	
8 OSO	5.7	5.6	8.1	
9 O	4.6	4.6	5.2	
10 ONO	5.1	5.1	4.8	
11 NNO	4.7	4.7	2.8	
Tutti	7.1	7.0	100.0	

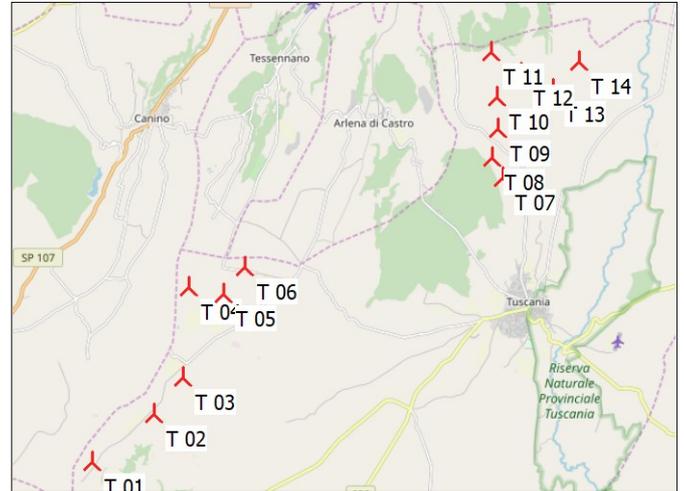


## PARK - Distanze tra le WTG

Calcolo: New Layout 2022-03 14x SG6.X-170 6.5&6.6MW 165m hub

### Distanze tra le WTG

Z	WTG più vicina	Z	Distanza orizzontale [m]	Distanza in Diametri Rotore	
T 01	92.3	T 02	103.9	2'066	12.2
T 02	103.9	T 03	115.0	1'227	7.2
T 03	115.0	T 02	103.9	1'227	7.2
T 04	139.7	T 05	150.0	947	5.6
T 05	150.0	T 06	161.5	892	5.2
T 06	161.5	T 05	150.0	892	5.2
T 07	248.2	T 08	257.5	623	3.7
T 08	257.5	T 07	248.2	623	3.7
T 09	270.0	T 08	257.5	755	4.4
T 10	280.1	T 09	270.0	855	5.0
T 11	308.7	T 12	290.0	952	5.6
T 12	290.0	T 10	280.1	867	5.1
T 13	277.6	T 12	290.0	961	5.7
T 14	285.0	T 13	277.6	993	5.8
Min	92.3		103.9	623	3.7
Max	308.7		290.0	2'066	12.2



Nuova WTG

## PARK - Produzione annuale in funzione del tempo

Calcolo: New Layout 2022-03 14x SG6.X-170 6.5&6.6MW 165m hub

Parco eolico: 90.0 MW, 14 turbine da 6.4 MW (in media).

Selezione: Tutte le WTG nuove

Produzione media calcolata, per mese e per ora [MWh]. Il risultato include le perdite dovute a scie e decurtazioni.

I valori sono stati scalati ad un anno completo, v. fattori di correzione nella pagina Risultato Principale.

Mese / Ora [MWh]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Totale
0	1'388	1'345	1'229	982	798	632	615	645	1'015	1'114	1'342	1'498	12'603
1	1'388	1'342	1'269	1'000	854	666	650	677	1'033	1'144	1'358	1'481	12'860
2	1'392	1'349	1'292	1'002	868	703	670	700	1'067	1'149	1'388	1'490	13'070
3	1'396	1'353	1'304	1'030	885	731	691	761	1'069	1'180	1'405	1'478	13'283
4	1'412	1'373	1'312	1'059	895	767	711	769	1'076	1'212	1'386	1'493	13'467
5	1'421	1'387	1'332	1'073	929	799	725	799	1'092	1'254	1'377	1'497	13'685
6	1'439	1'404	1'382	1'083	939	797	718	811	1'140	1'269	1'388	1'498	13'868
7	1'449	1'407	1'388	1'084	855	704	653	782	1'152	1'288	1'423	1'477	13'661
8	1'493	1'415	1'339	935	713	569	518	631	1'092	1'292	1'442	1'474	12'913
9	1'484	1'378	1'172	821	642	526	485	560	959	1'159	1'392	1'474	12'053
10	1'386	1'235	1'108	811	642	518	488	545	908	1'022	1'216	1'396	11'275
11	1'255	1'174	1'096	819	683	536	541	571	866	963	1'158	1'264	10'924
12	1'215	1'139	1'096	857	778	643	672	628	846	949	1'132	1'216	11'171
13	1'205	1'124	1'114	932	855	771	863	772	876	924	1'088	1'214	11'740
14	1'211	1'111	1'166	962	947	911	1'023	934	955	909	1'125	1'202	12'457
15	1'234	1'126	1'215	1'000	923	918	1'083	1'006	1'011	929	1'146	1'234	12'825
16	1'279	1'159	1'208	956	890	908	1'094	1'008	1'069	955	1'169	1'305	13'000
17	1'324	1'230	1'196	930	850	818	982	913	1'062	991	1'209	1'350	12'853
18	1'382	1'291	1'183	917	820	746	851	825	1'040	1'049	1'265	1'409	12'777
19	1'393	1'313	1'206	928	784	710	779	778	1'000	1'086	1'300	1'468	12'747
20	1'377	1'318	1'183	915	736	653	714	711	1'024	1'110	1'312	1'484	12'536
21	1'374	1'320	1'203	887	733	632	665	649	997	1'127	1'315	1'480	12'382
22	1'363	1'308	1'204	913	745	585	587	621	990	1'153	1'302	1'495	12'268
23	1'387	1'323	1'200	949	779	591	604	627	1'014	1'155	1'332	1'513	12'472
Totale	32'648	30'924	29'396	22'843	19'542	16'833	17'382	17'724	24'353	26'383	30'970	33'891	302'889

Mese / Ora [MW]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Totale
0	44.8	48.0	39.7	32.7	25.7	21.1	19.8	20.8	33.8	35.9	44.7	48.3	34.5
1	44.8	47.9	40.9	33.3	27.5	22.2	21.0	21.8	34.4	36.9	45.3	47.8	35.2
2	44.9	48.2	41.7	33.4	28.0	23.4	21.6	22.6	35.6	37.1	46.3	48.1	35.8
3	45.0	48.3	42.1	34.3	28.6	24.4	22.3	24.6	35.6	38.1	46.8	47.7	36.4
4	45.6	49.0	42.3	35.3	28.9	25.6	22.9	24.8	35.9	39.1	46.2	48.2	36.9
5	45.8	49.6	43.0	35.8	30.0	26.6	23.4	25.8	36.4	40.4	45.9	48.3	37.5
6	46.4	50.1	44.6	36.1	30.3	26.6	23.1	26.2	38.0	40.9	46.3	48.3	38.0
7	46.7	50.3	44.8	36.1	27.6	23.5	21.1	25.2	38.4	41.5	47.4	47.7	37.4
8	48.2	50.5	43.2	31.2	23.0	19.0	16.7	20.4	36.4	41.7	48.1	47.5	35.4
9	47.9	49.2	37.8	27.4	20.7	17.5	15.7	18.1	32.0	37.4	46.4	47.6	33.0
10	44.7	44.1	35.7	27.0	20.7	17.3	15.7	17.6	30.3	33.0	40.5	45.0	30.9
11	40.5	41.9	35.3	27.3	22.0	17.9	17.4	18.4	28.9	31.1	38.6	40.8	29.9
12	39.2	40.7	35.4	28.6	25.1	21.4	21.7	20.2	28.2	30.6	37.7	39.2	30.6
13	38.9	40.2	35.9	31.1	27.6	25.7	27.8	24.9	29.2	29.8	36.3	39.2	32.2
14	39.1	39.7	37.6	32.1	30.5	30.4	33.0	30.1	31.8	29.3	37.5	38.8	34.1
15	39.8	40.2	39.2	33.3	29.8	30.6	34.9	32.5	33.7	30.0	38.2	39.8	35.1
16	41.2	41.4	39.0	31.9	28.7	30.3	35.3	32.5	35.6	30.8	39.0	42.1	35.6
17	42.7	43.9	38.6	31.0	27.4	27.3	31.7	29.5	35.4	32.0	40.3	43.5	35.2
18	44.6	46.1	38.2	30.6	26.4	24.9	27.4	26.6	34.7	33.8	42.2	45.5	35.0
19	44.9	46.9	38.9	30.9	25.3	23.7	25.1	25.1	33.3	35.0	43.3	47.4	34.9
20	44.4	47.1	38.1	30.5	23.8	21.8	23.0	22.9	34.1	35.8	43.7	47.9	34.3
21	44.3	47.1	38.8	29.6	23.7	21.1	21.4	20.9	33.2	36.3	43.8	47.7	33.9
22	44.0	46.7	38.9	30.4	24.0	19.5	18.9	20.0	33.0	37.2	43.4	48.2	33.6
23	44.7	47.2	38.7	31.6	25.1	19.7	19.5	20.2	33.8	37.3	44.4	48.8	34.2
Totale	43.9	46.0	39.5	31.7	26.3	23.4	23.4	23.8	33.8	35.5	43.0	45.6	34.6

## PARK - Produzione annuale in funzione del tempo

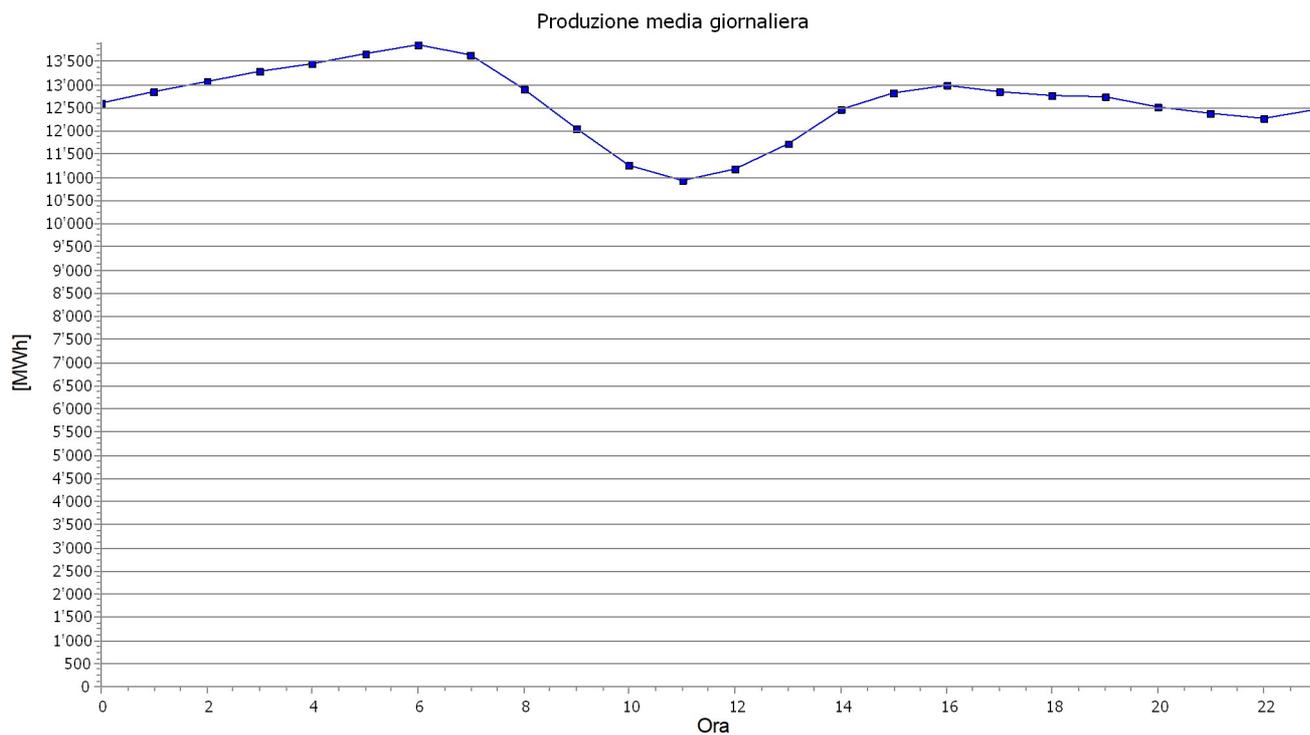
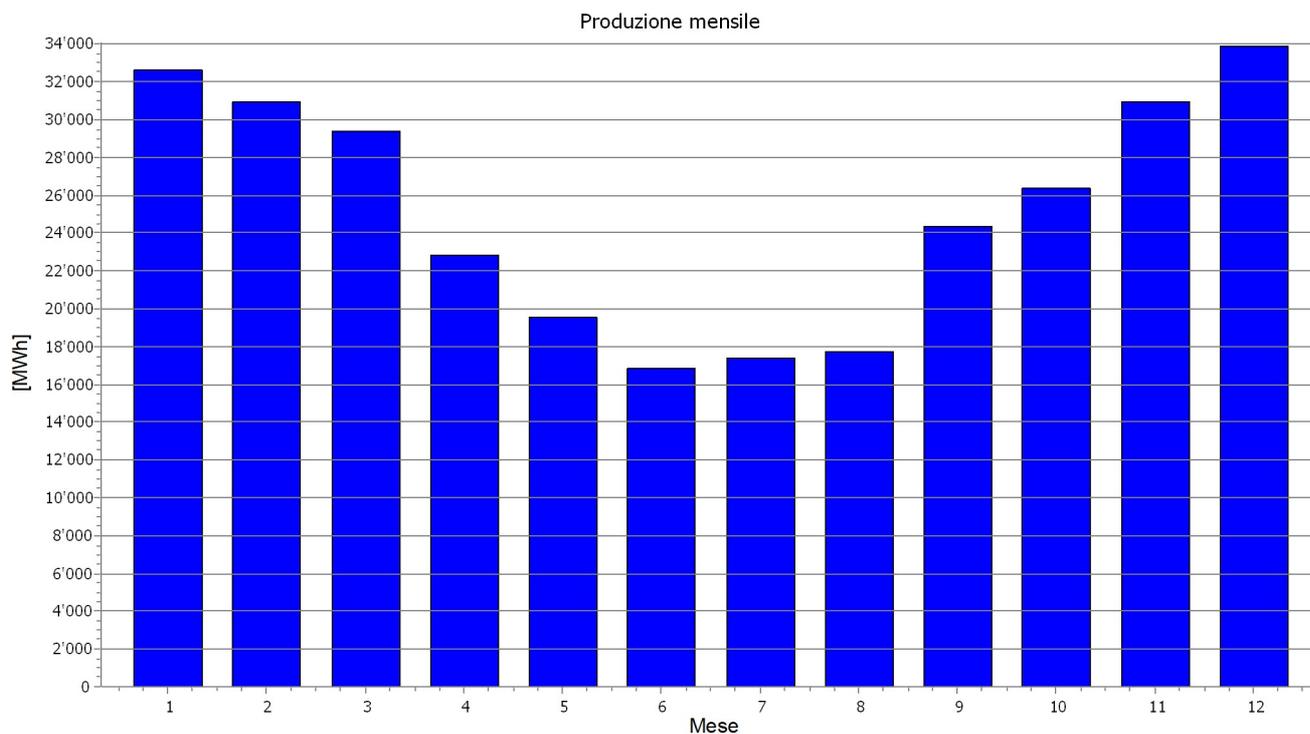
Calcolo: New Layout 2022-03 14x SG6.X-170 6.5&6.6MW 165m hub

Parco eolico: 90.0 MW, 14 turbine da 6.4 MW (in media).

Selezione: Tutte le WTG nuove

Produzione media calcolata, per mese e per ora [MWh]. Il risultato include le perdite dovute a scie e decurtazioni.

I valori sono stati scalati ad un anno completo, v. fattori di correzione nella pagina Risultato Principale.



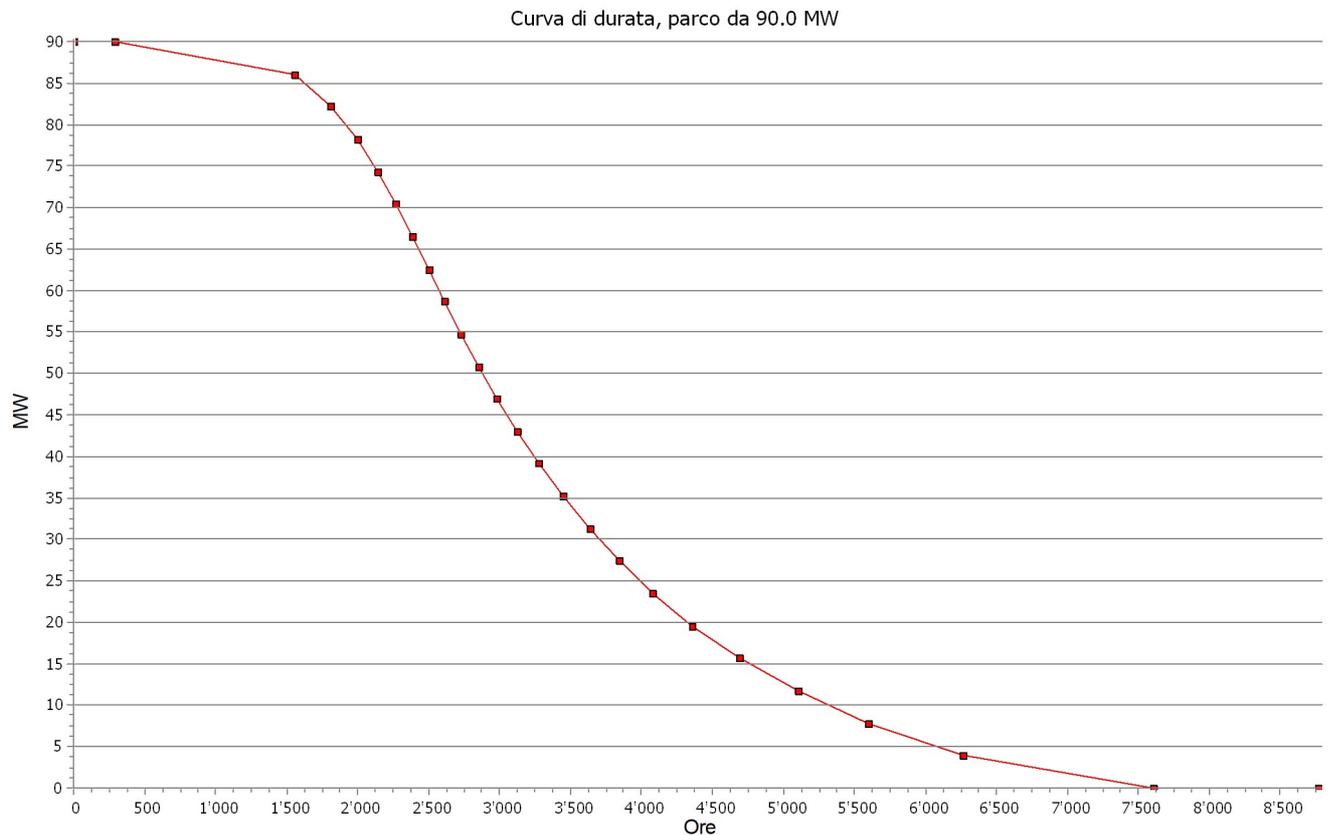
## PARK - Produzione annuale in funzione del tempo

Calcolo: New Layout 2022-03 14x SG6.X-170 6.5&6.6MW 165m hub

Parco eolico: 90.0 MW, 14 turbine da 6.4 MW (in media).

Selezione: Tutte le WTG nuove

Ore	Ore [%]	Ore cumulate	Potenza [MW]	Potenza (MW/WTG)
285	3.2	285	90.0	6.4
1272	14.5	1556	86.1 - 90.0	6.1 - 6.4
256	2.9	1812	82.2 - 86.1	5.9 - 6.1
183	2.1	1995	78.3 - 82.2	5.6 - 5.9
146	1.7	2141	74.3 - 78.3	5.3 - 5.6
127	1.5	2268	70.4 - 74.3	5.0 - 5.3
118	1.3	2386	66.5 - 70.4	4.8 - 5.0
114	1.3	2500	62.6 - 66.5	4.5 - 4.8
112	1.3	2612	58.7 - 62.6	4.2 - 4.5
115	1.3	2726	54.8 - 58.7	3.9 - 4.2
123	1.4	2849	50.9 - 54.8	3.6 - 3.9
134	1.5	2983	47.0 - 50.9	3.4 - 3.6
142	1.6	3125	43.0 - 47.0	3.1 - 3.4
153	1.7	3278	39.1 - 43.0	2.8 - 3.1
166	1.9	3444	35.2 - 39.1	2.5 - 2.8
188	2.1	3633	31.3 - 35.2	2.2 - 2.5
212	2.4	3845	27.4 - 31.3	2.0 - 2.2
234	2.7	4079	23.5 - 27.4	1.7 - 2.0
276	3.1	4354	19.6 - 23.5	1.4 - 1.7
335	3.8	4690	15.7 - 19.6	1.1 - 1.4
414	4.7	5104	11.7 - 15.7	0.8 - 1.1
493	5.6	5597	7.8 - 11.7	0.6 - 0.8
671	7.7	6267	3.9 - 7.8	0.3 - 0.6
1342	15.3	7609	0.0 - 3.9	0.0 - 0.3
1157	13.2	8766	0.0	0.0



Progetto:  
Tuscania

Utente autorizzato:  
wpd AG  
Stephanitorsbollwerk 3 (Haus LUV)  
DE-28211 Bremen  
+49 7142 77810  
Niklas Wittkamp / n.wittkamp@wpd.de  
Redatto il:  
2022-03-22 12:07/3.5.576

## PARK - Informazioni sullo scaling

Calcolo: New Layout 2022-03 14x SG6.X-170 6.5&6.6MW 165m hub

### Impostazioni Scaler

Nome	EMD Default Measurement Mast Scaler
Scaling terreno	Measured Data Scaling (Neutral stability / Raw flow)
Correzione RIX	No RIX correction
Altezza di dislocamento	from calculator
Settoriale:	Default 20m forest based on roughness data
Terreno alla microscala	TDO scaler

Dati di Sito: TDO scaler

Ostacoli:

Tutti gli ostacoli usati

Rugosità:

Il calcolo usa i seguenti files .map:

L:\PE\Wind\02\_projects\Italy\Tuscania\09\_WindPRO\ROUGHNESSLINE\_Tuscania\_0\_nachdigitalisiert.wpo  
Min X: 702'415, Max X: 761'076, Min Y: 4'667'547, Max Y: 4'731'565, Ampiezza: 58'662 m, Altezza: 64'018 m

Orografia:

Il calcolo usa i seguenti files .map:

L:\PE\Wind\02\_projects\Italy\Tuscania\09\_WindPRO\Contours\Tuscania\_Contours\_SRTM-1arc\_55x55km\_5m.wpo  
Min X: 704'379, Max X: 758'645, Min Y: 4'670'729, Max Y: 4'729'349, Ampiezza: 54'266 m, Altezza: 58'620 m

Fattore moltiplicativo	1.0000
Fattore additivo	0.0000
Per settore	No
Per mese	No
Per ora	No
Per velocità del vento	No

## PARK - Altezza di dislocamento

Calcolo: New Layout 2022-03 14x SG6.X-170 6.5&6.6MW 165m hub

Settoriale: : Default 20m forest based on roughness data

L'altezza di dislocamento é impostata a 1.00 volte l'altezza della foresta.  
L'altezza di dislocamento delle WTG desce come 1/50.0 l'altezza della foresta, sopravento alla stessa.  
L'altezza di dislocamento delle WTG desce come 1/25.0 l'altezza della foresta, sottovento alla stessa.

Altezza di dislocamento settoriale dei masts

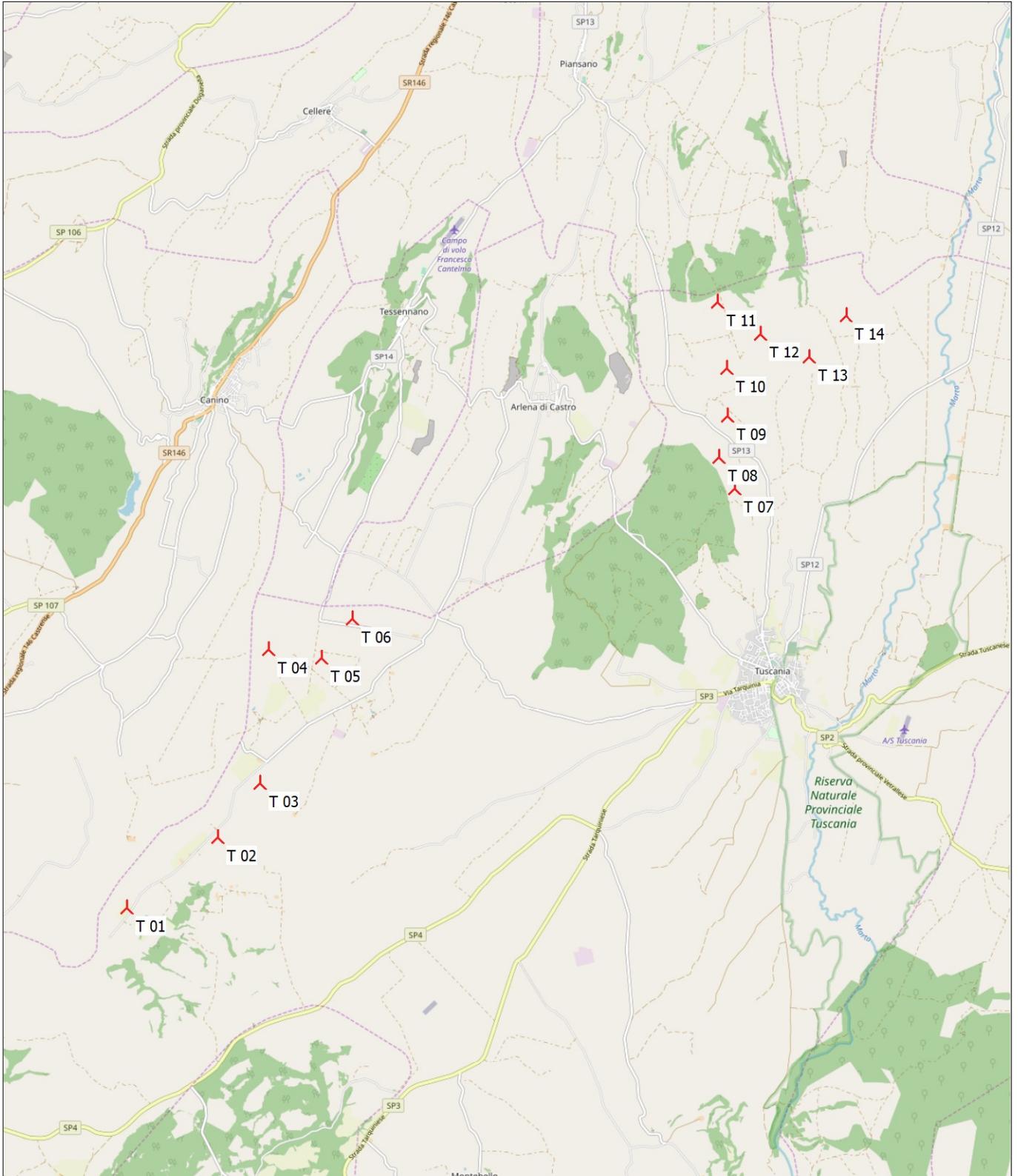
	DH (0)	DH (1)	DH (2)	DH (3)	DH (4)	DH (5)	DH (6)	DH (7)	DH (8)	DH (9)	DH (10)	DH (11)
	[m]	[m]										
Vortex era5 LTC 04/20 7.246m/s 165m	0.00	4.57	11.15	8.92	3.19	5.46	0.00	7.29	15.57	13.86	1.94	0.00

Altezza di dislocamento settoriale delle WTGs

Valida	Produttore	Tipo generatore	Potenza nominale [kW]	Diametro rotore [m]	Altezza mozzo [m]	DH (0) [m]	DH (1) [m]	DH (2) [m]	DH (3) [m]	DH (4) [m]	DH (5) [m]	DH (6) [m]	DH (7) [m]	DH (8) [m]	DH (9) [m]	DH (10) [m]	DH (11) [m]
T 01	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6.5MW-cut-6'500	6'500	170.0	165.0	14.30	5.02	7.15	15.61	15.94	14.82	12.70	1.14	11.19	17.81	17.97	17.41
T 02	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6.5MW-cut-6'500	6'500	170.0	165.0	11.09	5.34	0.77	6.70	15.30	14.82	14.23	11.77	1.36	10.69	14.05	12.12
T 03	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6.5MW-cut-6'500	6'500	170.0	165.0	2.17	0.00	0.00	0.05	5.72	5.80	0.85	0.00	0.96	3.74	8.85	8.42
T 04	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6.5MW-cut-6'500	6'500	170.0	165.0	15.79	14.01	13.73	13.92	17.45	17.97	17.90	17.01	14.25	13.72	15.09	15.95
T 05	Si	Siemens Gamesa SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	0.12	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.93	6.29	5.58	3.22
T 06	Si	Siemens Gamesa SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	0.00	0.00	0.00	6.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.82	6.62	3.56
T 07	Si	Siemens Gamesa SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	4.25	11.34	13.18	12.98	11.09	14.07	8.99	15.67	16.59	16.49	14.70	8.63
T 08	Si	Siemens Gamesa SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	7.28	12.07	11.75	9.42	3.52	0.82	13.15	16.04	15.87	14.46	5.84	0.00
T 09	Si	Siemens Gamesa SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	0.00	3.97	13.79	13.00	7.12	3.20	0.11	3.63	7.58	6.00	0.24	3.57
T 10	Si	Siemens Gamesa SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	0.00	4.57	11.14	8.92	3.19	5.46	0.00	7.29	15.57	13.85	1.94	0.00
T 11	Si	Siemens Gamesa SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	16.93	15.15	14.26	11.64	12.77	14.38	13.85	10.30	8.51	9.80	16.39	17.19
T 12	Si	Siemens Gamesa SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	13.14	14.57	14.46	14.64	15.80	16.13	15.91	9.80	8.93	9.29	11.60	12.28
T 13	Si	Siemens Gamesa SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	9.06	0.00	7.44	10.74	11.29	9.78	4.93	2.35	13.72	15.37	15.65	14.89
T 14	Si	Siemens Gamesa SG 6.2-170 6.4MW-6'400	6'400	170.0	165.0	9.02	12.16	12.28	5.07	0.00	0.00	4.03	4.31	5.64	7.24	3.53	0.06

## PARK - Mappa

Calcolo: New Layout 2022-03 14x SG6.X-170 6.5&6.6MW 165m hub



0 1 2 3 4 km

Mappa: EMD OpenStreetMap , Scala di stampa 1:100'000, Centro mappa UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Est: 731'006 Nord: 4'701'400  
🚧 Nuova WTG