

REGIONE PUGLIA



PROVINCIA DI FOGGIA



**COMUNE DI
RIGNANO GARGANICO**



Denominazione Impianto:

COPPA DEL VENTO

Ubicazione:

**Comune di Rignano Garganico (FG)
Località "Coppa del Vento - Mezzana Grande"**

Fogli Rignano G.co:
19/29/38/40/41/43/44/45

Particelle: varie

PROGETTO DEFINITIVO

di un Parco Eolico composto da n. 8 aerogeneratori di potenza nominale pari a 6,0 MW,
da ubicarsi in agro del comune di Rignano Garganico (FG) - località "Coppa del Vento-Mezzana Grande"
e delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili da ubicarsi in agro del comune di Lucera (FG)

PROPONENTE



RAVANO WIND

VIA XII OTTOBRE, 2/91
GENOVA (GE) - 16121
P.IVA 02815210998
ravanowind@pec.it

ELABORATO

Analisi di producibilità attesa

Tav n°

RE19

Scala

Aggiornamenti	Numero	Data	Motivo	Eseguito	Verificato	Approvato
	Rev 0	Settembre 2023	Istanza VIA art.23 D.Lgs 152/06 - Istanza Autorizzazione Unica art.12 D.Lgs 387/03			

PROGETTAZIONE GENERALE
STUDIO DI INGEGNERIA Ing. Michele R.G. CURTOTTI
Viale Il Giugno n. 385
71016 San Severo (FG)
Ordine degli Ingegneri di Foggia n. 1704
mail: ing.curtotti@alice.it
pec: ing.curtotti@pec.it
Cell:339/8220246



Spazio Riservato agli Enti

Indice

1. Introduzione	7
2. Scopo dello studio	8
3. Descrizione del progetto	9
4. Studio anemologico del sito	10
4.1 Metodologia di analisi	10
4.2 Validazione dei dati vento disponibili ed elaborazioni preliminari	10
4.2.1 Caratteristiche della stazione anemometrica virtuale in sito.....	11
4.2.2 Elaborazione e validazione dei dati vento.....	12
4.2.3 Risultati statistici delle elaborazioni sui dati rilevati	13
4.3 Correlazione dei dati di misura in sito con stazione dati storici.....	17
4.4 Considerazioni sulla validazione dei dati di vento.....	17
5. Analisi di producibilità del sito	18
5.1 Modello digitale del terreno.....	18
5.2 Layout di progetto dell'impianto eolico	19
5.3 Campo di vento risultante	20
5.4 Stima della produzione energetica del parco eolico	21
6. Producibilità dell'impianto	23
6.1 Dati di vento	23
6.2 Layout del sito:	23
6.3 Produzione energetica impianto eolico.....	23
7. Conclusioni	24
8. Descrizione tecnica della turbina eolica modello Vestas V162 da 6MW	25
9. Studio di producibilità e calcolo delle perdite attese.....	26

Indice delle figure

Figura 3.1: Visione aerea dell'area ed indicazione della posizione degli aerogeneratori.	9
Figura 4.1: Posizione delle due stazioni anemometriche virtuali rispetto al sito di progetto (EMD-WFR rappresenta la stazione virtuale MESO DATA.	11
Figura 4.2: Distribuzione in frequenza del vento a 70 m (sopra) e 50 m (sotto)	13
Figura 4.3: Rosa dei venti a 70 m di altezza, per frequenza (sinistra) ed energia (destra)	14
Figura 4.4: Distribuzione congiunta di frequenza e velocità del vento a 70 m di altezza.	15
Figura 4.5: Profilo verticale della velocità del vento	16
Figura 5.1: Modello digitalizzato del terreno e area del progetto eolico.....	18
Figura 5.2: Mappa isovento a 100 m di altezza dal suolo, posizione della stazione anemometrica (arancio) e dell'aerogeneratore in progetto (rosso).....	21

Indice delle tabelle

Tabella 4.1: Descrizione stazione anemometrica virtuale in sito, nel Comune di Rignano Garganico	11
Tabella 4.2: Sintesi validità dati stazione meteo (MESO DATA)	12
Tabella 4.3: Distanze reciproche delle stazioni anemometriche virtuali e del Parco eolico.	17
Tabella 5.1: Curva di potenza numerica (sinistra) e grafica (a destra) dell'aerogeneratore Vestas V162 6MW.	19
Tabella 5.2: Producibilità del parco eolico costituito dall'aerogeneratore VESTAS V162-6MW, a 119 m.....	22

1. Introduzione

RAVANO WIND S.r.l., con sede a Genova in Via XII Ottobre 2/91, è la società dedicata allo sviluppo, progettazione e realizzazione di un progetto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica, mediante l'installazione di dodici aerogeneratori con potenza nominale di 6 MW, localizzato nel Comune di Rignano Garganico, in provincia di Foggia, Regione Puglia, denominato **Progetto Eolico "Coppa del vento"**.

Il presente documento rappresenta il rapporto sull'attività di analisi e di elaborazione dei dati anemologici del **Progetto Eolico "Coppa del vento"** per conto della società RAVANO WIND ed è stato eseguito dall'ufficio tecnico interno, i cui componenti sono specializzati e hanno molti anni di esperienza nel settore degli studi anemologici e di producibilità.

Il lavoro è principalmente basato sulle seguenti informazioni:

- dati di vento in sito;
- report di installazione del fornitore della stazione anemometrica installata in sito;
- caratteristiche tecniche e certificati di calibrazione degli anemometri utilizzati;
- dati di vento della stazione anemometrica di riferimento della zona;
- atlanti eolici disponibili in letteratura;
- dati anemologici da modellistica numerica meteorologica a circolazione globale e a mesoscala;
- mappe digitali del terreno, ad alta risoluzione;
- cartografia dell'aera con posizionamento dell'aerogeneratore secondo il progetto previsto;
- caratteristiche e tipologia dell'aerogeneratore di progetto.

2. Scopo dello studio

Lo scopo dello studio qui presentato riguarda la conoscenza del regime anemologico dell'area interessata dall'installazione di progetto. Per questo motivo, è stata studiata la climatologia del vento nei dintorni del Comune di Rignano Garganico, in provincia di Foggia, a partire da tutte le informazioni disponibili al momento della stesura di velocità e direzione del vento. A valle di ciò, e conoscendo i dati tecnici dell'aerogeneratore scelto per il presente progetto, è stato poi possibile effettuare il calcolo della producibilità attesa del parco eolico in configurazione di esercizio.

In particolare, quindi, gli obiettivi del lavoro eseguito sono:

- lo studio anemologico dell'area in progetto;
- la stima di producibilità del progetto eolico.

Il lavoro svolto si è basato sull'analisi dei dati che sono stati elaborati e processati con diversi *software*, e sull'analisi del *layout* di progetto e della tipologia dell'aerogeneratore previsto. In particolare, sono state effettuate:

- verifica dei dati anemologici disponibili e filtraggio degli stessi;
- analisi statistica dei dati di vento in sito;
- elaborazione della mappa digitale del territorio per implementazione nel *software* di analisi;
- mappa di rugosità dell'area, sulla base di ortofoto, per implementazione nei *software* di analisi;
- studio di ventosità dell'area e analisi della risorsa eolica;
- calcolo di produzione del progetto eolico con il *layout* di progetto;
- valutazione tecnica finale del progetto dal punto di vista della risorsa eolica e della producibilità attesa.

3. Descrizione del progetto

Lo studio oggetto della presente relazione si riferisce al progetto di impianto eolico, denominato Progetto eolico Coppa del vento, previsto in un'area ubicata a circa 5 km a sud-ovest del Comune di Rignano Garganico, nella Provincia di Foggia, ad una quota media di circa 27 m s.l.m., in località "Coppa del vento".

L'area del progetto è visibile nella seguente mappa (Figura 3.1), che riporta una visuale aerea della zona, con indicazione della posizione dei dodici aerogeneratori previsti.

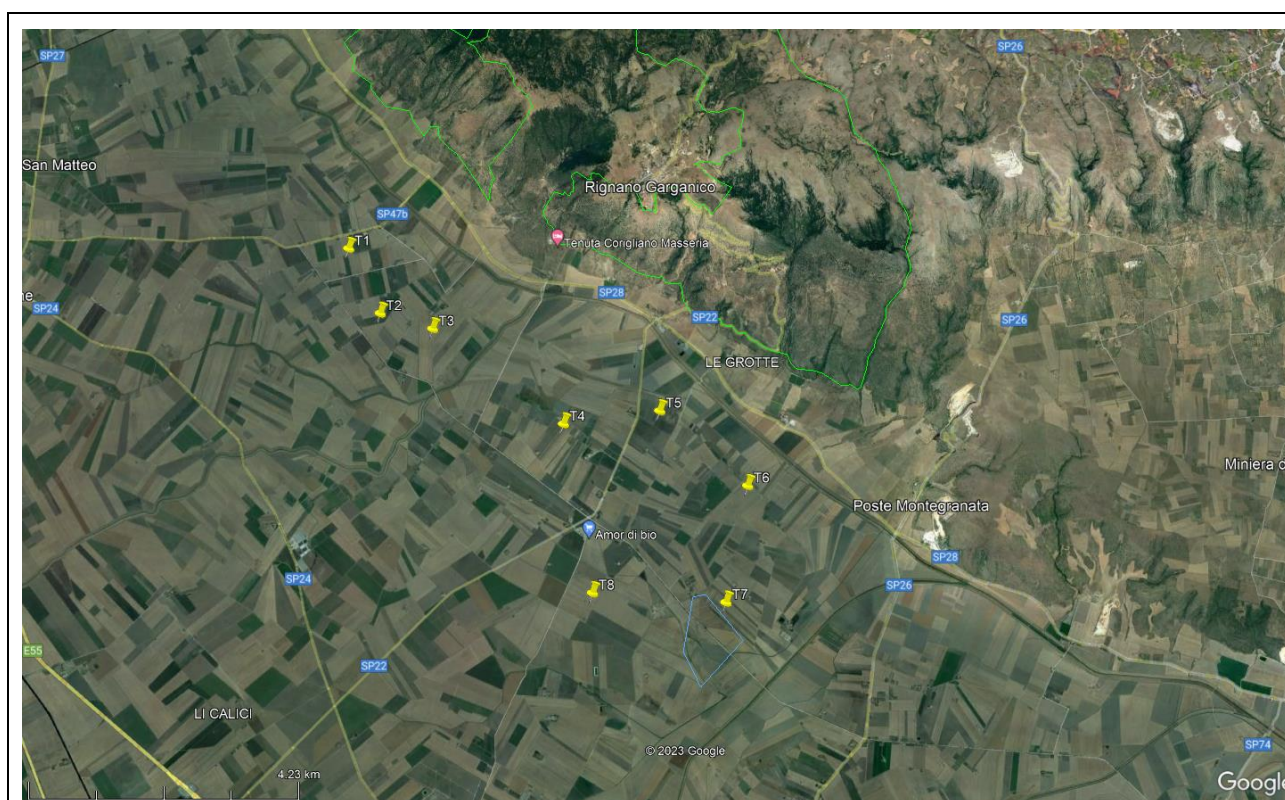


Figura 3.1: Visione aerea dell'area ed indicazione della posizione degli aerogeneratori.

L'area prevista per il parco eolico è prevalentemente pianeggiante o collinare, è ben esposta al vento ed è priva di vegetazione di alto fusto.

Il progetto dell'impianto eolico prevede le seguenti caratteristiche tecniche principali:

- | | |
|-----------------------------------|-------------|
| ○ Nr. Aerogeneratori | 8 |
| ○ Potenza nominale aerogeneratore | 6 MW |
| ○ Potenza nominale progetto | 60 MW |
| ○ Tipologia aerogeneratore | |
| ● Modello | Vestas V162 |
| ● Diametro del rotore | 162 m |
| ● Altezza Hub | 119 m |
| ● Potenza nominale | 6 MW |

Studio anemologico e di producibilità per il Progetto Eolico "Rignano Garganico".

4. Studio anemologico del sito

Nel seguito del presente documento saranno descritti in dettaglio la metodologia, i dati di *input* e i risultati dello studio in oggetto.

4.1 Metodologia di analisi

La verifica e lo studio anemologico sui dati del progetto è stato condotto per mezzo delle tecniche di analisi e di calcolo più innovative attualmente presenti nel mercato nel settore dell'energia eolica. In particolare, sono stati utilizzati i seguenti *software* commerciali:

- WindPRO, EMD International versione 3.6, e WAsP, DTU versione 12.08, per:
 - simulazione della risorsa eolica nell'area del progetto;
 - analisi ed elaborazione delle condizioni di vento;
 - correlazione dei dati con stazioni di misura di riferimento;
 - stima di producibilità degli aerogeneratori secondo il *layout* di progetto;
- elaborazione finale dei risultati.

La procedura di analisi è stata condotta secondo le seguenti fasi successive:

- analisi dei dati di vento, filtraggio dei dati, preparazione dei dati di *input* per i *software* di calcolo della ventosità;
- preparazione del modello digitale del terreno da dare in ingresso nel formato e nelle dimensioni opportune ai *software* di calcolo della ventosità;
- preparazione della mappa di rugosità e implementazione nel modello digitale del terreno;
- calcolo del campo di vento tridimensionale dell'area in esame con WindPRO e WAsP;
- implementazione del *layout* di progetto, posizionamento dell'aerogeneratore e definizione delle caratteristiche tecniche ottimali;
- correlazione dei dati acquisiti in sito con dati storici di stazioni di riferimento della zona;
- elaborazione della producibilità dell'impianto eolico con WindPRO e WAsP;
- calcolo della produzione attesa dal progetto.

4.2 Validazione dei dati vento disponibili ed elaborazioni preliminari

I dati del vento disponibili per lo studio provengono da:

- Una stazione anemometrica virtuale è stata generata (MESO DATI) dal software di analisi WindPRO, i dati disponibili vanno dal 14 febbraio 2008 al 01 gennaio 2012. Questa stazione è collocata all'interno del parco eolico;
- una stazione anemometrica virtuale di riferimento della rete ERA5 (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*), di 100 m di altezza, sita presso il Comune di San Severo (FG), distante circa 25 km dalla 04984 e circa 20 km dal parco eolico, i cui dati sono disponibili dal 01 gennaio 1993 al 01 febbraio 2023 per un totale di circa 30 anni e 1 mese di rilevazioni.

Essendo l'orografia dell'area in esame non particolarmente complessa e vista la poca distanza, è corretto assumere la stazione anemometrica virtuale (MESO DATA), generata nel comune di Rignano Garganico, come caratterizzante il sito.

Nei seguenti paragrafi sono descritte le stazioni anemometriche utilizzate, i dati anemometrici da esse provenienti e la correlazione che è stata eseguita ai fini del calcolo della risorsa eolica disponibile e della

Studio anemologico e di producibilità per il Progetto Eolico "Rignano Garganico".

produzione energetica. La seguente Figura 4.1 mostra la posizione delle due stazioni anemometriche virtuali di cui sopra nel contesto territoriale del Comuni di Rignano Garganico: in verde, mentre la puntina rossa indica la posizione prevista del parco eolico in progetto.

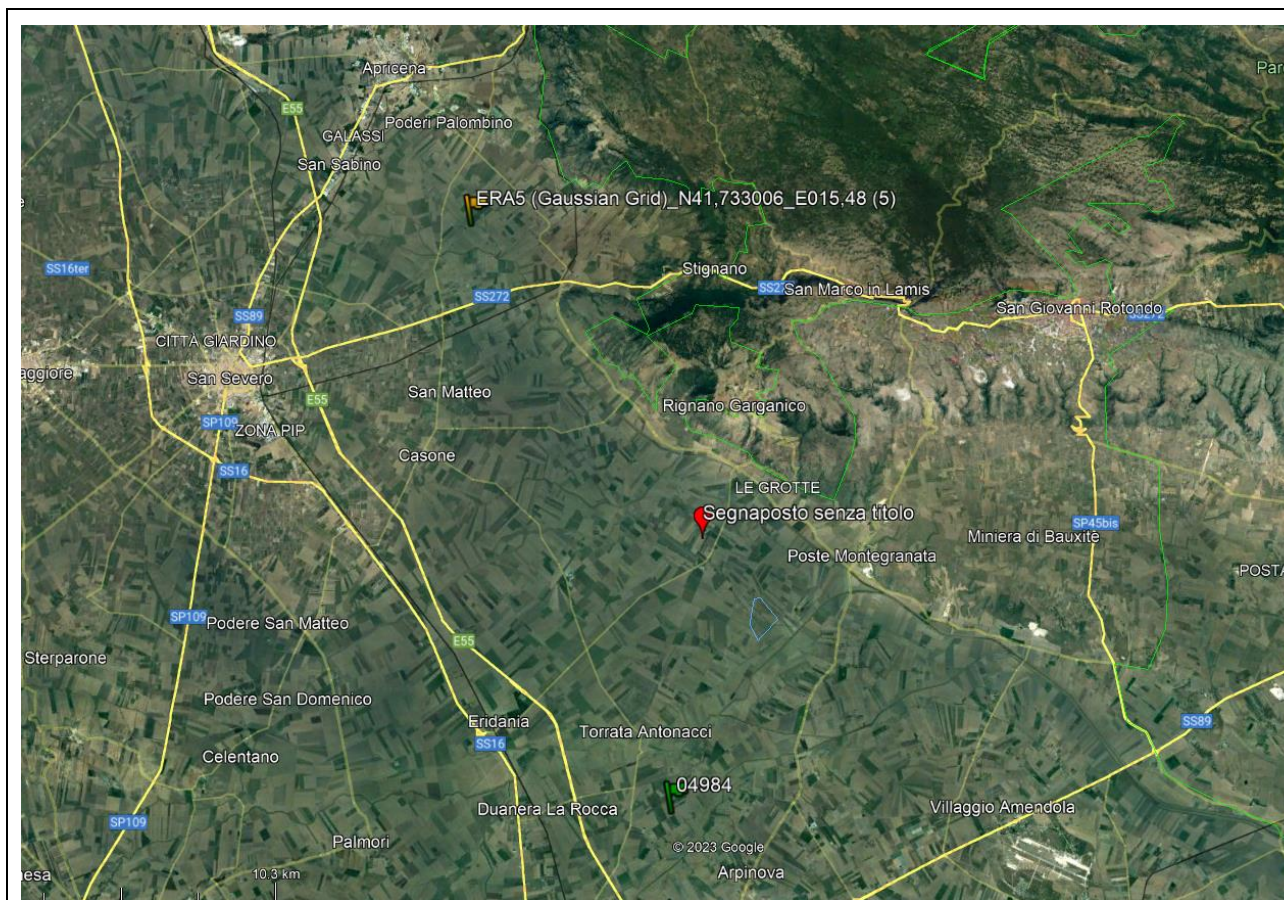


Figura 4.1: Posizione delle due stazioni anemometriche virtuali rispetto al sito di progetto (EMD-WFR rappresenta la stazione virtuale MESO DATA).

4.2.1 Caratteristiche della stazione anemometrica virtuale in sito

Nella seguente Tabella 4.1 sono riportate le principali caratteristiche della stazione anemometrica utilizzata.

Descrizione	
Codice stazione	MESO DATA
Posizione torre anemometrica	
longitudine UTM33 WGS84	547064 Est
latitudine UTM33 WGS84	4600370 Nord
Quota	41,3 m s.l.m.
Periodo di misura	14/08/2008 – 01/01/2012
Tabella 4.1: Descrizione stazione anemometrica virtuale in sito, nel Comune di Foggia	

4.2.2 Elaborazione e validazione dei dati vento

I dati di vento disponibili per effettuare l'analisi fanno riferimento al periodo dal 01 gennaio 2021 al 01 gennaio 2022.

I dati sono stati acquisiti mediante banca dati EMD e sono stati resi disponibili in *file* di formato originale. Dall'esame dei dati elaborati come serie temporale, è stata verificata la validità delle misure per ognuno dei parametri misurati. I sensori di velocità a 50 e a 70 m ed i sensori di direzione a 50 e 70 m di altezza mostrano un'ottima validità dei dati nel periodo considerato. Nella Tabella 4.2 seguente è riportata una sintesi dei dati rilevati.

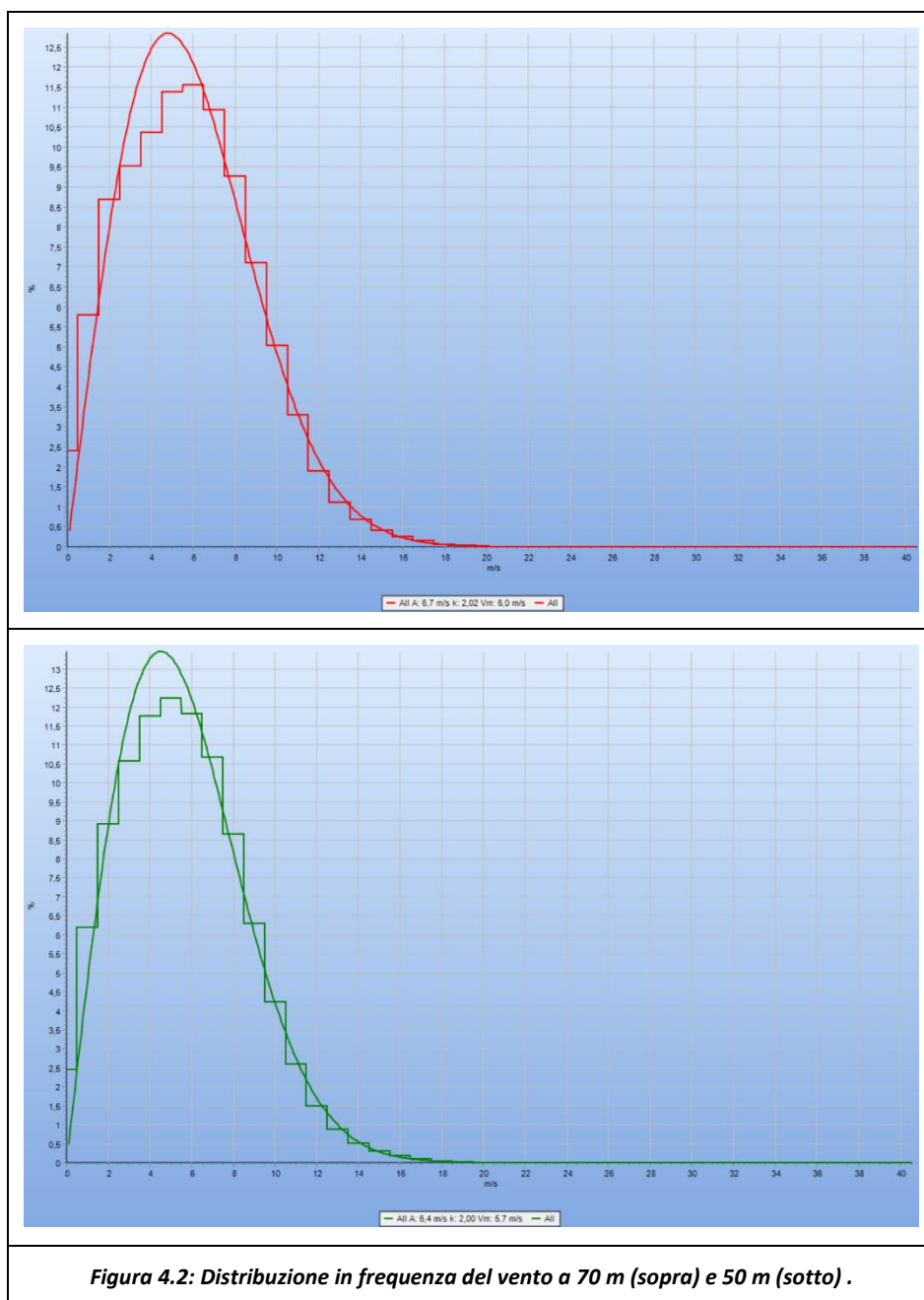
La elevata validità dei dati misurati per i sensori di velocità, fa sì che la banca dati disponibile sia più che sufficiente per uno studio di *micrositing* del sito ed una stima di producibilità del progetto eolico, se correlabili con stazioni di riferimento della zona.

Signal	Unit	Count	Of period [%]	Mean	Weibull mean	Weibull A	Weibull k
70,00m - C1 Mean wind speed, all	m/s	204069	100,0	5,70			
70,00m - C1 Mean wind speed, enabled	m/s	199709	97,9	5,82	5,96	6,73	2,02
70,00m - C1 Wind direction, all	Degrees	204069	100,0	314,57			
70,00m - C1 Wind direction, enabled	Degrees	191838	94,0	304,69			
70,00m - C1 Turbulence intensity, all		199748	97,9	0,14			
70,00m - C1 Turbulence intensity, enabled		136411	66,8	0,09			
50,00m - C2 Mean wind speed, all	m/s	204069	100,0	5,41			
50,00m - C2 Mean wind speed, enabled	m/s	199709	97,9	5,53	5,65	6,38	2,00
50,00m - C2 Wind direction, all	Degrees	204069	100,0	313,15			
50,00m - C2 Wind direction, enabled	Degrees	191838	94,0	303,09			
50,00m - C2 Turbulence intensity, all		199748	97,9	0,15			
50,00m - C2 Turbulence intensity, enabled		131486	64,4	0,10			

Tabella 4.2: Sintesi validità dati stazione meteo (MESO DATA)

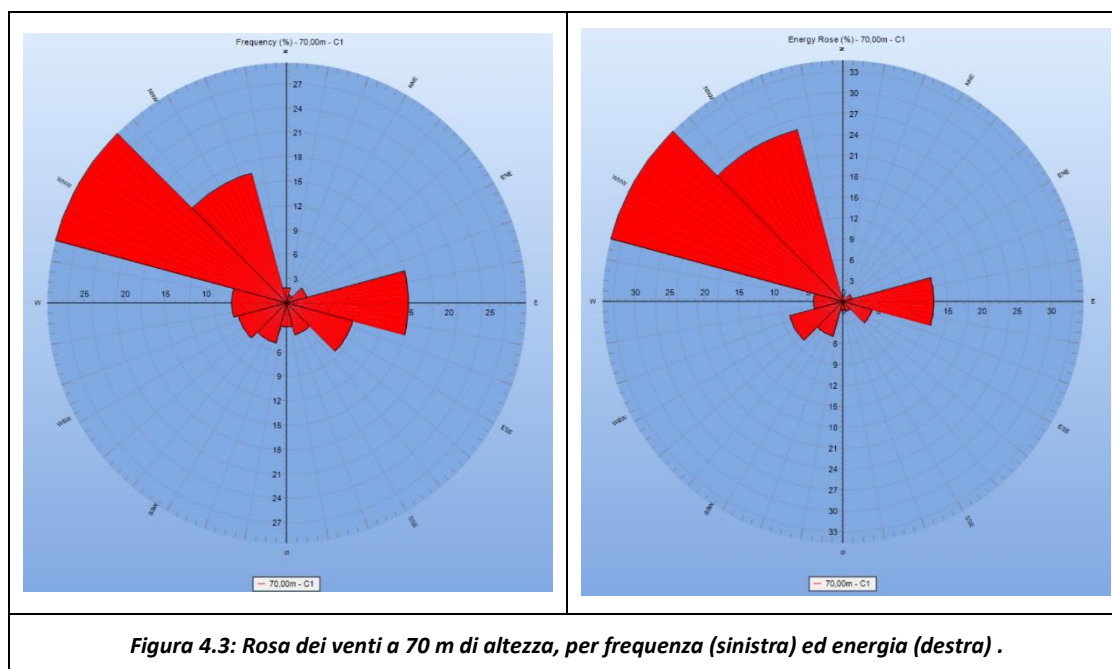
4.2.3 Risultati statistici delle elaborazioni sui dati rilevati

Nelle immagini seguenti (Figura 4.2) sono rappresentate le distribuzioni in frequenza delle misure di velocità del vento rilevate sul sito nel periodo di misura, a 50 e 70 m di altezza rispetto al terreno (sopra e sotto rispettivamente nella figura), altezze per le quali è disponibile anche il sensore di direzione.



Entrambe le distribuzioni sono abbastanza regolari, con un massimo di frequenza intorno ai 5,96 m/s a 70 m e circa 5,65 m/s a 50 m di altezza. Si notano anche discrete concentrazioni di risultati nella fascia fino a 5-5,5 m/s, indice della discreta frequenza di vento a media velocità, la qual cosa indirizzerebbe verso la scelta di aerogeneratori con un diametro di rotore di medie o grandi dimensioni. Bassa è la presenza di calme di vento, per questo motivo potrà essere utile considerare curve di potenza con velocità di *cut-in* medio/bassa.

Nella seguente Figura 4.3 sono invece rappresentate le due rose dei venti derivate dall'elaborazione dei dati a 119 m di quota, sia in termini di frequenza e velocità del vento (sinistra), sia in termini di energia associata (destra).



Dall'esame di questa figura appare evidente come in termini di frequenza del vento i settori prevalenti siano quelli da NO e SO, anche se questa analisi deve essere verificata con i dati di lungo periodo.

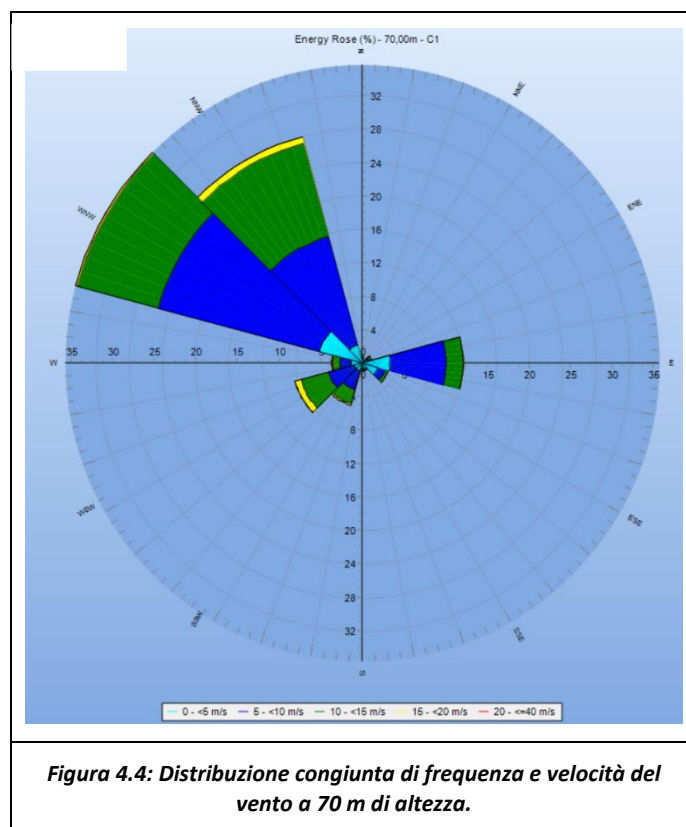
Quando si analizza la frequenza in termini di energia del vento, si nota una coerenza nelle direzioni prevalenti interessate. È interessante notare come la direzione da SO, che ha una frequenza più bassa di accadimento, porti invece ad una maggiore producibilità potenziale.

Questo comportamento è indice di:

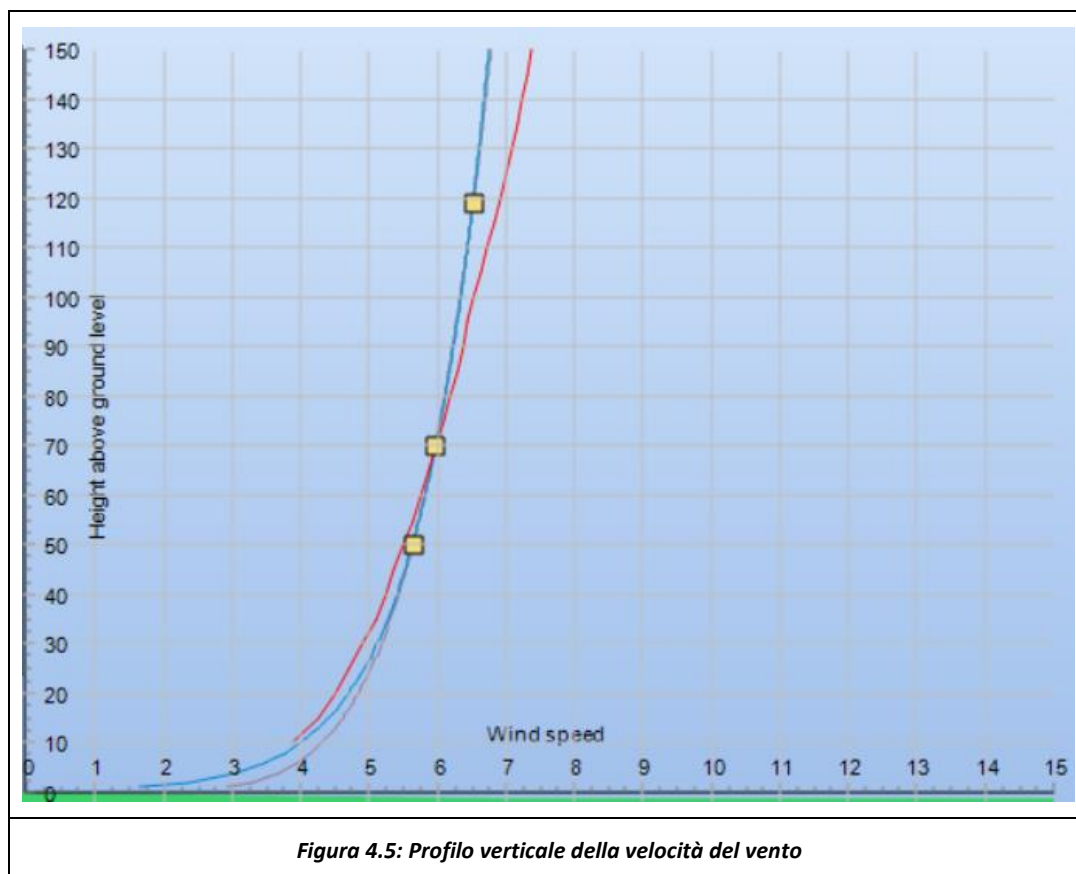
- Venti da ONO di buona frequenza e buona intensità media (e quindi buona energia);
- Venti da OEO di discreta frequenza, ma discreta intensità media (e quindi discreta energia).

Va rammentato che questo comportamento è relativo a tutto il periodo compreso tra il 14 febbraio 2008 e il 1 gennaio 2012 che potrebbe non rappresentare l'intero spettro di variazioni climatiche a lungo termine. Per ottenere una valutazione accurata del clima nel corso dell'anno, è necessario considerare un'analisi dettagliata dei dati climatici che coprano un periodo più ampio.

La seguente Figura 4.4 mostra invece la distribuzione congiunta di frequenza e velocità del vento a 100 m di altezza per la stessa postazione. Da questa risulta evidente come si possa considerare la direzione Sud-Ovest dominante rispetto alle altre.



È stato infine analizzato il *wind shear*, il parametro che rappresenta il gradiente del profilo verticale della velocità del vento nella posizione della stazione anemometrica virtuale. Tale grandezza è calcolata sulla base delle misure rilevate a 50 e 70 m di altezza. Nella seguente Figura 4.5 viene mostrata la rappresentazione grafica del *wind shear*.



Le due curve di estrapolazione verticale dei dati seguono due leggi diverse, entrambe riconosciute e ampiamente reperibili in letteratura, che utilizzano una:

- legge logaritmica, determinando la rugosità locale Z_0 ;
- legge di potenza, determinando l'esponente α .

Il profilo così costruito restituisce, nei due casi, i seguenti valori:

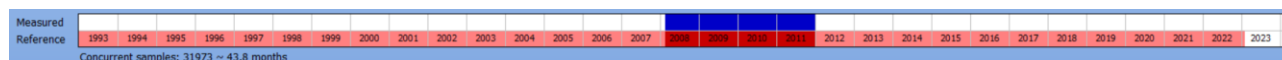
- coefficiente di rugosità locale $Z_0 = 0,0548$ m
- esponente della legge di potenza $\alpha = 0,234$

Le due leggi forniscono alla quota di 119 m, all'altezza prevista del mozzo dell'aerogeneratore e nella posizione dell'anemometro virtuale, una velocità media del vento di circa 6,52 m/s.

4.3 Correlazione dei dati di misura in sito con stazione dati storici

I dati rilevati in sito dall’anemometro virtuale generato da WindPRO con l’ausilio di MESO DATI, ossia la creazione virtuale della velocità del vento in un punto specifico può essere effettuata utilizzando modelli numerici del vento. Questi modelli prendono in considerazione una serie di fattori, come dati meteorologici storici, topografia, copertura del terreno e altri parametri rilevanti, per stimare la velocità del vento in un determinato punto.

I dati di questa stazione sono stati corretti con i dati della stazione ERA5, nel periodo 01 gennaio 1993 al 01 febbraio 2023. La correlazione è stata fatta secondo il seguente schema temporale.



Nella seguente Tabella 4.3 sono riportate le distanze reciproche delle due stazioni anemometriche virtuali e il sito di installazione degli aerogeneratori del Parco eolico.

Da	A	Distanza (km)
MESO DATI	ERA5	~21,6
MESO DATI	Parco eolico	~8
Tabella 4.3: Distanze reciproche delle stazioni anemometriche virtuali e del Parco eolico.		

Nella posizione della stazione di MESO DATI è stata ricreata una serie numerica di dati di vento al fine di ottenere una stazione di riferimento per il periodo temporale di 30 anni. La procedura di correlazione seguita è stata la seguente:

1. correlazione tra la stazione ERA5 e quella di MESO DATI sulla base del periodo di sovrapposizione di circa 1 anno, da gennaio 2021 a gennaio 2022, per estrapolare i dati.
2. determinazione delle statistiche di velocità e della rosa dei venti della stazione in sito.

La correlazione è stata effettuata utilizzando i dati a 100 m di altezza. Questa operazione consente di annullare gli effetti di stagionalità dei dati, che possono essere rilevanti, data la possibile variabilità di dati di vento tra i mesi estivi ed i mesi invernali.

4.4 Considerazioni sulla validazione dei dati di vento

Sulla base dei rilievi effettuati in sito, delle modalità con cui sono effettuate le misurazioni del vento, dei risultati di validità delle stesse, e tenendo conto del periodo di misura in sito estendibile al periodo di riferimento di 30 anni, si può certificare che le misurazioni qui analizzate ed oggetto del presente studio sono eseguite secondo norma e secondo dati temporali e di validità sufficienti per uno studio di risorsa eolica disponibile e di produzione energetica del progetto.

5. Analisi di producibilità del sito

5.1 Modello digitale del terreno

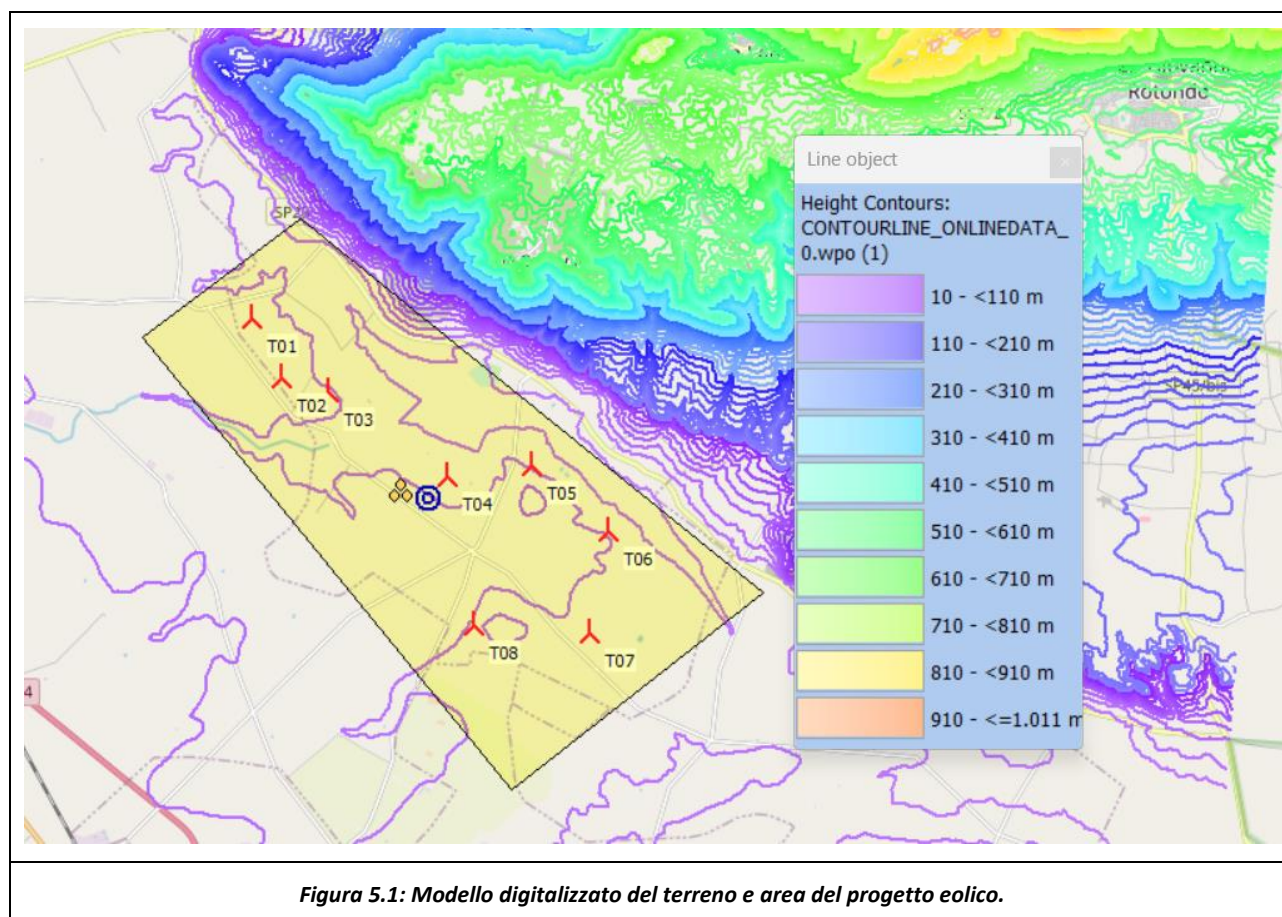
Il sito di Rignano Garganico ospiterà un parco eolico composto da dodici aerogeneratori. Si è scelto di comprendere una porzione di territorio nei dintorni del punto di collocazione delle turbine eoliche che meglio potesse rappresentare le condizioni al contorno per la climatologia del vento: per questo motivo si è scelto di studiare un'area di 9,6 km in direzione Ovest verso Est e 5,4 km da Sud a Nord.

Il modello digitale del terreno, DTM, è stato realizzato utilizzando le informazioni disponibili da dati satellitari (www.dataforwind.com), sia per quanto riguarda le curve di livello che per la rugosità.

In primo luogo, con il *software* WindPRO è stato implementato un DTM con le seguenti caratteristiche:

- Coordinate UTM33-WGS84 angolo sud-ovest: 530.922E; 4.595.711N;
- Coordinate UTM33-WGS84 angolo nord-est: 540.462E; 4.600.951N;
- Dimensioni: 5,4 x 9,6 km.

La seguente Figura 5.1 mostra il DEM e la posizione dell'aerogeneratore, triangolino rosso, e dell'anemometro di Rignano Garganico, cerchio blu.



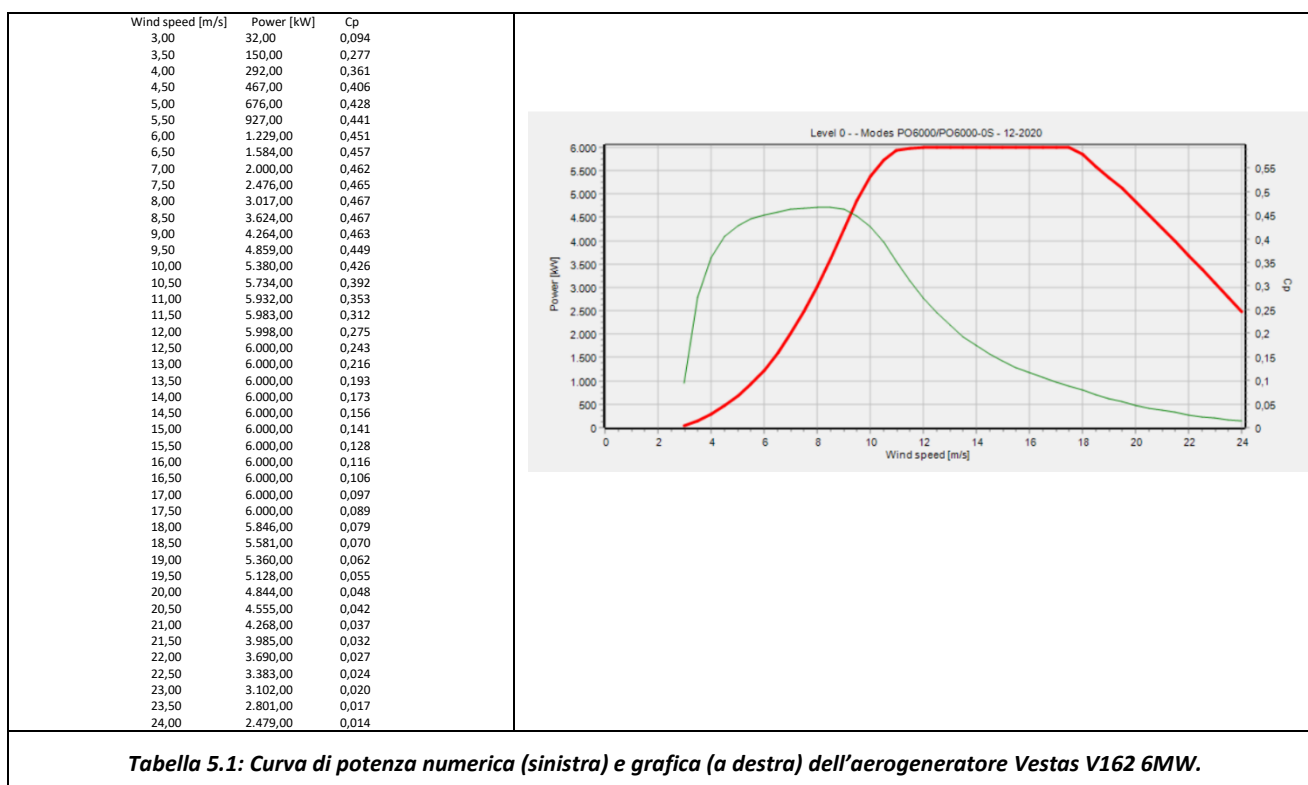
Allo stesso modo è stata ottenuta la mappa digitale della lunghezza di rugosità dell'area in esame.

5.2 Layout di progetto dell'impianto eolico

Il presente progetto prevede un *layout* costituito da dodici aerogeneratori, avente le seguenti caratteristiche dimensionali massime:

- potenza nominale: 6 MW
- altezza *hub*: 119 m
- diametro rotore: 162 m
- tipo di aerogeneratore: Vestas V162 6MW

Nella seguente Tabella 5.1 è riportata la curva di potenza dell'aerogeneratore di progetto.



La curva di potenza sopra riportata è calcolata in condizioni atmosferiche standard (densità dell'aria pari a 1,203 kg/m³). Nei calcoli di produzione energetica, tale curva di potenza è stata scalata con il valore di intensità media calcolato nell'area di progetto all'altezza dell'aerogeneratore.

La precedente Figura 5.1 mostra anche la posizione delle turbine eoliche in progetto (simbolo rosso), le cui coordinate sono:

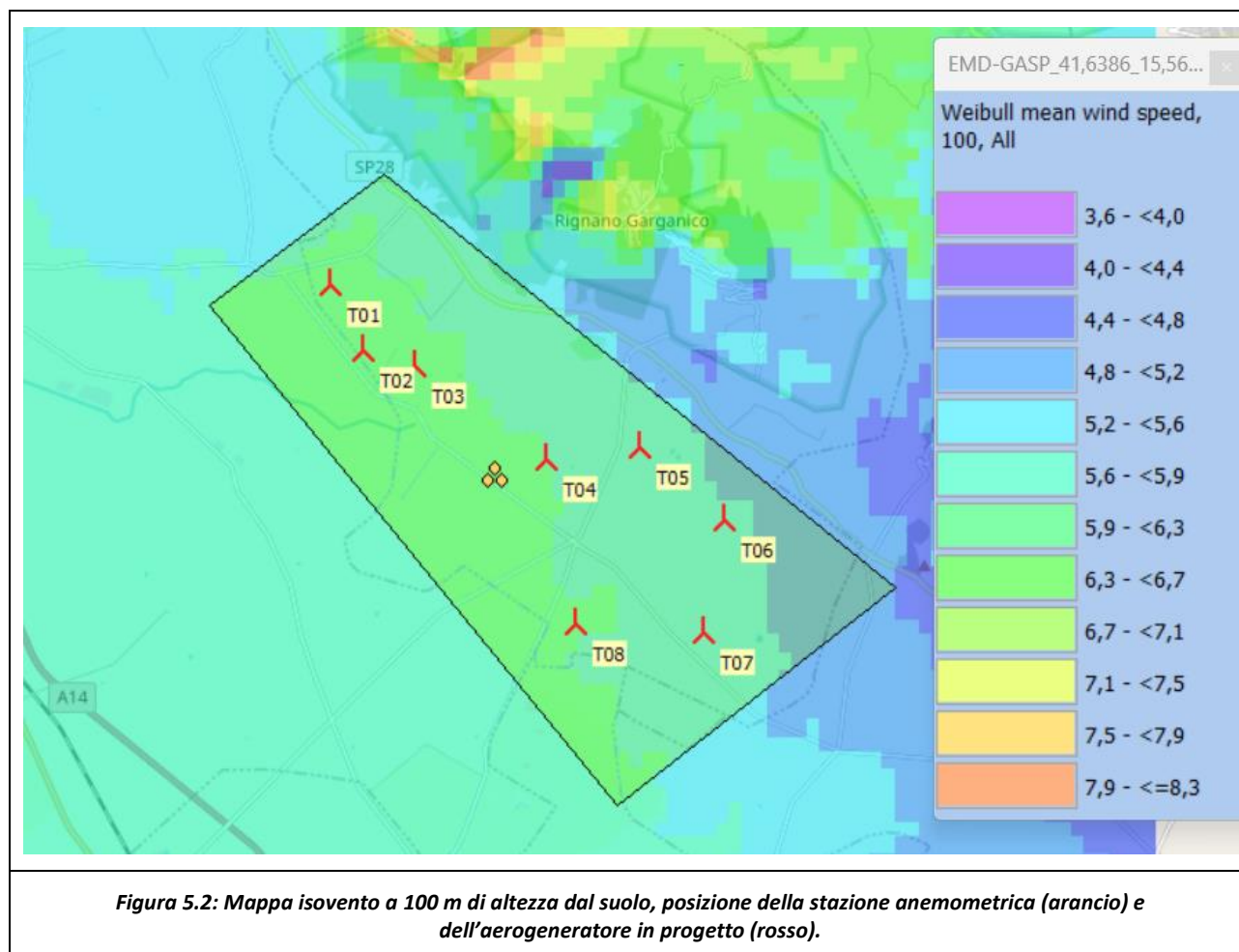
Nome	Est	Nord
T01	543919	4612986
T02	544470	4611917
T03	545332	4611670
T04	547487	4610136
T05	549042	4610359
T06	550465	4609165
T07	550123	4607316
T08	547994	4607451

5.3 *Campo di vento risultante*

Sulla base dei seguenti dati di *input* è stata valutata, mediante l'uso di WindPRO e WASP, la risorsa eolica disponibile nella zona del sito in studio:

- dati di vento disponibili dell'anemometro virtuale esteso con correlazione a 30 anni nei pressi del sito;
- modello digitale del terreno e mappa di rugosità;
- *layout* di impianto.

La seguente Figura 5.2 riporta la mappa di ventosità dell'area a 100 m di altezza dal suolo.



Dall'esame della mappa si evince che la zona in cui sono posizionati gli aerogeneratori, indicati con i simboli rossi, è una zona a ventosità media compresa tra 5,2 e 6,3 m/s.

Le interferenze aerodinamiche dovute ad effetti di scia sono contenute in un *range* che va da 1,2% a 4,9%, ma sarà invece utile verificare gli eventuali effetti accrescitivi o riduttivi dati dalla topografia locale.

5.4 Stima della produzione energetica del parco eolico

Di seguito vengono riportati i risultati del calcolo di produzione del parco eolico con il *layout* di progetto, che prevede otto aerogeneratori da 6 MW.

Sono state fatte le seguenti assunzioni:

- per il calcolo della produzione si è presa in considerazione la curva di potenza della V162 6MW certificata dal produttore, alla massima emissione acustica;
- per la stima della densità dell'aria, avendo a disposizione misure di temperatura nella zona, si è tenuto conto della temperatura media rilevata nei un anno di misure (15°C), al centro del sito, alla quota media pari a circa 149,0m (30,0 m + 119,0 m). Si è così ottenuto il valore di 1,203 kg/m³;
- i dati utilizzati sono quelli estrapolati dalla correlazione effettuata, secondo quanto indicato nel presente documento.

Expected AEP per WTG including bias, loss and uncertainty evaluation

Description	Calculated GROSS*) [MWh/y]	Bias [%]	Loss [%]	Unc. [%]	10 years averaging		
					P50 **) [MWh/y]	P75 [MWh/y]	P90 [MWh/y]
T01 VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (31)	20.151,5	0,0	12,4	14,6	17.658,1	15.920,5	14.356,7
T02 VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (32)	20.321,5	0,0	14,5	13,9	17.372,6	15.747,9	14.285,7
T03 VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (33)	20.201,7	0,0	15,4	13,7	17.098,1	15.516,7	14.093,4
T04 VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (34)	19.948,7	0,0	15,4	13,0	16.866,7	15.383,6	14.048,7
T05 VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (35)	19.605,4	0,0	14,4	13,4	16.787,1	15.264,4	13.893,9
T06 VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (36)	19.773,2	0,0	15,6	13,0	16.679,4	15.215,4	13.897,8
T07 VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (37)	20.214,1	0,0	15,6	11,9	17.051,5	15.682,9	14.451,1
T08 VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (38)	20.446,1	0,0	14,8	11,5	17.410,7	16.056,6	14.837,8
PARK	160.662,3	0,0	14,8	13,1	136.924,1	124.844,3	113.972,1

Tabella 5.2: Producibilità del parco eolico costituito dall'aerogeneratore VESTAS V162-6MW, a 119 m.

Dall'esame della Tabella 5.2 si evince una produzione netta sul lungo periodo di circa 136,9 GWh, per un numero di ore equivalenti pari a 2.853 al netto degli effetti topografici, che in questo caso, risultano molto ridotti.

6. Producibilità dell'impianto

Di seguito sono riportate alcune considerazioni finali ed una valutazione tecnica conclusiva del progetto, sulla base dello studio effettuato.

6.1 *Dati di vento*

I dati di vento disponibili sono sufficienti e validi ai fini della effettuazione di uno studio anemologico (*micrositing*).

Da un esame accurato dei dati rilevati, la validità degli stessi per le misure di velocità alle altezze di misura considerate: 50 e 70 m.

Il modello digitale del terreno ed i dati di vento sono stati elaborati mediante il software WindPRO con WAsP.

6.2 *Layout del sito:*

Il *layout* di progetto del parco eolico prevede l'installazione di un aerogeneratore con potenza nominale pari a 6 MW, rotore di 162 m di diametro ed altezza torre di 119 m.

- Gli aerogeneratori sono ben posizionati, in relazione soprattutto alla direzione dei venti prevalenti ed alla conformazione del terreno.
- L'altezza torre considerata di 119 m non è la massima prevista per la tipologia di aerogeneratore considerato nel progetto, ma consente di avere un buon compromesso tra captazione dei venti locali e contenimento degli impatti visivi.
- L'aerogeneratore Vestas V162 6MW si adatta bene alle condizioni geografiche ed anemologiche del sito in esame.

6.3 *Produzione energetica impianto eolico*

La stima di produzione del progetto è stata ottenuta mediante l'utilizzo del *software* WindPRO con WAsP, che per le sue caratteristiche di calcolo garantisce una soluzione del campo aerodinamico accurata, anche in condizioni orografiche come quelle del sito in questione.

Con il *layout* definito a progetto è stata stimata, a 119 m di altezza, una produzione netta complessiva pari a circa 136,9 GWh annui, corrispondenti a circa 2.853 ore equivalenti annue.

7. Conclusioni

In conclusione, si può affermare che il *layout* di progetto del parco eolico in esame può essere considerato valido nel senso dello sfruttamento massimo della risorsa eolica disponibile nell'area del progetto.

8. Descrizione tecnica della turbina eolica modello Vestas V162 da 6MW

Restricted
Document no.: 0098-0840 V05
2021-10-29

Performance Specification

EnVentus™

V162-6.0 MW 50/60 Hz



Table of contents

1	GENERAL DESCRIPTION	4
2	TYPE APPROVALS AND AVAILABLE HUB HEIGHTS.....	4
3	OPERATIONAL ENVELOPE AND PERFORMANCE GUIDELINES.....	5
3.1	CLIMATE AND SITE CONDITIONS.....	5
3.1.1	<i>Wind Power Plant Layout</i>	<i>6</i>
3.2	OPERATIONAL ENVELOPE – WIND.....	7
3.3	OPERATIONAL ENVELOPE – TEMPERATURE AND ALTITUDE	7
3.3.1	<i>Temperature dependent operation</i>	<i>8</i>
3.4	OPERATIONAL ENVELOPE – CONDITIONS FOR POWER CURVE AND Ct VALUES (AT HUB HEIGHT).....	10
3.5	OPERATIONAL ENVELOPE – REACTIVE POWER CAPABILITY	11
3.5.1	<i>Temperature dependent reactive power capability.....</i>	<i>11</i>
3.6	SOUND MODES	13
4	DRAWINGS	14
4.1	TURBINE VISUAL IMPRESSION – SIDE VIEW.....	14
5	GENERAL RESERVATIONS, NOTES AND DISCLAIMERS.....	15
6	POWER CURVES, CT VALUES AND SOUND CURVES, MODE PO6000/PO6000-0S	16
6.1	POWER CURVES, MODE PO6000/PO6000-0S	16
6.2	CT VALUES, MODE PO6000/PO6000-0S	17
6.3	SOUND CURVES, MODE PO6000/PO6000-0S.....	18
7	POWER CURVES, CT VALUES AND SOUND CURVES, SOUND OPTIMIZED MODES	19
7.1	POWER CURVES, SOUND OPTIMIZED MODE SO2	19
7.2	CT VALUES, SOUND OPTIMIZED MODE SO2	20
7.3	SOUND CURVES, SOUND OPTIMIZED MODE SO2.....	21
7.4	POWER CURVES, SOUND OPTIMIZED MODE SO3	22
7.5	CT VALUES, SOUND OPTIMIZED MODE SO3	23
7.6	SOUND CURVES, SOUND OPTIMIZED MODE SO3.....	24
7.7	POWER CURVES, SOUND OPTIMIZED MODE SO4	25
7.8	CT VALUES, SOUND OPTIMIZED MODE SO4	26
7.9	SOUND CURVES, SOUND OPTIMIZED MODE SO4.....	27
7.10	POWER CURVES, SOUND OPTIMIZED MODE SO5	28
7.11	CT VALUES, SOUND OPTIMIZED MODE SO5	29
7.12	SOUND CURVES, SOUND OPTIMIZED MODE SO5.....	30
7.13	POWER CURVES, SOUND OPTIMIZED MODE SO6	31
7.14	CT VALUES, SOUND OPTIMIZED MODE SO6	32
7.15	SOUND CURVES, SOUND OPTIMIZED MODE SO6.....	33

Recipient acknowledges that (i) this Performance Specification is provided for recipient's information only, and, does not create or constitute a warranty, guarantee, promise, commitment, or other representation (Commitment) by Vestas Wind Systems or any of its affiliated or subsidiary companies (Vestas), all of which are disclaimed by Vestas and (ii) any and all Commitments by Vestas to recipient as to this Performance Specification (or any of the contents herein) are to be contained exclusively in signed written contracts between recipient and Vestas, and not within this document.

See general reservations, notes and disclaimers (including, Section 5, p. 15) to this Performance Specification.

1 General Description

The Vestas V162-6.0 MW is a wind turbine variant within the EnVentus™ turbine range. It is a pitch regulated upwind turbine with active yaw and a three-blade rotor. The V162-6.0 MW turbine has a rotor diameter of 162 m and a rated power of 6.0 MW.

For more details, please refer to the General Description of the EnVentus™ turbine range (General Description EnVentus™ - 0081-5017).

2 Type Approvals and Available Hub Heights

The standard turbine is type certified according to the certification standards and available hub heights listed below:

Certification	Wind Class	Hub Height
IECRE OD-501	IEC S	119 / 125 / 149 / 166 m
DIBt 2012	DIBt S	119 / 166 / 169 m

3 Operational Envelope and Performance Guidelines

Actual climate and site conditions have many variables and should be considered in evaluating actual turbine performance. The design and operating parameters set forth in this section do not constitute warranties, guarantees, or representations as to turbine performance at actual sites.

3.1 Climate and Site Conditions

The standard turbine is designed for the wind climate conditions listed below. Values refer to hub height.

Wind Climate	IEC S	IEC S	IEC S	IEC S
Power Rating	6.0 MW	6.0 MW	6.0 MW	6.0 MW
Hub Height	119 m	125 m	149 m	166 m
<i>Average design parameters - IEC</i>				
Wind Speed (10 min average), V_{ave}	7.4 m/s	8.5 m/s	7.9 m/s	7.9 m/s
Weibull Scale Factor, C	8.3 m/s	9.6 m/s	8.9 m/s	8.9 m/s
Weibull Shape Factor, k	2.48	2.3	2.48	2.48
I_{ref} acc. to IEC 61400-1	0.15	0.14	0.15	0.15
Turbulence Intensity acc. to IEC 61400-1, Including Wind Farm Turbulence (@15 m/s) I_{90} (90% quantile)	16.9%	15.7%	16.9 %	16.9 %
Wind Shear, α	0.30	0.20	0.30	0.30
Inflow Angle (vertical)	8°	8°	8°	8°
<i>Extreme design parameters – IEC</i>				
Extr. Wind Speed (10 min average), V_{50}	37.1 m/s	37.5 m/s	39.5 m/s	39.5 m/s
Survival Wind Speed (3 s gust), V_{e50}	51.9 m/s	52.5 m/s	55.3 m/s	55.3 m/s
Turbulence Intensity, I_{V50}	11%	11 %	11 %	11 %

Wind Class	DIBt S	DIBt S
Hub Height	119 m	CHT* 166/169 m
Power Rating	6.0 MW	6.0 MW
Average design parameters – DIBt		
Wind Speed (10 min average), V_{ave}	7.1 m/s	7.5 m/s
Weibull Scale Factor, C	8.0 m/s	8.5 m/s
Weibull Shape Factor, k	2.22	2.22
I_{ref} acc. to IEC 61400-1	S	S
Turbulence Intensity, I_{90} (90% quant.)	S	S
Extreme design parameters – DIBt		
Extr Wind Speed (10 min average), V_{50}	39.4 m/s	37.6 m/s
Survival Wind Speed (3 s gust), V_{e50}	55.2 m/s	52.6 m/s
Turbulence intensity, $I_{V(z)}$	11.3%	11.1%
Wind Shear, α	0.25	0.27
Inflow Angle	8°	8°

*CHT is Concrete Hybrid Tower

NOTE The turbine is intended for low to medium wind speed sites and is classified as IEC S. Please contact Vestas Wind Systems A/S for further information if needed.

Climatic conditions for turbines with the optional Vestas Anti-icing System (VAS), may vary from above. Please contact Vestas Wind Systems A/S for further information.

3.1.1 Wind Power Plant Layout

Turbine spacing is to be evaluated site-specifically. Spacing below two rotor diameters (2D) may require sector-wise curtailment.

NOTE As evaluation of climate and site conditions is complex, consult Vestas for every project. If conditions exceed the above parameters, Vestas must be consulted.

3.2 Operational Envelope – Wind

Values refer to hub height and are determined by the sensors and control system of the turbine.

Wind Climate	IEC S / DIBt S	
	PO6000	SO2, SO3, SO4, SO5, SO6
Cut-In, V_{in}	3 m/s	3 m/s
Cut-Out (10 min exponential avg.), V_{out}	24 m/s	20 m/s
Re-Cut In (10 min exponential avg.)	22 m/s	18 m/s

3.3 Operational Envelope – Temperature and Altitude

Values below refer to hub height and are determined by the sensors and control system of the turbine.

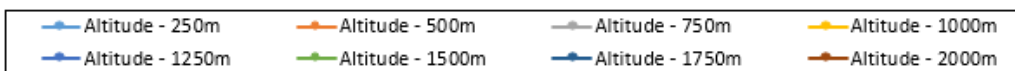
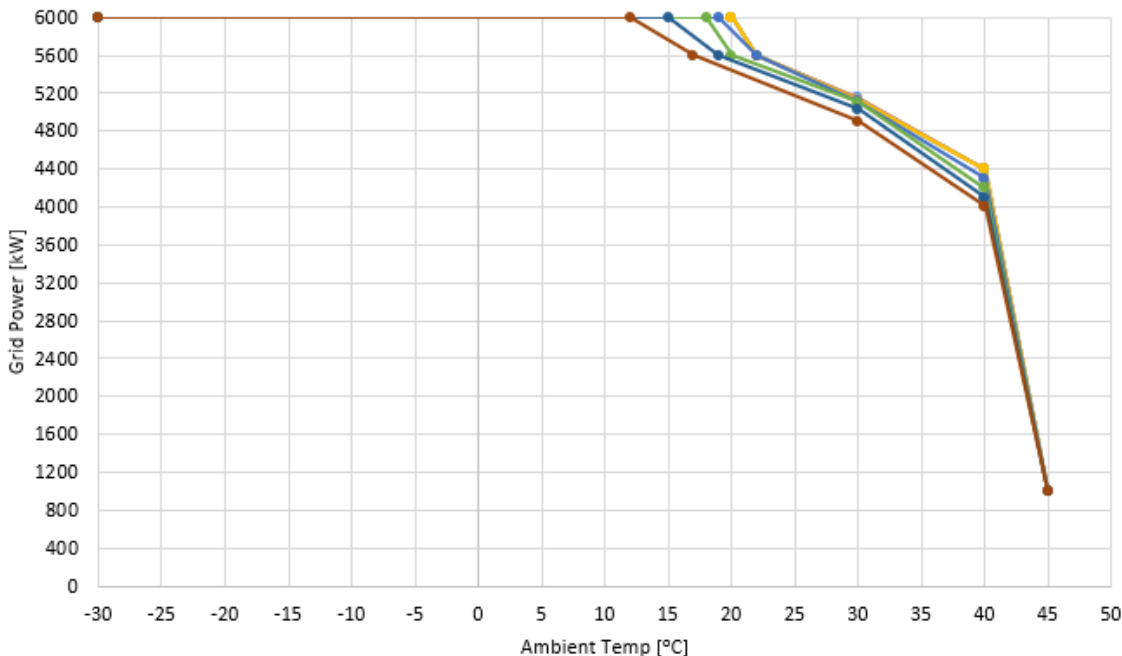
Operational Envelope – Temperature	
Ambient Temperature Interval	-20° to +45°C
Ambient Temperature Interval (Low Temperature operation)	-30° to +45°C

NOTE The wind turbine will stop producing power at ambient temperatures above 45°C. For the low temperature operation of the wind turbine please consult Vestas.

The turbine is designed for use at altitudes up to 1000 m above sea level as standard and optional up to 2000 m above sea level.

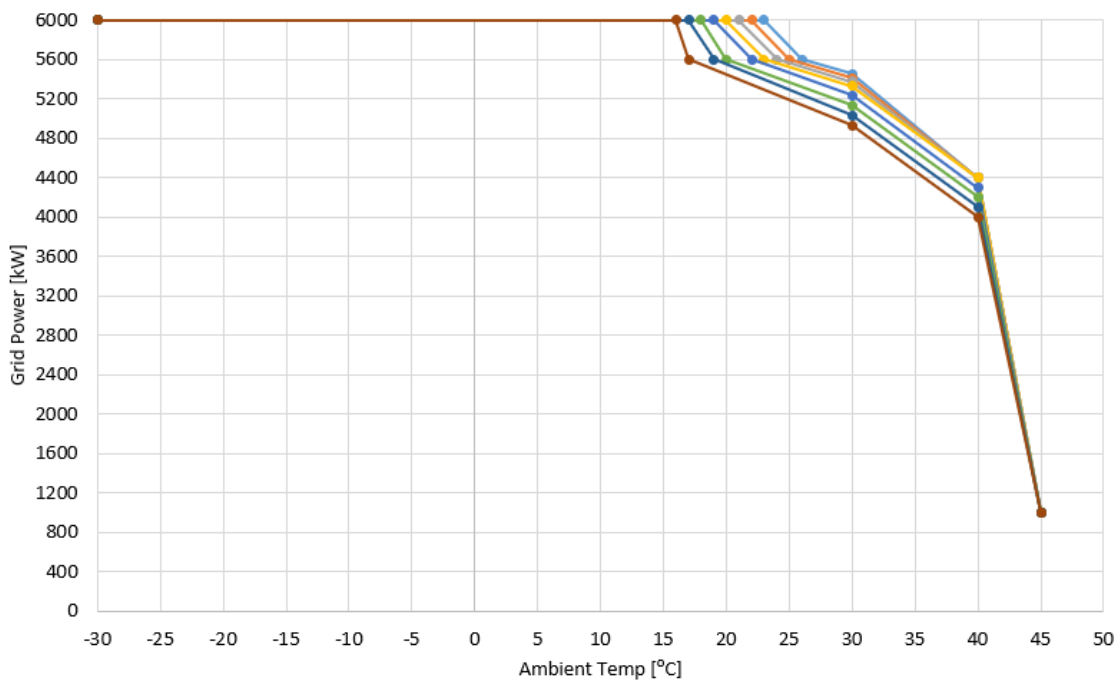
3.3.1 Temperature dependent operation

Values below refer to hub height and are determined by the sensors and control system of the turbine. At ambient temperatures above the thresholds shown for each operating mode, the turbine will maintain derated production.



Altitude	[°C]	[kW]	[°C]	[kW]	[°C]	[kW]	[°C]	[kW]	[°C]	[kW]
250	20	6000	22	5600	30	5150	40	4400	45	1000
500	20	6000	22	5600	30	5140	40	4400	45	1000
750	20	6000	22	5600	30	5130	40	4400	45	1000
1000	20	6000	22	5600	30	5120	40	4400	45	1000
1250	19	6000	22	5600	30	5110	40	4300	45	1000
1500	18	6000	20	5600	30	5100	40	4200	45	1000
1750	15	6000	19	5600	30	5033	40	4100	45	1000
2000	12	6000	17	5600	30	4900	40	4000	45	1000

Figure 3-1: Temperature dependant derated operation – Standard cooler top.



Altitude - 250m	Altitude - 500m	Altitude - 750m	Altitude - 1000m
Altitude - 1250m	Altitude - 1500m	Altitude - 1750m	Altitude - 2000m

Altitude	[°C]	[kW]	[°C]	[kW]	[°C]	[kW]	[°C]	[kW]	[°C]	[kW]
250	23	6000	26	5600	30	5450	40	4400	45	1000
500	22	6000	25	5600	30	5410	40	4400	45	1000
750	21	6000	24	5600	30	5370	40	4400	45	1000
1000	20	6000	23	5600	30	5330	40	4400	45	1000
1250	19	6000	22	5600	30	5233	40	4300	45	1000
1500	18	6000	20	5600	30	5133	40	4200	45	1000
1750	17	6000	19	5600	30	5033	40	4100	45	1000
2000	16	6000	17	5600	30	4933	40	4000	45	1000

Figure 3-2: Temperature dependant derated operation – Optional high temperature cooler top

3.4 Operational Envelope – Conditions for Power Curve and C_t Values (at Hub Height)

Please consult section 6 and subsequent, for power curves and C_t values.

Conditions for Power Curve and C_t Values (at Hub Height)	
Wind Shear, α	0.00-0.30 (10-minute average)
Turbulence Intensity, I	6-12% (10-minute average)
Blades	Clean
Rain	No
Ice/Snow on Blades	No
Leading Edge	No damage
Terrain	IEC 61400-12-1
Inflow Angle (Vertical)	$0 \pm 2^\circ$
Grid Voltage	Nominal Voltage $\pm 2.5\%$
Grid Frequency	Nominal Frequency ± 0.5 Hz
Grid Active Power (LV-side)	Per tabulated values in Section 6 and following sections
Grid Reactive Power (LV-side)	Power Factor 1.0

3.5 Operational Envelope – Reactive Power Capability

The turbine has a reactive power capability on the low voltage side of the HV transformer as illustrated in Figure 3-3:

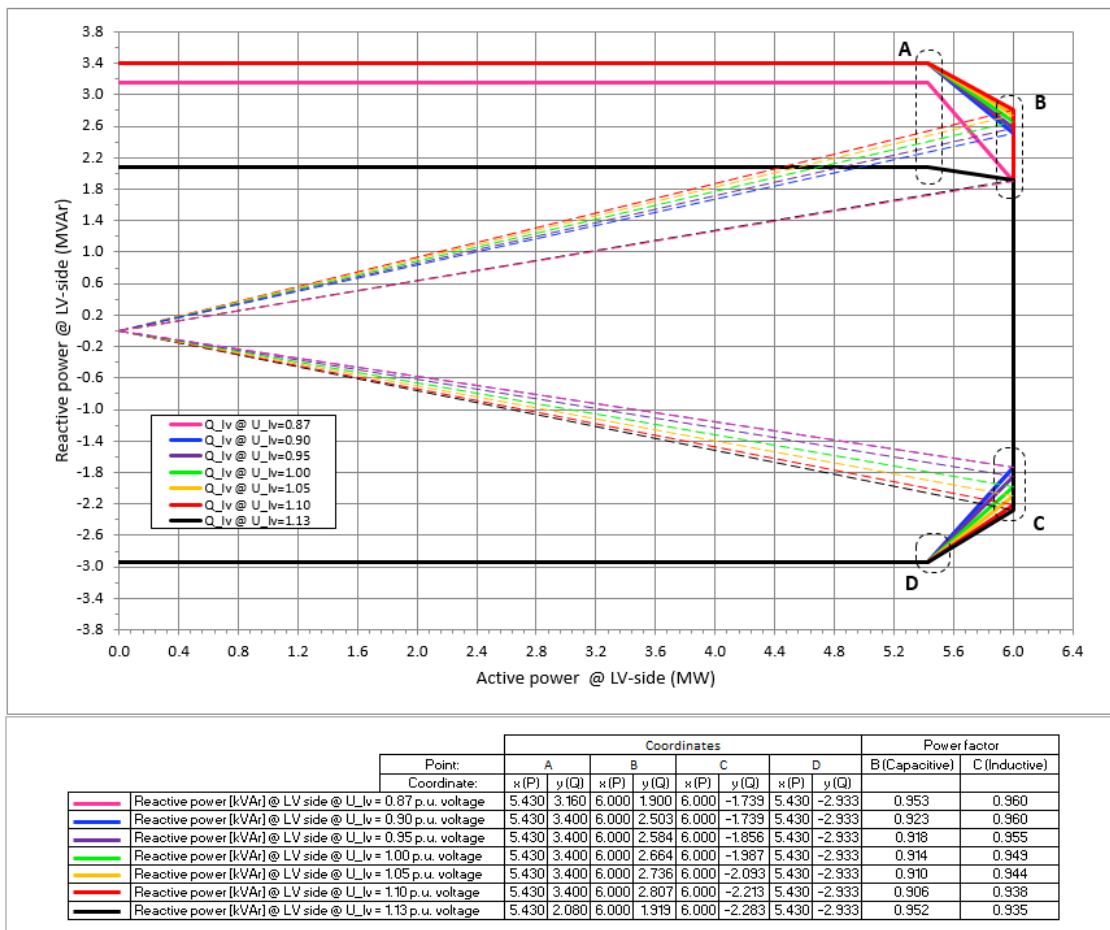


Figure 3-3: Reactive power capability

The turbine is able to maintain the reactive power capability at low wind with no active power production.

3.5.1 Temperature dependent reactive power capability

The reactive power capability shown in Figure 3-3 is valid for ambient temperatures at which no active power derate is needed according to Figure 3-1 and Figure 3-2.

For ambient temperatures up to 40°C, where active power is derated as a consequence of ambient temperature, the shape of the PQ chart (Figure 3-3: A, B, C and D points) is maintained. The active power for the A, B, C and D points is however adjusted according to the overall WTG active power derate according to Figure 3-1 and Figure 3-2.

For ambient temperatures between 40°C and 45°C, reactive power is derated proportional to the active power derate.

Figure 3-3 shows an illustrative example of the reactive power derate.

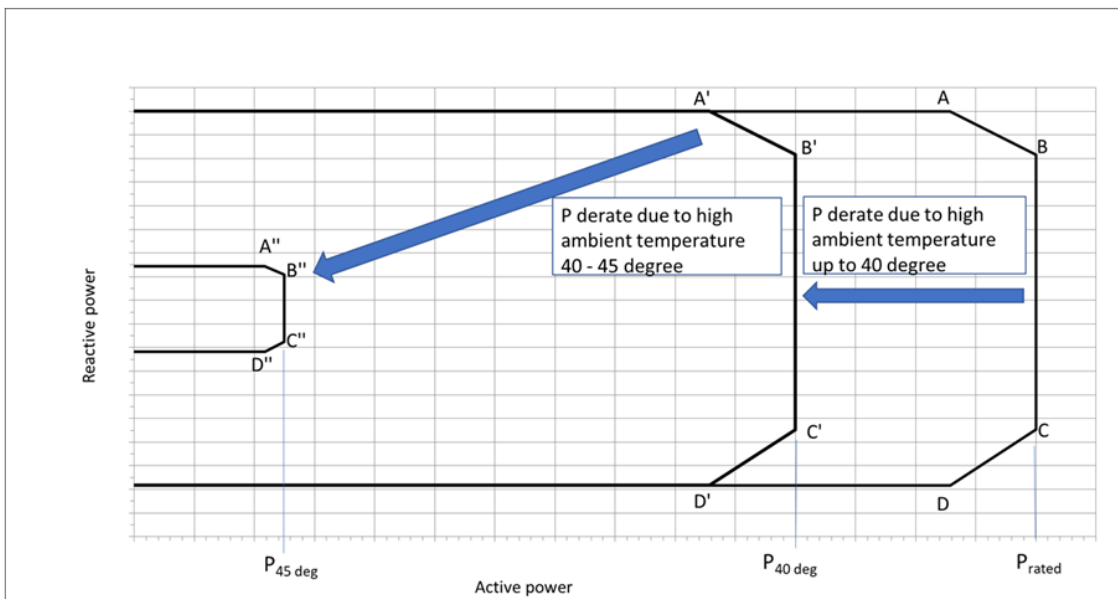


Figure 3-3: Reactive power capability temperature dependency. Illustrative example.

3.6 Sound Modes

The sound modes listed below are available for the turbine.

Sound modes			
Mode No.	Maximum Sound Level	Serrated trailing edges	Available hub heights
PO6000	104.3 dBA	Yes (standard)	119 / 125 / 149 / 166 / 169 m
PO6000-0S	107.1 dBA	No (option)	119 / 125 / 149 / 166 / 169 m

In addition, Sound Optimized (SO) modes as listed below are available as options for the turbine.

Sound Optimized (SO) modes			
Mode No.	Maximum Sound Level	Serrated trailing edges	Available hub heights
SO2	102 dBA	Yes (standard)	119 / 125 / 149 / 166 / 169 m
SO3	101 dBA	Yes (standard)	119 / 125 / 149 / 166 / 169 m
SO4	100 dBA	Yes (standard)	119 / 125 / 149 / 166 / 169 m
SO5	99 dBA	Yes (standard)	119 / 125 / 149 / 166 / 169 m
SO6	98 dBA	Yes (standard)	Site specific

NOTE Sound Optimized (SO) modes are only available with serrated trailing edges on the blades. For further details on sound performance and in case of specific requests, please contact Vestas Wind Systems A/S.

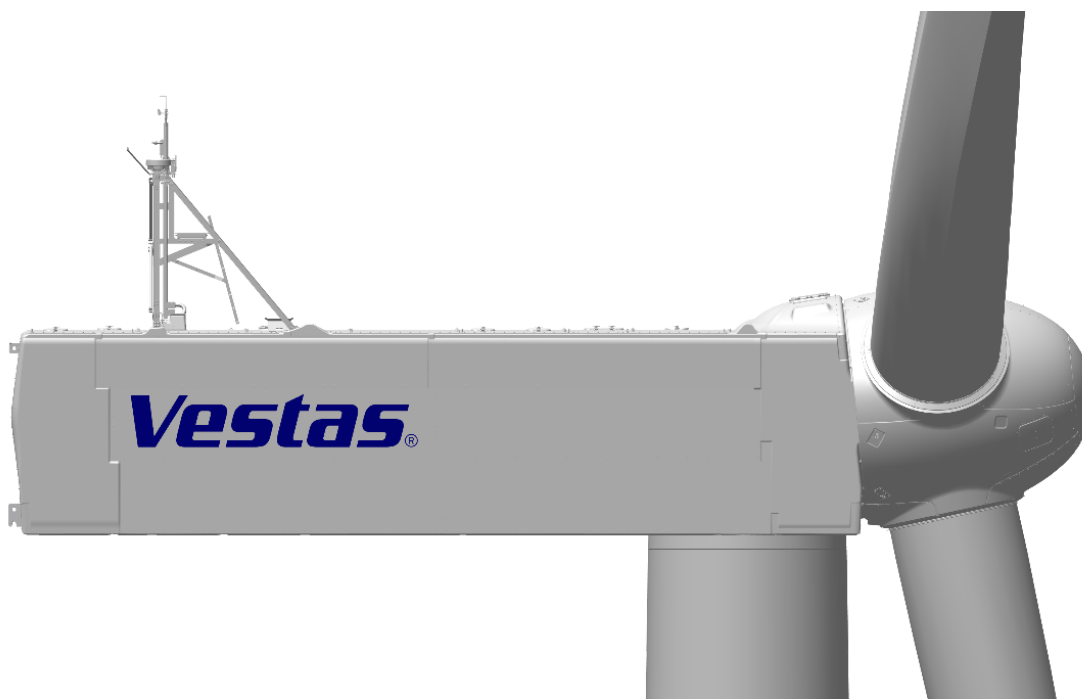
4 Drawings

Overview drawings describing the wind turbines, tower and foundation are shown in these documents.

V162 HH119 – 0075-8518
V162 HH125 – 0079-6651
V162 HH149 – 0079-6675
V162 HH166 – 0075-8514
V162 HH166 (CHT) – 0089-4873
V162 HH169 (CHT) – 0089-4874

NOTE For detailed drawings, please contact Vestas Wind Systems A/S.

4.1 Turbine visual impression – side view



5 General Reservations, Notes and Disclaimers

- © 2021 Vestas Wind Systems A/S. This document is created by Vestas Wind Systems A/S and/or its affiliates and contains copyrighted material, trademarks, and other proprietary information. All rights reserved. No part of the document may be reproduced or copied in any form or by any means – such as graphic, electronic, or mechanical, including photocopying, taping, or information storage and retrieval systems – without the prior written permission of Vestas Wind Systems A/S. The use of this document is prohibited unless specifically permitted by Vestas Wind Systems A/S. Trademarks, copyright or other notices may not be altered or removed from the document.
- The performance specifications described in this document apply to the current version of the V162-6.0 MW wind turbine. Updated versions of the V162-6.0 MW wind turbine, which may be manufactured in the future, may differ from these performance specifications. In the event that Vestas supplies an updated version of the V162-6.0 MW wind turbine, Vestas will provide an updated performance specification applicable to the updated version.
- All listed start/stop parameters (e.g. wind speeds) are equipped with hysteresis control. This can, in certain borderline situations, result in turbine stops even though the ambient conditions are within the listed operation parameters.
- This document, Performance Specification, is not an offer for sale, and does not contain any guarantee, warranty and/or verification of the power curve and sound (including, without limitation, the power curve and sound verification method). Any guarantee, warranty and/or verification of the power curve and sound (including, without limitation, the power curve and sound verification method) must be agreed to separately in writing.

6 Power Curves, Ct Values and Sound Curves, Mode PO6000/PO6000-0S

6.1 Power Curves, Mode PO6000/PO6000-0S

Wind speed [m/s]	Air density [kg/m ³]													
	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	32	13	14	15	17	18	20	22	24	26	28	30	35	38
3.5	150	96	101	106	111	116	121	125	130	135	140	145	155	159
4.0	292	208	215	223	231	238	246	254	261	269	277	284	300	307
4.5	467	344	355	366	378	389	400	411	422	433	444	455	478	489
5.0	676	507	523	538	553	569	584	599	615	630	645	660	691	706
5.5	927	701	721	742	762	783	804	824	845	865	886	907	948	968
6.0	1229	934	961	988	1015	1042	1068	1095	1122	1148	1175	1202	1255	1282
6.5	1584	1211	1245	1279	1313	1347	1381	1415	1449	1483	1516	1550	1618	1651
7.0	2000	1535	1578	1620	1662	1705	1747	1789	1832	1874	1916	1958	2042	2084
7.5	2476	1907	1959	2010	2062	2114	2166	2218	2269	2321	2373	2424	2527	2578
8.0	3017	2330	2392	2455	2518	2581	2643	2706	2768	2831	2893	2955	3079	3141
8.5	3624	2807	2882	2957	3032	3107	3181	3255	3330	3404	3477	3551	3696	3769
9.0	4264	3337	3424	3511	3598	3685	3769	3853	3937	4022	4102	4183	4341	4419
9.5	4859	3882	3976	4070	4163	4257	4345	4433	4521	4609	4692	4776	4936	5014
10.0	5380	4415	4513	4611	4709	4808	4895	4983	5071	5159	5233	5306	5442	5504
10.5	5734	4920	5015	5109	5204	5299	5371	5442	5514	5585	5635	5684	5770	5807
11.0	5932	5377	5455	5534	5612	5691	5735	5779	5823	5868	5889	5910	5944	5955
11.5	5983	5714	5760	5805	5850	5895	5912	5929	5945	5962	5969	5976	5987	5991
12.0	5998	5898	5916	5933	5950	5968	5974	5980	5986	5992	5994	5996	5999	5999
12.5	6000	5965	5972	5979	5986	5994	5995	5996	5998	5999	6000	6000	6000	6000
13.0	6000	5991	5993	5995	5997	5999	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
13.5	6000	5999	5999	5999	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
14.0	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
14.5	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
15.0	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
15.5	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
16.0	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
16.5	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
17.0	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
17.5	6000	5987	5989	5991	5994	5996	5997	5998	5999	6000	6000	6000	6000	6000
18.0	5846	5728	5737	5747	5757	5766	5777	5788	5799	5810	5822	5834	5858	5871
18.5	5581	5483	5490	5498	5506	5514	5523	5532	5541	5550	5561	5571	5593	5604
19.0	5360	5270	5277	5284	5292	5299	5307	5315	5324	5332	5341	5351	5369	5379
19.5	5128	5019	5028	5036	5045	5054	5065	5075	5086	5096	5107	5117	5139	5151
20.0	4844	4735	4744	4753	4762	4771	4781	4791	4801	4811	4822	4833	4854	4865
20.5	4555	4450	4459	4468	4477	4485	4495	4505	4515	4524	4535	4545	4565	4574
21.0	4268	4175	4183	4191	4198	4206	4215	4223	4232	4240	4250	4259	4278	4288
21.5	3985	3898	3905	3913	3920	3928	3936	3944	3952	3960	3968	3976	3993	4002
22.0	3690	3600	3608	3616	3623	3631	3639	3647	3656	3664	3672	3681	3699	3707
22.5	3383	3306	3313	3319	3326	3332	3339	3346	3353	3361	3368	3376	3391	3398
23.0	3102	3034	3040	3046	3052	3058	3064	3070	3076	3082	3088	3095	3109	3115
23.5	2801	2728	2734	2741	2748	2755	2761	2768	2775	2782	2788	2795	2809	2816
24.0	2479	2405	2412	2418	2425	2432	2438	2444	2450	2456	2463	2471	2484	2490

Original Instruction: T05 0098-0840 VER 05

T05 0098-0840 Ver 05 - Approved- Exported from DMS: 2023-10-06 by SIMGT



6.2 Ct Values, Mode PO6000/PO6000-0S

Air density kg/m ³														
Wind speed [m/s]	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	0.908	0.911	0.911	0.912	0.912	0.912	0.912	0.911	0.911	0.911	0.910	0.909	0.908	0.907
3.5	0.882	0.890	0.889	0.888	0.888	0.887	0.887	0.886	0.885	0.885	0.884	0.883	0.881	0.880
4.0	0.853	0.859	0.858	0.858	0.857	0.857	0.856	0.856	0.855	0.855	0.854	0.854	0.853	0.852
4.5	0.837	0.839	0.839	0.839	0.839	0.838	0.838	0.838	0.838	0.838	0.838	0.838	0.837	0.837
5.0	0.820	0.821	0.821	0.821	0.821	0.821	0.820	0.820	0.820	0.820	0.820	0.820	0.820	0.820
5.5	0.814	0.814	0.814	0.814	0.814	0.814	0.814	0.814	0.814	0.814	0.814	0.814	0.814	0.814
6.0	0.812	0.813	0.813	0.813	0.813	0.813	0.813	0.813	0.813	0.813	0.812	0.812	0.812	0.812
6.5	0.810	0.813	0.813	0.813	0.812	0.812	0.812	0.812	0.811	0.811	0.811	0.810	0.810	0.809
7.0	0.807	0.812	0.812	0.811	0.811	0.810	0.810	0.810	0.809	0.809	0.808	0.808	0.807	0.806
7.5	0.804	0.810	0.809	0.809	0.808	0.808	0.807	0.807	0.806	0.806	0.805	0.805	0.803	0.803
8.0	0.800	0.807	0.807	0.806	0.805	0.805	0.804	0.803	0.803	0.802	0.801	0.800	0.799	0.798
8.5	0.793	0.805	0.804	0.803	0.802	0.801	0.800	0.799	0.798	0.797	0.796	0.794	0.791	0.789
9.0	0.763	0.800	0.798	0.795	0.793	0.791	0.787	0.784	0.780	0.777	0.772	0.767	0.757	0.752
9.5	0.701	0.766	0.760	0.755	0.749	0.744	0.738	0.732	0.726	0.720	0.714	0.707	0.695	0.689
10.0	0.635	0.712	0.706	0.699	0.692	0.685	0.679	0.672	0.665	0.658	0.650	0.642	0.626	0.618
10.5	0.559	0.655	0.648	0.640	0.633	0.625	0.616	0.607	0.598	0.589	0.579	0.569	0.549	0.539
11.0	0.484	0.601	0.591	0.582	0.572	0.563	0.551	0.540	0.529	0.518	0.507	0.495	0.473	0.462
11.5	0.413	0.540	0.528	0.516	0.504	0.492	0.480	0.468	0.456	0.444	0.434	0.424	0.404	0.395
12.0	0.356	0.475	0.462	0.450	0.437	0.425	0.414	0.404	0.393	0.383	0.374	0.365	0.349	0.341
12.5	0.310	0.413	0.402	0.390	0.379	0.368	0.359	0.350	0.341	0.332	0.325	0.318	0.304	0.297
13.0	0.273	0.360	0.351	0.341	0.331	0.322	0.314	0.307	0.299	0.291	0.285	0.279	0.267	0.262
13.5	0.242	0.317	0.309	0.300	0.292	0.284	0.277	0.271	0.264	0.258	0.252	0.247	0.237	0.232
14.0	0.216	0.280	0.273	0.266	0.259	0.252	0.246	0.241	0.235	0.230	0.225	0.220	0.211	0.207
14.5	0.193	0.250	0.244	0.238	0.232	0.225	0.220	0.216	0.211	0.206	0.202	0.197	0.190	0.186
15.0	0.174	0.224	0.219	0.214	0.208	0.203	0.198	0.194	0.190	0.185	0.182	0.178	0.171	0.168
15.5	0.158	0.202	0.198	0.193	0.188	0.183	0.179	0.176	0.172	0.168	0.165	0.161	0.155	0.152
16.0	0.144	0.184	0.179	0.175	0.171	0.166	0.163	0.159	0.156	0.153	0.150	0.147	0.141	0.139
16.5	0.131	0.167	0.163	0.159	0.156	0.152	0.149	0.145	0.142	0.139	0.137	0.134	0.129	0.127
17.0	0.120	0.153	0.149	0.146	0.142	0.139	0.136	0.133	0.130	0.127	0.125	0.123	0.118	0.116
17.5	0.111	0.140	0.137	0.134	0.131	0.128	0.125	0.123	0.120	0.118	0.116	0.113	0.109	0.107
18.0	0.100	0.124	0.121	0.119	0.116	0.114	0.112	0.110	0.107	0.105	0.104	0.102	0.099	0.097
18.5	0.089	0.110	0.107	0.105	0.103	0.101	0.099	0.097	0.095	0.093	0.092	0.090	0.088	0.086
19.0	0.079	0.097	0.095	0.093	0.091	0.089	0.087	0.086	0.084	0.083	0.081	0.080	0.078	0.076
19.5	0.070	0.086	0.084	0.082	0.081	0.079	0.078	0.076	0.075	0.074	0.072	0.071	0.069	0.068
20.0	0.062	0.076	0.074	0.073	0.071	0.070	0.068	0.067	0.066	0.065	0.064	0.063	0.061	0.060
20.5	0.055	0.067	0.065	0.064	0.063	0.061	0.060	0.059	0.058	0.057	0.057	0.056	0.054	0.053
21.0	0.048	0.059	0.058	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047
21.5	0.043	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.046	0.046	0.045	0.044	0.043	0.042	0.042
22.0	0.038	0.045	0.044	0.044	0.043	0.042	0.041	0.041	0.040	0.039	0.039	0.038	0.037	0.037
22.5	0.033	0.039	0.039	0.038	0.037	0.037	0.036	0.036	0.035	0.034	0.034	0.033	0.033	0.032
23.0	0.029	0.035	0.034	0.033	0.033	0.032	0.032	0.031	0.031	0.030	0.030	0.030	0.029	0.028
23.5	0.025	0.030	0.029	0.029	0.028	0.028	0.028	0.027	0.027	0.026	0.026	0.026	0.025	0.025
24.0	0.022	0.026	0.025	0.025	0.024	0.024	0.024	0.023	0.023	0.023	0.022	0.022	0.022	0.021

6.3 Sound Curves, Mode PO6000/PO6000-0S

Sound Power Level at Hub Height		
Conditions for Sound Power Level:	Measurement standard IEC 61400-11 ed. 3 Maximum turbulence at hub height: 30% Inflow angle (vertical): 0 ±2° Air density: 1.225 kg/m ³	
Wind speed at hub height [m/s]	Sound Power Level at Hub Height [dBA] Mode PO6000 (Blades with serrated trailing edge)	Sound Power Level at Hub Height [dBA] Mode PO6000-0S (Blades without serrated trailing edge)
3	93.9	96.7
4	94.1	96.9
5	94.3	97.1
6	96.2	99.0
7	99.2	102.0
8	102.0	104.8
9	104.1	106.9
10	104.3	107.1
11	104.3	107.1
12	104.3	107.1
13	104.3	107.1
14	104.3	107.1
15	104.3	107.1
16	104.3	107.1
17	104.3	107.1
18	104.3	107.1
19	104.3	107.1
20	104.3	107.1

7 Power Curves, Ct Values and Sound Curves, Sound Optimized Modes

7.1 Power Curves, Sound Optimized Mode SO2

Wind speed [m/s]	Air density [kg/m ³]													
	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	27	9	10	12	13	14	16	18	20	21	23	25	29	32
3.5	144	91	95	100	105	110	115	120	125	129	134	139	149	153
4.0	289	205	212	220	228	235	243	251	258	266	274	281	297	304
4.5	464	341	352	363	375	386	397	408	419	430	441	452	475	486
5.0	669	502	517	532	547	563	578	593	608	624	639	654	685	700
5.5	919	693	714	734	755	775	796	816	837	857	878	898	939	960
6.0	1219	925	952	979	1005	1032	1059	1086	1113	1140	1166	1193	1246	1272
6.5	1574	1201	1235	1269	1303	1337	1371	1405	1439	1473	1507	1540	1608	1642
7.0	1991	1525	1568	1610	1653	1695	1737	1780	1822	1864	1906	1948	2033	2075
7.5	2461	1892	1944	1995	2047	2099	2151	2203	2255	2306	2358	2410	2513	2564
8.0	2983	2299	2362	2424	2486	2549	2611	2673	2735	2797	2859	2921	3044	3106
8.5	3530	2729	2802	2876	2949	3022	3095	3168	3241	3314	3386	3458	3601	3672
9.0	4079	3173	3257	3342	3426	3511	3594	3677	3760	3843	3922	4001	4153	4226
9.5	4500	3611	3706	3800	3895	3989	4071	4152	4234	4316	4377	4438	4546	4592
10.0	4745	4028	4120	4212	4304	4396	4457	4518	4579	4640	4675	4710	4766	4787
10.5	4860	4381	4453	4526	4599	4672	4707	4743	4779	4815	4830	4845	4869	4877
11.0	4928	4650	4700	4750	4800	4851	4866	4881	4896	4911	4917	4923	4931	4934
11.5	4972	4824	4851	4878	4905	4932	4940	4947	4955	4963	4966	4969	4973	4974
12.0	5009	4928	4942	4957	4972	4986	4991	4996	5001	5006	5007	5008	5009	5008
12.5	5038	4987	4997	5006	5016	5026	5029	5032	5034	5037	5037	5037	5037	5037
13.0	5052	5016	5024	5031	5038	5045	5047	5049	5051	5052	5052	5052	5052	5052
13.5	5057	5028	5035	5041	5047	5053	5054	5055	5056	5057	5057	5057	5057	5057
14.0	5057	5033	5038	5043	5048	5053	5054	5055	5056	5057	5057	5057	5057	5057
14.5	5052	5029	5034	5038	5043	5048	5048	5049	5050	5051	5051	5051	5052	5052
15.0	5037	5012	5017	5022	5027	5032	5032	5033	5034	5035	5036	5036	5037	5038
15.5	5015	4992	4996	5000	5005	5009	5010	5011	5012	5013	5014	5014	5016	5016
16.0	4990	4968	4972	4976	4980	4984	4986	4986	4988	4988	4989	4990	4991	4992
16.5	4964	4942	4946	4950	4954	4958	4959	4960	4961	4962	4963	4964	4965	4966
17.0	4938	4916	4920	4924	4927	4931	4932	4933	4935	4936	4936	4937	4938	4939
17.5	4912	4888	4893	4897	4901	4905	4906	4907	4909	4910	4910	4911	4912	4913
18.0	4885	4864	4867	4871	4875	4879	4880	4881	4882	4882	4883	4884	4886	4886
18.5	4859	4841	4844	4847	4850	4853	4854	4855	4856	4857	4857	4858	4860	4860
19.0	4836	4818	4821	4824	4826	4829	4831	4832	4833	4834	4835	4836	4837	4837
19.5	4813	4789	4793	4796	4800	4803	4805	4806	4808	4810	4811	4812	4814	4815
20.0	4736	4690	4695	4701	4706	4711	4714	4718	4722	4726	4729	4732	4740	4744

7.2 Ct Values, Sound Optimized Mode SO2

Air density kg/m ³														
Wind speed [m/s]	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	0.914	0.912	0.913	0.913	0.914	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.914	0.913	0.913
3.5	0.888	0.894	0.893	0.893	0.893	0.892	0.892	0.891	0.891	0.891	0.890	0.889	0.888	0.887
4.0	0.851	0.857	0.856	0.856	0.855	0.854	0.854	0.853	0.853	0.852	0.852	0.852	0.851	0.850
4.5	0.822	0.823	0.823	0.823	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822
5.0	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801
5.5	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797
6.0	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797
6.5	0.798	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.798	0.798	0.798	0.798	0.798
7.0	0.801	0.804	0.804	0.803	0.803	0.803	0.803	0.803	0.802	0.802	0.802	0.802	0.801	0.801
7.5	0.796	0.798	0.798	0.798	0.798	0.798	0.797	0.797	0.797	0.797	0.796	0.796	0.795	0.795
8.0	0.784	0.787	0.787	0.786	0.786	0.786	0.786	0.785	0.785	0.785	0.784	0.784	0.783	0.783
8.5	0.747	0.751	0.750	0.750	0.750	0.749	0.749	0.749	0.748	0.748	0.748	0.747	0.746	0.745
9.0	0.707	0.717	0.717	0.717	0.716	0.716	0.715	0.715	0.714	0.713	0.711	0.709	0.703	0.699
9.5	0.634	0.683	0.682	0.681	0.680	0.679	0.675	0.670	0.665	0.660	0.651	0.643	0.624	0.613
10.0	0.541	0.631	0.627	0.623	0.619	0.615	0.606	0.597	0.588	0.578	0.566	0.554	0.528	0.516
10.5	0.455	0.566	0.559	0.552	0.544	0.537	0.525	0.513	0.502	0.490	0.478	0.466	0.444	0.433
11.0	0.385	0.500	0.490	0.481	0.471	0.461	0.450	0.438	0.427	0.415	0.405	0.395	0.376	0.368
11.5	0.332	0.437	0.427	0.416	0.406	0.395	0.386	0.376	0.366	0.357	0.348	0.340	0.325	0.317
12.0	0.289	0.382	0.372	0.363	0.353	0.343	0.335	0.327	0.319	0.311	0.303	0.296	0.283	0.277
12.5	0.254	0.335	0.326	0.318	0.309	0.301	0.294	0.287	0.280	0.273	0.267	0.261	0.249	0.244
13.0	0.225	0.294	0.287	0.280	0.272	0.265	0.259	0.253	0.247	0.241	0.235	0.230	0.220	0.216
13.5	0.200	0.260	0.254	0.248	0.241	0.235	0.230	0.224	0.219	0.214	0.209	0.205	0.196	0.192
14.0	0.179	0.232	0.226	0.220	0.215	0.209	0.205	0.200	0.195	0.191	0.187	0.183	0.175	0.172
14.5	0.160	0.207	0.202	0.197	0.192	0.187	0.183	0.179	0.175	0.171	0.167	0.164	0.157	0.154
15.0	0.144	0.185	0.181	0.177	0.172	0.168	0.164	0.161	0.157	0.153	0.150	0.147	0.142	0.139
15.5	0.130	0.167	0.163	0.159	0.155	0.151	0.148	0.145	0.142	0.138	0.136	0.133	0.128	0.125
16.0	0.118	0.151	0.147	0.144	0.140	0.137	0.134	0.131	0.128	0.125	0.123	0.120	0.116	0.114
16.5	0.107	0.136	0.133	0.130	0.127	0.124	0.122	0.119	0.116	0.114	0.112	0.109	0.105	0.103
17.0	0.098	0.124	0.121	0.119	0.116	0.113	0.111	0.108	0.106	0.104	0.102	0.100	0.096	0.094
17.5	0.090	0.114	0.111	0.109	0.106	0.104	0.102	0.100	0.097	0.095	0.094	0.092	0.088	0.087
18.0	0.083	0.104	0.102	0.100	0.097	0.095	0.093	0.091	0.089	0.087	0.086	0.084	0.081	0.080
18.5	0.076	0.096	0.094	0.092	0.090	0.087	0.086	0.084	0.082	0.080	0.079	0.078	0.075	0.073
19.0	0.070	0.088	0.086	0.084	0.082	0.080	0.079	0.077	0.075	0.074	0.073	0.071	0.069	0.067
19.5	0.065	0.081	0.079	0.078	0.076	0.074	0.073	0.071	0.070	0.068	0.067	0.066	0.064	0.063
20.0	0.060	0.074	0.072	0.071	0.069	0.068	0.067	0.066	0.064	0.063	0.062	0.061	0.059	0.058

7.3 Sound Curves, Sound Optimized Mode SO2

Sound Power Level at Hub Height	
Conditions for Sound Power Level:	Measurement standard IEC 61400-11 ed. 3 Maximum turbulence at hub height: 30% Inflow angle (vertical): 0 ±2° Air density: 1.225 kg/m ³
Wind speed at hub height [m/s]	Sound Power Level at Hub Height [dBA] Sound Optimized Mode SO2 (Blades with serrated trailing edge)
3	93.5
4	93.7
5	94.3
6	97.3
7	100.2
8	102.0
9	102.0
10	102.0
11	102.0
12	102.0
13	102.0
14	102.0
15	102.0
16	102.0
17	102.0
18	102.0
19	102.0
20	102.0

7.4 Power Curves, Sound Optimized Mode SO3

Air density [kg/m ³]														
Wind speed [m/s]	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	27	9	10	12	13	14	16	18	20	21	23	25	29	32
3.5	144	91	95	100	105	110	115	120	125	129	134	139	149	153
4.0	289	205	212	220	228	235	243	251	258	266	274	281	297	304
4.5	464	341	352	363	375	386	397	408	419	430	441	452	475	486
5.0	669	502	517	532	547	563	578	593	608	624	639	654	685	700
5.5	919	693	714	734	755	775	796	816	837	857	878	898	939	960
6.0	1219	925	952	979	1005	1032	1059	1086	1113	1140	1166	1193	1246	1272
6.5	1574	1201	1235	1269	1303	1337	1371	1405	1439	1473	1507	1540	1608	1642
7.0	1990	1525	1567	1610	1652	1694	1737	1779	1821	1864	1906	1948	2032	2074
7.5	2453	1886	1937	1989	2041	2092	2144	2196	2247	2299	2350	2402	2504	2556
8.0	2953	2277	2339	2400	2462	2524	2585	2647	2708	2770	2831	2892	3014	3076
8.5	3458	2674	2745	2817	2889	2960	3032	3103	3174	3246	3317	3387	3528	3598
9.0	3940	3059	3140	3222	3303	3385	3465	3546	3626	3706	3784	3862	4012	4083
9.5	4306	3423	3514	3604	3694	3784	3866	3948	4031	4113	4177	4242	4353	4400
10.0	4532	3760	3853	3945	4037	4130	4199	4268	4337	4406	4448	4490	4557	4582
10.5	4659	4070	4154	4237	4320	4403	4451	4498	4545	4592	4615	4637	4671	4683
11.0	4742	4331	4398	4466	4534	4602	4629	4657	4685	4713	4723	4733	4748	4754
11.5	4800	4532	4580	4628	4676	4723	4738	4753	4768	4782	4788	4794	4803	4806
12.0	4829	4647	4680	4714	4747	4780	4789	4799	4809	4818	4822	4826	4830	4832
12.5	4839	4698	4725	4751	4777	4803	4810	4817	4824	4831	4834	4836	4840	4840
13.0	4841	4724	4745	4767	4789	4811	4817	4823	4829	4835	4837	4839	4842	4842
13.5	4841	4731	4752	4774	4795	4817	4822	4827	4833	4838	4839	4840	4842	4842
14.0	4840	4746	4765	4783	4801	4820	4824	4828	4833	4837	4838	4839	4840	4841
14.5	4834	4754	4770	4786	4801	4817	4820	4824	4828	4831	4832	4833	4835	4835
15.0	4819	4744	4758	4773	4787	4801	4805	4808	4812	4816	4817	4818	4820	4820
15.5	4798	4728	4741	4754	4767	4781	4784	4788	4791	4794	4796	4797	4798	4799
16.0	4773	4707	4719	4732	4744	4756	4759	4763	4766	4770	4771	4772	4774	4774
16.5	4746	4685	4696	4708	4719	4730	4734	4737	4740	4743	4744	4745	4747	4748
17.0	4720	4664	4674	4684	4695	4705	4708	4710	4713	4716	4717	4718	4720	4720
17.5	4693	4637	4648	4658	4668	4679	4681	4684	4687	4690	4691	4692	4694	4694
18.0	4666	4620	4629	4637	4646	4654	4656	4659	4661	4664	4664	4665	4667	4668
18.5	4640	4604	4611	4617	4623	4630	4632	4634	4636	4638	4638	4639	4640	4641
19.0	4617	4584	4589	4595	4600	4606	4608	4610	4612	4614	4615	4616	4618	4618
19.5	4598	4574	4578	4582	4586	4590	4592	4593	4595	4596	4597	4597	4598	4599
20.0	4575	4548	4552	4555	4559	4563	4565	4567	4569	4571	4572	4573	4576	4577

7.5 Ct Values, Sound Optimized Mode SO3

Air density kg/m ³														
Wind speed [m/s]	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	0.914	0.912	0.913	0.913	0.914	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.914	0.913	0.913
3.5	0.888	0.894	0.893	0.893	0.893	0.892	0.892	0.891	0.891	0.891	0.890	0.889	0.888	0.887
4.0	0.851	0.857	0.856	0.856	0.855	0.854	0.854	0.853	0.853	0.852	0.852	0.852	0.851	0.850
4.5	0.822	0.823	0.823	0.823	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822
5.0	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801
5.5	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797
6.0	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797
6.5	0.798	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.798	0.798	0.798	0.798	0.798
7.0	0.801	0.803	0.803	0.803	0.803	0.802	0.802	0.802	0.802	0.802	0.801	0.801	0.801	0.800
7.5	0.792	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.793	0.793	0.793	0.793	0.792	0.792	0.792	0.791
8.0	0.769	0.772	0.771	0.771	0.771	0.771	0.770	0.770	0.770	0.770	0.769	0.769	0.768	0.768
8.5	0.720	0.723	0.723	0.722	0.722	0.722	0.722	0.721	0.721	0.721	0.720	0.720	0.719	0.718
9.0	0.670	0.676	0.676	0.676	0.676	0.675	0.675	0.675	0.674	0.674	0.672	0.671	0.667	0.663
9.5	0.594	0.622	0.621	0.621	0.621	0.620	0.618	0.616	0.613	0.611	0.605	0.600	0.585	0.576
10.0	0.508	0.562	0.560	0.559	0.557	0.556	0.551	0.545	0.540	0.535	0.526	0.517	0.497	0.487
10.5	0.431	0.506	0.502	0.499	0.495	0.491	0.483	0.476	0.468	0.460	0.450	0.440	0.421	0.412
11.0	0.368	0.454	0.448	0.442	0.436	0.431	0.422	0.413	0.404	0.395	0.386	0.377	0.360	0.352
11.5	0.319	0.405	0.397	0.390	0.383	0.376	0.367	0.359	0.350	0.342	0.334	0.327	0.312	0.305
12.0	0.278	0.357	0.349	0.342	0.335	0.328	0.320	0.313	0.305	0.298	0.291	0.285	0.272	0.266
12.5	0.244	0.313	0.306	0.300	0.293	0.286	0.280	0.274	0.267	0.261	0.255	0.249	0.239	0.234
13.0	0.215	0.276	0.270	0.264	0.258	0.252	0.246	0.241	0.235	0.230	0.225	0.220	0.211	0.206
13.5	0.191	0.244	0.239	0.234	0.229	0.223	0.219	0.214	0.209	0.204	0.200	0.195	0.187	0.183
14.0	0.171	0.218	0.213	0.208	0.204	0.199	0.195	0.191	0.186	0.182	0.178	0.174	0.167	0.164
14.5	0.153	0.195	0.191	0.187	0.183	0.178	0.175	0.171	0.167	0.163	0.160	0.156	0.150	0.147
15.0	0.138	0.175	0.171	0.168	0.164	0.160	0.157	0.153	0.150	0.147	0.144	0.141	0.135	0.133
15.5	0.124	0.158	0.154	0.151	0.148	0.144	0.141	0.138	0.135	0.132	0.130	0.127	0.122	0.120
16.0	0.113	0.143	0.140	0.137	0.134	0.130	0.128	0.125	0.122	0.120	0.117	0.115	0.111	0.109
16.5	0.102	0.129	0.127	0.124	0.121	0.118	0.116	0.114	0.111	0.109	0.107	0.105	0.101	0.099
17.0	0.093	0.118	0.115	0.113	0.110	0.108	0.106	0.103	0.101	0.099	0.097	0.095	0.092	0.090
17.5	0.086	0.108	0.106	0.104	0.101	0.099	0.097	0.095	0.093	0.091	0.089	0.088	0.084	0.083
18.0	0.079	0.099	0.097	0.095	0.093	0.091	0.089	0.087	0.085	0.084	0.082	0.080	0.077	0.076
18.5	0.073	0.091	0.089	0.087	0.085	0.084	0.082	0.080	0.079	0.077	0.075	0.074	0.071	0.070
19.0	0.067	0.084	0.082	0.080	0.078	0.077	0.075	0.074	0.072	0.071	0.069	0.068	0.066	0.064
19.5	0.062	0.078	0.076	0.074	0.073	0.071	0.070	0.068	0.067	0.065	0.064	0.063	0.061	0.060
20.0	0.057	0.072	0.070	0.069	0.067	0.066	0.064	0.063	0.062	0.061	0.060	0.058	0.056	0.055

7.6 Sound Curves, Sound Optimized Mode SO3

Sound Power Level at Hub Height	
Conditions for Sound Power Level:	Measurement standard IEC 61400-11 ed. 3 Maximum turbulence at hub height: 30% Inflow angle (vertical): 0 ±2° Air density: 1.225 kg/m ³
Wind speed at hub height [m/s]	Sound Power Level at Hub Height [dBA] Sound Optimized Mode SO3 (Blades with serrated trailing edge)
3	93.5
4	93.7
5	94.3
6	97.3
7	100.2
8	101.0
9	101.0
10	101.0
11	101.0
12	101.0
13	101.0
14	101.0
15	101.0
16	101.0
17	101.0
18	101.0
19	101.0
20	101.0

7.7 Power Curves, Sound Optimized Mode SO4

Air density [kg/m ³]														
Wind speed [m/s]	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	27	9	10	12	13	14	16	18	20	21	23	25	29	32
3.5	144	91	95	100	105	110	115	120	125	129	134	139	149	153
4.0	289	205	212	220	228	235	243	251	258	266	274	281	297	304
4.5	464	341	352	363	375	386	397	408	419	430	441	452	475	486
5.0	669	502	517	532	547	563	578	593	608	624	639	654	685	700
5.5	919	693	714	734	755	775	796	816	837	857	878	898	940	960
6.0	1220	926	953	979	1006	1033	1060	1087	1114	1140	1167	1194	1247	1274
6.5	1575	1201	1235	1269	1303	1337	1371	1405	1439	1473	1507	1541	1608	1642
7.0	1986	1522	1564	1606	1649	1691	1733	1776	1818	1860	1902	1944	2028	2070
7.5	2437	1874	1925	1977	2028	2079	2131	2182	2233	2284	2335	2386	2488	2539
8.0	2909	2243	2304	2365	2426	2486	2547	2607	2668	2728	2789	2849	2970	3030
8.5	3367	2602	2672	2742	2811	2881	2951	3020	3090	3160	3229	3298	3435	3504
9.0	3783	2932	3011	3089	3167	3246	3323	3401	3478	3556	3632	3708	3854	3924
9.5	4086	3219	3304	3390	3475	3560	3641	3722	3803	3884	3951	4019	4138	4190
10.0	4294	3496	3586	3675	3764	3854	3927	4001	4074	4147	4196	4245	4327	4359
10.5	4434	3770	3855	3941	4027	4113	4171	4228	4286	4344	4374	4404	4451	4469
11.0	4519	3996	4072	4148	4224	4299	4342	4384	4427	4469	4486	4502	4527	4536
11.5	4548	4117	4185	4254	4322	4390	4421	4453	4484	4515	4526	4537	4554	4559
12.0	4556	4182	4244	4306	4368	4430	4455	4480	4505	4530	4539	4548	4560	4564
12.5	4559	4228	4285	4341	4398	4454	4475	4496	4517	4538	4545	4552	4563	4566
13.0	4562	4274	4324	4375	4425	4476	4492	4509	4526	4543	4549	4555	4565	4568
13.5	4566	4308	4352	4396	4440	4484	4501	4517	4534	4550	4555	4560	4568	4570
14.0	4566	4347	4385	4423	4461	4500	4513	4526	4540	4553	4558	4562	4568	4570
14.5	4561	4372	4405	4438	4471	4504	4516	4528	4539	4551	4554	4558	4563	4564
15.0	4547	4374	4404	4434	4464	4494	4504	4515	4526	4536	4540	4544	4549	4550
15.5	4526	4368	4396	4423	4450	4477	4487	4497	4506	4516	4519	4523	4527	4529
16.0	4502	4360	4384	4409	4433	4458	4466	4475	4484	4492	4496	4498	4503	4504
16.5	4475	4352	4373	4394	4415	4436	4444	4452	4460	4467	4470	4473	4476	4478
17.0	4449	4347	4364	4382	4399	4417	4423	4430	4436	4442	4445	4447	4450	4452
17.5	4424	4322	4340	4358	4377	4395	4400	4406	4412	4418	4420	4422	4425	4426
18.0	4397	4319	4333	4347	4361	4375	4379	4384	4388	4392	4394	4396	4398	4399
18.5	4371	4314	4324	4334	4344	4354	4358	4361	4364	4367	4368	4370	4371	4372
19.0	4348	4303	4310	4318	4326	4333	4336	4339	4341	4344	4345	4346	4348	4349
19.5	4329	4298	4304	4309	4314	4320	4321	4323	4325	4327	4328	4328	4330	4330
20.0	4316	4296	4299	4303	4307	4310	4312	4313	4314	4315	4316	4316	4317	4317



7.8 Ct Values, Sound Optimized Mode SO4

Air density kg/m ³														
Wind speed [m/s]	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	0.914	0.912	0.913	0.913	0.914	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.914	0.913	0.913
3.5	0.888	0.894	0.893	0.893	0.893	0.892	0.892	0.891	0.891	0.891	0.890	0.889	0.888	0.887
4.0	0.851	0.857	0.856	0.856	0.855	0.854	0.854	0.853	0.853	0.852	0.852	0.852	0.851	0.850
4.5	0.822	0.823	0.823	0.823	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822
5.0	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801
5.5	0.798	0.797	0.797	0.797	0.798	0.798	0.798	0.798	0.798	0.798	0.798	0.798	0.798	0.798
6.0	0.803	0.804	0.804	0.804	0.804	0.804	0.804	0.804	0.804	0.804	0.803	0.803	0.803	0.803
6.5	0.802	0.803	0.803	0.803	0.803	0.803	0.803	0.803	0.803	0.802	0.802	0.802	0.802	0.802
7.0	0.798	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.798	0.798
7.5	0.784	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.784	0.784	0.784
8.0	0.749	0.751	0.751	0.751	0.751	0.750	0.750	0.750	0.750	0.749	0.749	0.749	0.748	0.748
8.5	0.692	0.694	0.694	0.694	0.694	0.693	0.693	0.693	0.693	0.692	0.692	0.692	0.691	0.691
9.0	0.630	0.633	0.633	0.633	0.633	0.632	0.632	0.632	0.632	0.631	0.631	0.630	0.628	0.626
9.5	0.549	0.563	0.563	0.563	0.563	0.563	0.562	0.561	0.560	0.559	0.555	0.552	0.543	0.537
10.0	0.472	0.504	0.504	0.503	0.503	0.502	0.499	0.496	0.493	0.490	0.484	0.478	0.464	0.456
10.5	0.405	0.456	0.454	0.452	0.450	0.448	0.443	0.438	0.433	0.428	0.420	0.413	0.397	0.389
11.0	0.349	0.410	0.407	0.403	0.400	0.396	0.390	0.384	0.378	0.371	0.364	0.356	0.341	0.334
11.5	0.301	0.361	0.357	0.353	0.349	0.346	0.339	0.333	0.327	0.321	0.314	0.308	0.295	0.288
12.0	0.262	0.316	0.312	0.309	0.305	0.301	0.296	0.290	0.284	0.279	0.273	0.267	0.256	0.251
12.5	0.229	0.278	0.275	0.271	0.268	0.264	0.259	0.254	0.249	0.244	0.239	0.234	0.225	0.220
13.0	0.202	0.247	0.244	0.240	0.237	0.233	0.229	0.224	0.220	0.215	0.211	0.207	0.198	0.194
13.5	0.180	0.221	0.218	0.214	0.211	0.207	0.203	0.200	0.196	0.192	0.188	0.184	0.177	0.173
14.0	0.161	0.199	0.195	0.192	0.189	0.186	0.182	0.178	0.175	0.171	0.168	0.164	0.158	0.155
14.5	0.145	0.179	0.176	0.173	0.170	0.167	0.164	0.160	0.157	0.154	0.151	0.148	0.142	0.139
15.0	0.130	0.161	0.159	0.156	0.153	0.150	0.147	0.144	0.141	0.138	0.136	0.133	0.128	0.125
15.5	0.118	0.146	0.143	0.141	0.138	0.135	0.133	0.130	0.127	0.125	0.122	0.120	0.115	0.113
16.0	0.106	0.132	0.130	0.127	0.125	0.122	0.120	0.118	0.115	0.113	0.111	0.109	0.104	0.102
16.5	0.097	0.120	0.118	0.116	0.114	0.111	0.109	0.107	0.105	0.103	0.101	0.099	0.095	0.093
17.0	0.088	0.110	0.108	0.106	0.104	0.102	0.100	0.098	0.096	0.094	0.092	0.090	0.087	0.085
17.5	0.081	0.101	0.099	0.097	0.095	0.093	0.092	0.090	0.088	0.086	0.084	0.083	0.080	0.078
18.0	0.075	0.093	0.091	0.089	0.088	0.086	0.084	0.082	0.081	0.079	0.077	0.076	0.073	0.072
18.5	0.069	0.086	0.084	0.082	0.081	0.079	0.077	0.076	0.074	0.073	0.071	0.070	0.067	0.066
19.0	0.063	0.079	0.077	0.076	0.074	0.072	0.071	0.070	0.068	0.067	0.065	0.064	0.062	0.061
19.5	0.058	0.073	0.072	0.070	0.069	0.067	0.066	0.064	0.063	0.062	0.061	0.060	0.057	0.056
20.0	0.054	0.068	0.067	0.065	0.064	0.062	0.061	0.060	0.059	0.057	0.056	0.055	0.053	0.052

7.9 Sound Curves, Sound Optimized Mode SO4

Sound Power Level at Hub Height	
Conditions for Sound Power Level:	Measurement standard IEC 61400-11 ed. 3 Maximum turbulence at hub height: 30% Inflow angle (vertical): 0 ±2° Air density: 1.225 kg/m ³
Wind speed at hub height [m/s]	Sound Power Level at Hub Height [dBA] Sound Optimized Mode SO4 (Blades with serrated trailing edge)
3	93.5
4	93.7
5	94.3
6	97.3
7	99.7
8	100.0
9	100.0
10	100.0
11	100.0
12	100.0
13	100.0
14	100.0
15	100.0
16	100.0
17	100.0
18	100.0
19	100.0
20	100.0

7.10 Power Curves, Sound Optimized Mode SO5

Wind speed [m/s]	Air density [kg/m ³]													
	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	27	9	10	12	13	14	16	18	20	21	23	25	29	32
3.5	144	91	95	100	105	110	115	120	125	129	134	139	149	153
4.0	289	205	212	220	228	235	243	251	258	266	274	281	297	304
4.5	464	341	352	363	375	386	397	408	419	430	441	452	475	486
5.0	669	502	517	532	547	563	578	593	608	624	639	654	685	700
5.5	919	693	714	734	755	775	796	816	837	857	878	899	940	960
6.0	1220	926	952	979	1006	1032	1059	1086	1113	1140	1166	1193	1247	1274
6.5	1570	1198	1232	1266	1299	1333	1367	1401	1435	1469	1502	1536	1603	1637
7.0	1968	1509	1551	1593	1635	1677	1718	1760	1802	1844	1885	1927	2010	2051
7.5	2386	1835	1886	1936	1986	2036	2086	2136	2186	2236	2286	2336	2436	2486
8.0	2788	2147	2205	2264	2322	2380	2439	2497	2555	2613	2671	2730	2846	2904
8.5	3160	2438	2503	2569	2635	2701	2767	2833	2898	2964	3029	3095	3225	3290
9.0	3480	2693	2765	2837	2909	2980	3052	3124	3195	3267	3338	3409	3550	3620
9.5	3719	2891	2968	3044	3121	3198	3274	3350	3425	3501	3574	3646	3783	3848
10.0	3888	3047	3127	3208	3288	3369	3447	3525	3603	3681	3750	3819	3943	3998
10.5	3984	3155	3238	3320	3403	3486	3564	3642	3720	3798	3860	3922	4030	4075
11.0	4029	3234	3319	3404	3488	3573	3646	3719	3792	3864	3919	3974	4071	4112
11.5	4069	3302	3386	3471	3556	3641	3710	3779	3848	3917	3968	4018	4105	4141
12.0	4106	3375	3458	3542	3625	3708	3773	3838	3903	3968	4014	4060	4135	4164
12.5	4138	3455	3536	3617	3698	3779	3839	3899	3959	4019	4059	4099	4161	4184
13.0	4162	3531	3608	3686	3764	3841	3896	3952	4007	4063	4096	4129	4180	4198
13.5	4171	3594	3666	3738	3810	3882	3932	3983	4034	4084	4113	4142	4188	4205
14.0	4185	3652	3720	3789	3857	3926	3972	4019	4065	4111	4136	4161	4200	4214
14.5	4199	3713	3778	3842	3907	3972	4013	4054	4096	4137	4158	4178	4211	4223
15.0	4209	3773	3834	3896	3957	4018	4053	4088	4124	4159	4176	4192	4218	4228
15.5	4219	3839	3895	3951	4007	4063	4092	4121	4150	4180	4193	4206	4227	4234
16.0	4228	3909	3958	4007	4056	4105	4128	4152	4175	4198	4208	4218	4234	4240
16.5	4237	3978	4019	4060	4102	4143	4161	4178	4196	4213	4221	4229	4241	4246
17.0	4244	4041	4074	4107	4140	4174	4187	4200	4213	4226	4232	4238	4246	4249
17.5	4246	4074	4102	4130	4157	4185	4197	4209	4221	4233	4237	4242	4249	4251
18.0	4251	4122	4144	4166	4188	4209	4218	4226	4234	4242	4245	4248	4252	4253
18.5	4253	4164	4179	4195	4211	4226	4232	4237	4242	4248	4250	4251	4254	4254
19.0	4253	4189	4200	4211	4222	4234	4237	4241	4245	4248	4250	4251	4253	4254
19.5	4254	4212	4220	4227	4234	4242	4244	4247	4249	4252	4253	4253	4254	4255
20.0	4255	4228	4232	4237	4242	4247	4249	4250	4252	4254	4254	4255	4255	4255

Original Instruction: T05 0098-0840 VER 05

T05 0098-0840 Ver 05 - Approved- Exported from DMS: 2023-10-06 by SIMGT

7.11 Ct Values, Sound Optimized Mode SO5

Air density kg/m ³														
Wind speed [m/s]	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	0.914	0.912	0.913	0.913	0.914	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.914	0.913	0.913
3.5	0.888	0.894	0.893	0.893	0.893	0.892	0.892	0.891	0.891	0.891	0.890	0.889	0.888	0.887
4.0	0.851	0.857	0.856	0.856	0.855	0.854	0.854	0.853	0.853	0.852	0.852	0.852	0.851	0.850
4.5	0.822	0.823	0.823	0.823	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822
5.0	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801
5.5	0.799	0.798	0.798	0.798	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799
6.0	0.803	0.803	0.803	0.804	0.804	0.804	0.804	0.803	0.803	0.803	0.803	0.803	0.803	0.803
6.5	0.797	0.798	0.798	0.798	0.798	0.798	0.798	0.798	0.798	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797
7.0	0.786	0.788	0.788	0.787	0.787	0.787	0.787	0.787	0.787	0.787	0.787	0.786	0.786	0.786
7.5	0.754	0.756	0.756	0.756	0.756	0.756	0.756	0.755	0.755	0.755	0.755	0.755	0.754	0.754
8.0	0.703	0.705	0.705	0.705	0.704	0.704	0.704	0.704	0.704	0.704	0.703	0.703	0.703	0.703
8.5	0.633	0.635	0.635	0.635	0.634	0.634	0.634	0.634	0.634	0.633	0.633	0.633	0.633	0.633
9.0	0.554	0.555	0.555	0.555	0.555	0.555	0.554	0.554	0.554	0.554	0.554	0.554	0.553	0.553
9.5	0.481	0.484	0.484	0.484	0.483	0.483	0.483	0.483	0.483	0.483	0.482	0.481	0.479	0.477
10.0	0.416	0.422	0.422	0.422	0.422	0.422	0.421	0.421	0.420	0.420	0.419	0.417	0.413	0.409
10.5	0.358	0.367	0.367	0.367	0.367	0.367	0.366	0.365	0.365	0.364	0.362	0.360	0.354	0.350
11.0	0.307	0.320	0.320	0.320	0.320	0.319	0.318	0.317	0.316	0.315	0.312	0.310	0.304	0.301
11.5	0.267	0.281	0.281	0.281	0.280	0.280	0.279	0.277	0.276	0.275	0.272	0.270	0.264	0.261
12.0	0.235	0.250	0.249	0.249	0.249	0.248	0.247	0.245	0.244	0.242	0.240	0.237	0.232	0.228
12.5	0.208	0.224	0.224	0.223	0.222	0.222	0.220	0.219	0.217	0.215	0.213	0.210	0.205	0.202
13.0	0.185	0.203	0.202	0.201	0.200	0.199	0.198	0.196	0.194	0.192	0.190	0.187	0.182	0.179
13.5	0.165	0.183	0.182	0.181	0.180	0.179	0.177	0.175	0.174	0.172	0.170	0.167	0.162	0.160
14.0	0.148	0.166	0.165	0.164	0.163	0.162	0.160	0.158	0.157	0.155	0.153	0.150	0.146	0.143
14.5	0.133	0.152	0.151	0.150	0.148	0.147	0.145	0.144	0.142	0.140	0.138	0.136	0.131	0.129
15.0	0.121	0.139	0.138	0.137	0.136	0.134	0.133	0.131	0.129	0.127	0.125	0.123	0.119	0.117
15.5	0.110	0.128	0.127	0.126	0.124	0.123	0.121	0.119	0.118	0.116	0.114	0.112	0.108	0.106
16.0	0.100	0.119	0.117	0.116	0.115	0.113	0.111	0.110	0.108	0.106	0.104	0.102	0.099	0.097
16.5	0.092	0.110	0.109	0.107	0.106	0.104	0.102	0.101	0.099	0.097	0.095	0.094	0.090	0.089
17.0	0.084	0.103	0.101	0.099	0.098	0.096	0.094	0.093	0.091	0.089	0.088	0.086	0.083	0.081
17.5	0.078	0.096	0.094	0.092	0.091	0.089	0.088	0.086	0.084	0.083	0.081	0.080	0.077	0.075
18.0	0.072	0.089	0.088	0.086	0.084	0.083	0.081	0.080	0.078	0.076	0.075	0.074	0.071	0.070
18.5	0.067	0.083	0.082	0.080	0.078	0.077	0.075	0.074	0.072	0.071	0.069	0.068	0.066	0.064
19.0	0.062	0.077	0.076	0.074	0.072	0.071	0.069	0.068	0.067	0.065	0.064	0.063	0.061	0.060
19.5	0.057	0.072	0.070	0.069	0.067	0.066	0.065	0.063	0.062	0.061	0.060	0.059	0.056	0.055
20.0	0.054	0.067	0.066	0.064	0.063	0.061	0.060	0.059	0.058	0.057	0.056	0.055	0.053	0.052

Original Instruction: T05 0098-0840 VER 05

T05 0098-0840 Ver 05 - Approved- Exported from DMS: 2023-10-06 by SIMGT

7.12 Sound Curves, Sound Optimized Mode SO5

Sound Power Level at Hub Height	
Conditions for Sound Power Level:	Measurement standard IEC 61400-11 ed. 3 Maximum turbulence at hub height: 30% Inflow angle (vertical): 0 ±2° Air density: 1.225 kg/m ³
Wind speed at hub height [m/s]	Sound Power Level at Hub Height [dBA] Sound Optimized Mode SO5 (Blades with serrated trailing edge)
3	93.5
4	93.7
5	94.3
6	97.2
7	99.0
8	99.0
9	99.0
10	99.0
11	99.0
12	99.0
13	99.0
14	99.0
15	99.0
16	99.0
17	99.0
18	99.0
19	99.0
20	99.0

7.13 Power Curves, Sound Optimized Mode SO6

Air density [kg/m ³]														
Wind speed [m/s]	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	27	9	10	12	13	14	16	18	20	21	23	25	29	32
3.5	144	91	95	100	105	110	115	120	125	129	134	139	149	153
4.0	289	205	212	220	228	235	243	251	258	266	274	281	297	304
4.5	464	341	352	363	375	386	397	408	419	430	441	452	475	486
5.0	669	502	517	532	547	563	578	593	608	624	639	654	685	700
5.5	919	693	714	734	755	775	796	817	837	858	878	899	940	960
6.0	1219	925	952	978	1005	1032	1059	1085	1112	1139	1165	1192	1245	1272
6.5	1559	1190	1224	1257	1291	1325	1358	1392	1425	1459	1492	1526	1592	1626
7.0	1928	1479	1520	1561	1602	1642	1683	1724	1765	1806	1847	1887	1969	2010
7.5	2278	1751	1799	1847	1895	1943	1991	2039	2087	2134	2182	2230	2326	2374
8.0	2603	2004	2058	2113	2168	2222	2277	2331	2386	2440	2495	2549	2658	2712
8.5	2881	2225	2285	2345	2404	2464	2524	2583	2643	2702	2762	2821	2939	2998
9.0	3097	2398	2462	2526	2590	2654	2717	2781	2845	2909	2972	3034	3157	3217
9.5	3237	2522	2588	2656	2722	2790	2856	2922	2988	3054	3115	3176	3290	3342
10.0	3324	2608	2676	2745	2814	2883	2950	3017	3083	3150	3208	3266	3369	3414
10.5	3379	2675	2745	2816	2886	2956	3023	3089	3155	3222	3274	3326	3419	3459
11.0	3412	2737	2809	2881	2952	3024	3086	3147	3209	3270	3318	3365	3449	3485
11.5	3454	2808	2879	2951	3022	3094	3152	3209	3267	3325	3368	3411	3486	3517
12.0	3492	2880	2950	3020	3090	3160	3214	3268	3322	3376	3414	3453	3517	3541
12.5	3519	2947	3014	3082	3150	3218	3268	3318	3368	3418	3451	3485	3538	3557
13.0	3538	3008	3072	3137	3201	3266	3312	3359	3406	3453	3481	3510	3554	3569
13.5	3546	3065	3124	3184	3244	3303	3346	3388	3431	3473	3498	3522	3561	3575
14.0	3561	3125	3181	3238	3294	3351	3389	3426	3464	3502	3522	3541	3573	3586
14.5	3575	3188	3240	3293	3346	3398	3431	3463	3495	3527	3543	3559	3585	3595
15.0	3588	3256	3304	3352	3400	3449	3475	3501	3527	3553	3565	3576	3595	3602
15.5	3599	3327	3369	3410	3452	3493	3513	3533	3553	3572	3581	3590	3604	3609
16.0	3607	3394	3428	3462	3496	3530	3545	3559	3573	3587	3594	3600	3610	3614
16.5	3613	3453	3479	3505	3532	3558	3568	3578	3588	3598	3603	3608	3615	3617
17.0	3617	3504	3523	3541	3560	3579	3586	3593	3601	3608	3611	3614	3618	3620
17.5	3619	3528	3543	3559	3575	3590	3596	3602	3608	3613	3615	3617	3620	3621
18.0	3621	3560	3571	3582	3593	3604	3607	3611	3614	3618	3619	3620	3622	3622
18.5	3622	3584	3592	3599	3606	3613	3615	3617	3619	3620	3621	3621	3622	3622
19.0	3622	3595	3600	3605	3610	3614	3616	3617	3619	3620	3621	3621	3622	3622
19.5	3622	3606	3609	3612	3615	3618	3619	3620	3621	3622	3622	3622	3622	3622
20.0	3622	3613	3615	3617	3618	3620	3621	3621	3622	3622	3622	3622	3622	3622

7.14 Ct Values, Sound Optimized Mode SO6

Air density kg/m ³														
Wind speed [m/s]	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	0.914	0.912	0.913	0.913	0.914	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.914	0.913	0.913
3.5	0.888	0.894	0.893	0.893	0.893	0.892	0.892	0.891	0.891	0.890	0.890	0.889	0.888	0.887
4.0	0.851	0.857	0.856	0.856	0.855	0.854	0.854	0.853	0.853	0.852	0.852	0.852	0.851	0.850
4.5	0.822	0.823	0.823	0.823	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822
5.0	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801
5.5	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
6.0	0.802	0.802	0.802	0.802	0.802	0.802	0.802	0.802	0.802	0.802	0.802	0.802	0.802	0.802
6.5	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.788	0.788
7.0	0.757	0.758	0.758	0.758	0.758	0.758	0.758	0.758	0.758	0.758	0.757	0.757	0.757	0.757
7.5	0.702	0.704	0.704	0.703	0.703	0.703	0.703	0.703	0.703	0.703	0.703	0.703	0.702	0.702
8.0	0.627	0.629	0.629	0.628	0.628	0.628	0.628	0.628	0.627	0.627	0.627	0.627	0.626	0.626
8.5	0.542	0.544	0.544	0.544	0.544	0.544	0.543	0.543	0.543	0.543	0.543	0.543	0.542	0.542
9.0	0.468	0.469	0.469	0.469	0.469	0.469	0.469	0.468	0.468	0.468	0.468	0.468	0.467	0.466
9.5	0.402	0.406	0.406	0.406	0.405	0.405	0.405	0.405	0.405	0.404	0.404	0.403	0.400	0.398
10.0	0.344	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.349	0.349	0.349	0.348	0.347	0.346	0.342	0.339
10.5	0.296	0.304	0.304	0.304	0.304	0.303	0.303	0.302	0.302	0.301	0.300	0.298	0.293	0.290
11.0	0.256	0.266	0.266	0.266	0.266	0.266	0.265	0.264	0.263	0.262	0.260	0.258	0.253	0.250
11.5	0.224	0.236	0.236	0.236	0.235	0.235	0.234	0.233	0.231	0.230	0.228	0.226	0.222	0.219
12.0	0.198	0.212	0.211	0.211	0.210	0.210	0.208	0.207	0.206	0.204	0.202	0.200	0.195	0.193
12.5	0.176	0.190	0.190	0.189	0.188	0.188	0.186	0.185	0.183	0.182	0.180	0.178	0.173	0.170
13.0	0.157	0.172	0.171	0.170	0.170	0.169	0.167	0.166	0.164	0.163	0.161	0.159	0.154	0.152
13.5	0.140	0.156	0.155	0.154	0.153	0.152	0.150	0.149	0.147	0.146	0.144	0.142	0.138	0.135
14.0	0.126	0.142	0.141	0.140	0.139	0.138	0.137	0.135	0.133	0.132	0.130	0.128	0.124	0.122
14.5	0.114	0.131	0.129	0.128	0.127	0.126	0.124	0.123	0.121	0.120	0.118	0.116	0.112	0.110
15.0	0.103	0.120	0.119	0.118	0.117	0.116	0.114	0.112	0.110	0.109	0.107	0.105	0.102	0.100
15.5	0.094	0.112	0.110	0.109	0.108	0.106	0.104	0.103	0.101	0.099	0.098	0.096	0.092	0.091
16.0	0.086	0.104	0.102	0.101	0.099	0.098	0.096	0.094	0.093	0.091	0.089	0.088	0.084	0.083
16.5	0.079	0.096	0.095	0.093	0.092	0.090	0.088	0.087	0.085	0.083	0.082	0.080	0.077	0.076
17.0	0.072	0.090	0.088	0.086	0.085	0.083	0.081	0.080	0.078	0.077	0.075	0.074	0.071	0.070
17.5	0.067	0.083	0.082	0.080	0.079	0.077	0.076	0.074	0.073	0.071	0.070	0.068	0.066	0.065
18.0	0.062	0.078	0.076	0.074	0.073	0.071	0.070	0.068	0.067	0.066	0.064	0.063	0.061	0.060
18.5	0.057	0.072	0.071	0.069	0.068	0.066	0.065	0.063	0.062	0.061	0.060	0.059	0.056	0.055
19.0	0.053	0.067	0.065	0.064	0.062	0.061	0.060	0.059	0.057	0.056	0.055	0.054	0.052	0.051
19.5	0.049	0.062	0.061	0.059	0.058	0.057	0.056	0.055	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048
20.0	0.046	0.058	0.057	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.045	0.045

Original Instruction: T05 0098-0840 VER 05

T05 0098-0840 Ver 05 - Approved- Exported from DMS: 2023-10-06 by SIMGT

7.15 Sound Curves, Sound Optimized Mode SO6

Sound Power Level at Hub Height	
Conditions for Sound Power Level:	Measurement standard IEC 61400-11 ed. 3 Maximum turbulence at hub height: 30% Inflow angle (vertical): 0 ±2° Air density: 1.225 kg/m ³
Wind speed at hub height [m/s]	Sound Power Level at Hub Height [dBA] Sound Optimized Mode SO6 (Blades with serrated trailing edge)
3	93.5
4	93.7
5	94.3
6	97.1
7	98.0
8	98.0
9	98.0
10	98.0
11	98.0
12	98.0
13	98.0
14	98.0
15	98.0
16	98.0
17	98.0
18	98.0
19	98.0
20	98.0

Original Instruction: T05 0098-0840 VER 05

T05 0098-0840 Ver 05 - Approved- Exported from DMS: 2023-10-06 by SIMGT

9. Studio di producibilità e calcolo delle perdite attese

PARK - Main Result

Calculation: V162 6MW

Wake Model N.O. Jensen (RISØ/EMD)

Calculation performed in UTM (north)-WGS84 Zone: 33
At the site centre the difference between grid north and true north is: 0,4°

Power curve correction method
New windPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>
Air density calculation method
Height dependent, temperature from climate station
Station: FOGGIA ITALY V3 2014
Base temperature: 15,5 °C at 101,0 m
Base pressure: 1013,3 hPa at 0,0 m
Air density for Site center in key hub height: 30,0 m + 119,0 m = 1,203 kg/m³ -> 98,2 % of Std
Relative humidity: 0,0 %

Wake Model Parameters
Wake decay constant 0,075 DTU default onshore

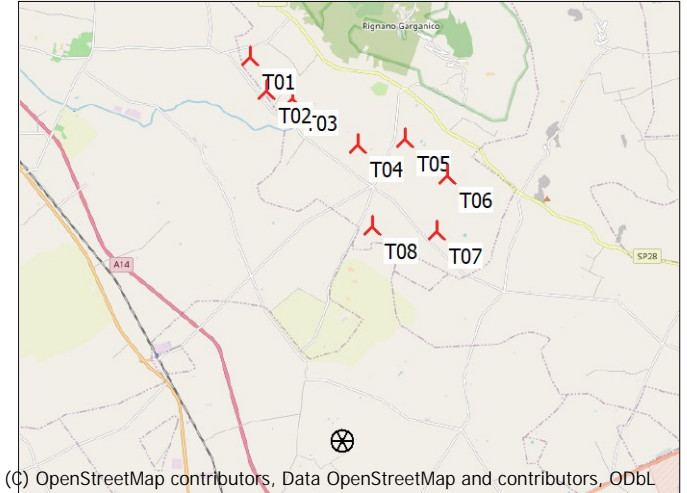
RIX correction used

Omnidirectional displacement height from objects

Wake calculation settings
Angle [°] Wind speed [m/s]
start end step start end step
0,5 360,0 1,0 0,5 30,5 1,0

Wind statistics IT MCP - MCP session (1) - [Regression].wws

WAsP version WAsP 12 Version 12.07.0074



(C) OpenStreetMap contributors, Data OpenStreetMap and contributors, ODbL
Scale 1:250.000
New WTG Site Data

Key results for height 119,0 m above ground level

Terrain UTM (north)-WGS84 Zone: 33

Easting	Northing	Name of wind distribution	Type	Wind energy [kWh/m²]	Mean wind speed [m/s]	Equivalent roughness
A 547.064	4.600.370	Site data: WasP	WAsP (WAsP 12 Version 12.07.0074)	3.407	7,0	1,6

Calculated Annual Energy for Wind Farm

WTG combination	Result PARK [MWh/y]	Result-10,0% [MWh/y]	GROSS (no loss) Free WTGs [MWh/y]	Wake loss [%]	Specific results ^{*)}			Mean wind speed @hub height [m/s]
					Capacity factor [%]	Mean WTG result [MWh/y]	Full load hours [Hours/year]	
Wind farm	154.406,1	138.965,5	160.662,3	3,9	33,0	17.370,7	2.895	6,8

*) Based on Result-10,0%

Calculated Annual Energy for each of 8 new WTGs with total 48,0 MW rated power

WTG	Links	Valid	WTG type Manufact.	Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Power curve Creator Name	Annual Energy			
									Result [MWh/y]	Result-10,0% [MWh/y]	Wake loss [%]	Free mean wind speed [m/s]
T01	A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	19.912,6	17.921	1,2	6,83
T02	A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	19.590,7	17.632	3,6	6,86
T03	A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	19.281,1	17.353	4,6	6,84
T04	A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	19.020,2	17.118	4,7	6,78
T05	A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	18.930,4	17.037	3,4	6,71
T06	A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	18.808,9	16.928	4,9	6,74
T07	A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	19.228,6	17.306	4,9	6,83
T08	A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	19.633,6	17.670	4,0	6,88

WTG siting

UTM (north)-WGS84 Zone: 33

	Easting	Northing	Z [m]	Row data/Description
T01	New 543.919	4.612.986	30,0	VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (31)
T02	New 544.470	4.611.917	30,0	VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (32)
T03	New 545.332	4.611.670	30,0	VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (33)
T04	New 547.487	4.610.136	26,7	VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (34)
T05	New 549.042	4.610.359	28,8	VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (35)
T06	New 550.465	4.609.165	27,8	VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (36)

To be continued on next page...

*) Included in wake losses is influence from 40 WTG(s) in the neighborhood, which has status as "Reference WTGs", see separate report to identify these.

Project:
Rignano

Licensed user:
RAVANO POWER SRL
Via XII Ottobre, 2/91
IT-16121 Genova ge

Antonio / antonio.lucafo@ravanopower.com
Calculated:
10/10/2023 10:20/3.6.377

PARK - Main Result

Calculation: V162 6MW

...continued from previous page

UTM (north)-WGS84 Zone: 33

		Easting	Northing	Z	Row data/Description
				[m]	
T07	New	550.123	4.607.316	28,4	VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (37)
T08	New	547.994	4.607.451	30,0	VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (38)

PARK - Reference WTGs

Calculation: V162 6MW

Wake Model N.O. Jensen (RISØ/EMD)

Calculation performed in UTM (north)-WGS84 Zone: 33
At the site centre the difference between grid north and true north is: 0,4°

Power curve correction method
New windPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>
Air density calculation method
Height dependent, temperature from climate station
Station: FOGGIA ITALY V3 2014
Base temperature: 15,5 °C at 101,0 m
Base pressure: 1013,3 hPa at 0,0 m
Air density for Site center in key hub height: 30,0 m + 119,0 m = 1,203 kg/m³ -> 98,2 % of Std
Relative humidity: 0,0 %

Wake Model Parameters
Wake decay constant 0,075 DTU default onshore

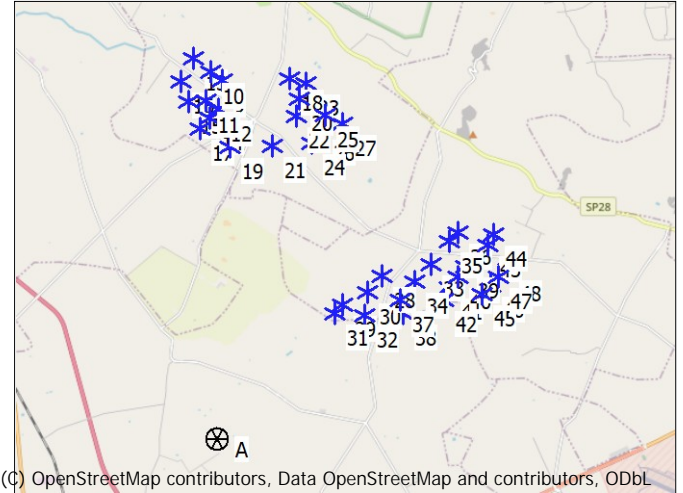
Rix correction used

Omnidirectional displacement height from objects

Wake calculation settings
Angle [°] Wind speed [m/s]
start end step start end step
0,5 360,0 1,0 0,5 30,5 1,0

Wind statistics IT MCP - MCP session (1) - [Regression].wws

WAsP version WAsP 12 Version 12.07.0074



(C) OpenStreetMap contributors, Data OpenStreetMap and contributors, ODbL
Scale 1:200.000
New WTG Existing WTG Site Data

Key results for height 119,0 m above ground level

Terrain UTM (north)-WGS84 Zone: 33

Easting	Northing	Name of wind distribution	Type	Wind energy [kWh/m²]	Mean wind speed [m/s]	Equivalent roughness
A 547.064	4.600.370	Site data: WasP	WAsP (WAsP 12 Version 12.07.0074)	3.407	7,0	1,6

Calculated Annual Energy for reference WTGs

Calculated prod. without new WTGs [MWh/y]	GROSS (no loss) Free WTGs [MWh/y]	Wake loss [%]	Specific results		Full load hours [Hours/year]	Mean wind speed @hub height [m/s]	Actual wind corrected energy [MWh/y]	Goodness Factor [%]
			Capacity factor [%]	Mean WTG result [MWh/y]				
252.299,0	272.056,9	8,8	26,3	6.307,5	2.306	6,3	0,0	

Calculated Annual Energy for each of 40 reference WTGs with total 109,4 MW rated power

Links	Valid	WTG type Manufact.	Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Power curve Creator	Name	Calculated prod. without new WTGs [MWh/y]	Goodness Factor [%]
9 A	Yes	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - - Mode 0 - 07-2009	4.630,9	0
10 A	Yes	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - - Mode 0 - 07-2009	4.754,6	0
11 A	Yes	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - - Mode 0 - 07-2009	4.779,8	0
12 A	Yes	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - - Mode 0 - 07-2009	4.608,8	0
13 A	Yes	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - - Mode 0 - 07-2009	4.979,2	0
14 A	Yes	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - - Mode 0 - 07-2009	4.721,5	0
15 A	Yes	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - - Mode 0 - 07-2009	4.879,6	0
16 A	Yes	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - - Mode 0 - 07-2009	5.035,6	0
17 A	Yes	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - - Mode 0 - 07-2009	4.950,6	0
18 A	Yes	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - - Mode 0 - 07-2009	5.018,4	0
19 A	Yes	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - - Mode 0 - 07-2009	4.893,8	0
20 A	Yes	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - - Mode 0 - 07-2009	4.811,8	0
21 A	Yes	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - - Mode 0 - 07-2009	4.915,5	0
22 A	Yes	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - - Mode 0 - 07-2009	4.868,4	0
23 A	Yes	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - - Mode 0 - 07-2009	4.834,9	0
24 A	Yes	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - - Mode 0 - 07-2009	4.833,2	0
25 A	Yes	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - - Mode 0 - 07-2009	4.655,8	0
26 A	Yes	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - - Mode 0 - 07-2009	4.671,5	0
27 A	Yes	VESTAS	V90-2.000	2.000	90,0	80,0	EMD	Level 0 - - Mode 0 - 07-2009	4.620,3	0
28 A	No	REpower	3.4M-3.400	3.400	104,0	98,0	EMD	Level 0 - Calculated - 3400 kW without trafo losses - 06-2009	7.986,3	0
29 A	No	REpower	3.4M-3.400	3.400	104,0	98,0	EMD	Level 0 - Calculated - 3400 kW without trafo losses - 06-2009	8.045,4	0
30 A	No	REpower	3.4M-3.400	3.400	104,0	98,0	EMD	Level 0 - Calculated - 3400 kW without trafo losses - 06-2009	7.997,9	0
31 A	No	REpower	3.4M-3.400	3.400	104,0	98,0	EMD	Level 0 - Calculated - 3400 kW without trafo losses - 06-2009	8.181,1	0

To be continued on next page...

PARK - Reference WTGs

Calculation: V162 6MW

...continued from previous page

WTG type		Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Power curve Creator	Name	Calculated prod. without new WTGs [MWh/y]	Goodness Factor [%]	
Links	Valid									Manufact.
			[kW]	[m]	[m]					
32 A	No	REpower	3.4M-3.400	3.400	104,0	98,0	EMD	Level 0 - Calculated - 3400 kW without trafo losses - 06-2009	7.722,0	0
33 A	No	REpower	3.4M-3.400	3.400	104,0	98,0	EMD	Level 0 - Calculated - 3400 kW without trafo losses - 06-2009	7.859,0	0
34 A	No	REpower	3.4M-3.400	3.400	104,0	98,0	EMD	Level 0 - Calculated - 3400 kW without trafo losses - 06-2009	7.848,6	0
35 A	No	REpower	3.4M-3.400	3.400	104,0	98,0	EMD	Level 0 - Calculated - 3400 kW without trafo losses - 06-2009	7.744,6	0
36 A	No	REpower	3.4M-3.400	3.400	104,0	98,0	EMD	Level 0 - Calculated - 3400 kW without trafo losses - 06-2009	7.727,9	0
37 A	No	REpower	3.4M-3.400	3.400	104,0	98,0	EMD	Level 0 - Calculated - 3400 kW without trafo losses - 06-2009	7.682,7	0
38 A	No	REpower	3.4M-3.400	3.400	104,0	98,0	EMD	Level 0 - Calculated - 3400 kW without trafo losses - 06-2009	7.527,7	0
39 A	No	REpower	3.4M-3.400	3.400	104,0	98,0	EMD	Level 0 - Calculated - 3400 kW without trafo losses - 06-2009	7.450,6	0
40 A	No	REpower	3.4M-3.400	3.400	104,0	98,0	EMD	Level 0 - Calculated - 3400 kW without trafo losses - 06-2009	7.418,8	0
41 A	No	REpower	3.4M-3.400	3.400	104,0	98,0	EMD	Level 0 - Calculated - 3400 kW without trafo losses - 06-2009	7.488,7	0
42 A	No	REpower	3.4M-3.400	3.400	104,0	98,0	EMD	Level 0 - Calculated - 3400 kW without trafo losses - 06-2009	7.544,2	0
43 A	No	REpower	3.4M-3.400	3.400	104,0	98,0	EMD	Level 0 - Calculated - 3400 kW without trafo losses - 06-2009	7.583,2	0
44 A	No	REpower	3.4M-3.400	3.400	104,0	98,0	EMD	Level 0 - Calculated - 3400 kW without trafo losses - 06-2009	7.744,8	0
45 A	No	REpower	3.4M-3.400	3.400	104,0	98,0	EMD	Level 0 - Calculated - 3400 kW without trafo losses - 06-2009	7.278,9	0
46 A	No	REpower	3.4M-3.400	3.400	104,0	98,0	EMD	Level 0 - Calculated - 3400 kW without trafo losses - 06-2009	7.262,2	0
47 A	No	REpower	3.4M-3.400	3.400	104,0	98,0	EMD	Level 0 - Calculated - 3400 kW without trafo losses - 06-2009	7.304,0	0
48 A	No	REpower	3.4M-3.400	3.400	104,0	98,0	EMD	Level 0 - Calculated - 3400 kW without trafo losses - 06-2009	7.436,2	0

WTG siting

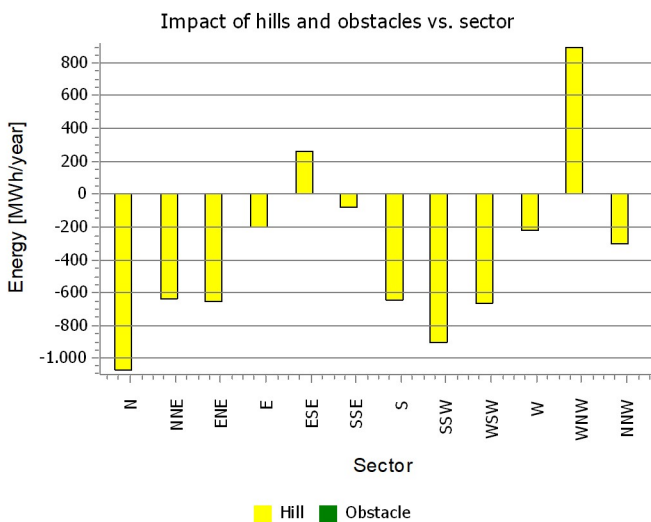
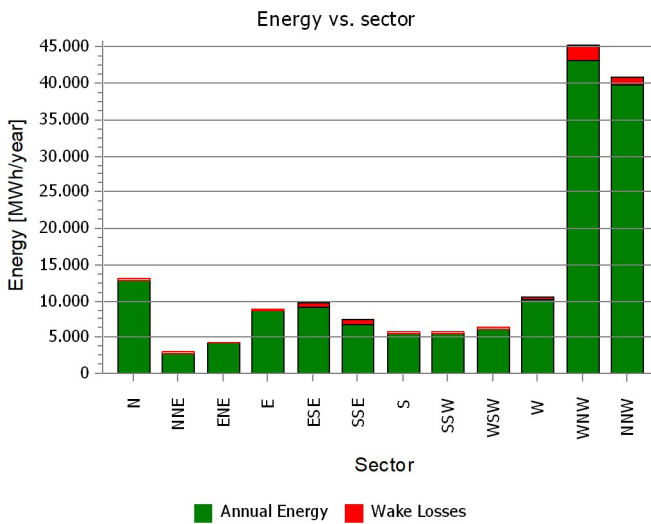
UTM (north)-WGS84 Zone: 33

	Easting	Northing	Z [m]	Row data/Description	Production source	Statistical basis for normalized production: [Months]
9	547.119	4.609.829	30,0	Vestas V90		
10	546.802	4.610.058	29,7	Vestas V90		
11	546.667	4.609.291	30,0	Vestas V90		
12	547.029	4.609.071	30,0	Vestas V90		
13	546.358	4.610.382	28,5	Vestas V90		
14	546.788	4.608.820	30,0	Vestas V90		
15	546.206	4.609.254	30,0	Vestas V90		
16	546.009	4.609.800	30,0	Vestas V90		
17	546.548	4.608.545	30,0	Vestas V90		
18	548.893	4.609.894	39,9	Vestas V90		
19	547.352	4.608.052	30,0	Vestas V90		
20	549.174	4.609.361	38,9	Vestas V90		
21	548.447	4.608.102	30,0	Vestas V90		
22	549.094	4.608.891	35,8	Vestas V90		
23	549.342	4.609.746	38,3	Vestas V90		
24	549.478	4.608.196	30,0	Vestas V90		
25	549.859	4.608.933	30,0	Vestas V90		
26	549.729	4.608.562	30,0	Vestas V90		
27	550.306	4.608.711	30,0	Vestas V90		
28	551.367	4.604.688	30,0	Repower MM3.4		
29	550.340	4.603.931	30,0	Repower MM3.4		
30	551.017	4.604.260	30,0	Repower MM3.4		
31	550.149	4.603.678	30,0	Repower MM3.4		
32	550.926	4.603.681	30,0	Repower MM3.4		
33	552.675	4.605.032	30,0	Repower MM3.4		
34	552.258	4.604.568	30,0	Repower MM3.4		
35	553.162	4.605.618	26,8	Repower MM3.4		
36	553.398	4.605.850	24,6	Repower MM3.4		
37	551.860	4.604.080	30,0	Repower MM3.4		
38	551.958	4.603.701	30,0	Repower MM3.4		
39	553.603	4.604.967	30,0	Repower MM3.4		
40	553.395	4.604.680	30,0	Repower MM3.4		
41	553.169	4.604.385	30,0	Repower MM3.4		
42	552.995	4.604.074	30,0	Repower MM3.4		
43	554.164	4.605.542	24,4	Repower MM3.4		
44	554.337	4.605.814	20,9	Repower MM3.4		
45	554.046	4.604.238	28,3	Repower MM3.4		
46	554.270	4.604.450	26,6	Repower MM3.4		
47	554.474	4.604.680	25,3	Repower MM3.4		
48	554.726	4.604.887	23,9	Repower MM3.4		

PARK - Production Analysis

Calculation: V162 6MW WTG: All new WTGs, Air density varies with WTG position 1,203 kg/m³ - 1,207 kg/m³
Directional Analysis

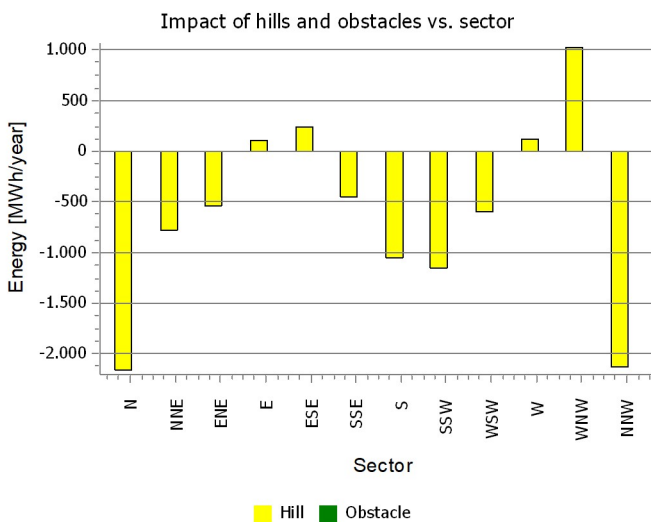
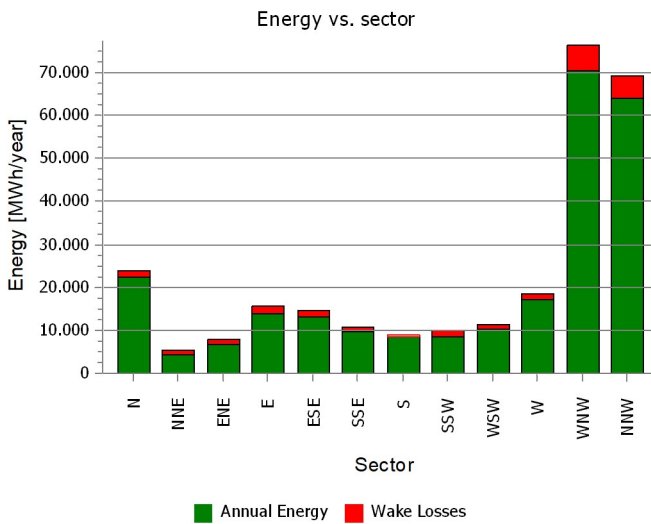
Sector		0 N	1 NNE	2 ENE	3 E	4 ESE	5 SSE	6 S	7 SSW	8 WSW	9 W	10 WNW	11 NNW	Total
Roughness based energy	[MWh]	14.184,4	3.535,8	4.930,2	9.094,2	9.438,8	7.342,5	6.416,2	6.579,1	6.968,1	10.788,0	44.375,8	41.240,6	164.893,7
+Increase due to hills	[MWh]	-1.069,4	-637,0	-655,9	-200,5	260,0	-78,9	-644,6	-905,5	-661,4	-220,5	888,8	-306,5	-4.231,4
-Decrease due to wake losses	[MWh]	169,6	64,6	52,4	273,2	668,3	557,4	211,6	226,6	240,8	530,7	2.027,5	1.233,4	6.256,2
Resulting energy	[MWh]	12.945,4	2.834,2	4.221,8	8.620,4	9.030,5	6.706,2	5.560,1	5.447,1	6.065,9	10.036,8	43.237,1	39.700,7	154.406,1
Specific energy	[kWh/m ²]													936
Specific energy	[kWh/kW]													3.217
Increase due to hills	[%]	-7,5	-18,0	-13,3	-2,2	2,8	-1,1	-10,0	-13,8	-9,5	-2,0	2,0	-0,7	-2,57
Decrease due to wake losses	[%]	1,3	2,2	1,2	3,1	6,9	7,7	3,7	4,0	3,8	5,0	4,5	3,0	3,89
Utilization	[%]	27,8	38,4	38,9	32,7	32,8	33,5	34,5	32,2	29,6	30,4	28,4	26,4	29,3
Operational	[Hours/year]	606	286	396	598	657	558	455	403	407	584	1.702	1.522	8.174
Full Load Equivalent	[Hours/year]	270	59	88	180	188	140	116	113	126	209	901	827	3.217



PARK - Production Analysis

Calculation: V162 6MW WTG: All existing WTGs, Air density varies with WTG position 1,203 kg/m³ - 1,207 kg/m³
Directional Analysis

Sector		0 N	1 NNE	2 ENE	3 E	4 ESE	5 SSE	6 S	7 SSW	8 WSW	9 W	10 WNW	11 NNW	Total
Roughness based energy	[MWh]	26.026,0	6.171,8	8.244,2	15.353,8	14.364,8	10.991,5	10.023,4	11.043,1	12.101,5	18.396,0	75.335,6	71.344,0	279.395,7
+ Increase due to hills	[MWh]	-2.157,6	-772,3	-534,1	102,8	249,3	-443,7	-1.054,2	-1.149,4	-596,5	119,7	1.022,0	-2.125,0	-7.338,9
-Decrease due to wake losses	[MWh]	1.345,5	1.059,2	1.114,8	1.545,8	1.447,4	972,7	563,7	1.533,4	1.142,8	1.561,1	6.211,4	5.352,8	23.850,5
Resulting energy	[MWh]	22.523,0	4.340,3	6.595,4	13.910,8	13.166,7	9.575,1	8.405,5	8.360,4	10.362,2	16.954,6	70.146,3	63.866,2	248.206,4
Specific energy	[kWh/m ²]													829
Specific energy	[kWh/kW]													2.269
Increase due to hills	[%]	-8,3	-12,5	-6,5	0,7	1,7	-4,0	-10,5	-10,4	-4,9	0,7	1,4	-3,0	-2,63
Decrease due to wake losses	[%]	5,6	19,6	14,5	10,0	9,9	9,2	6,3	15,5	9,9	8,4	8,1	7,7	8,77
Utilization	[%]	31,0	32,0	34,4	33,1	34,8	35,6	36,3	31,0	30,9	32,9	32,6	30,9	32,3
Operational	[Hours/year]	564	273	374	559	593	502	420	382	389	548	1.559	1.383	7.545
Full Load Equivalent	[Hours/year]	206	40	60	127	120	88	77	76	95	155	641	584	2.269



PARK - Power Curve Analysis

Calculation: V162 6MW WTG: T01 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O!, Hub height: 119,0 m

Name: Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020
Source: Manufacturer

Source/Date	Created by	Created	Edited	Stop wind speed [m/s]	Power control	CT curve type	Generator type	Specific power kW/m ²
07/12/2020	EMD	23/02/2021	01/03/2021	24,0	Pitch	User defined	Variable	0,29

Document n. 0098-0840 V03.

HP curve comparison - Note: For standard air density

Vmean	[m/s]	5	6	7	8	9	10
HP value Pitch, variable speed (2013)	[MWh]	10.395	15.731	20.840	25.359	29.148	32.163
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	[MWh]	10.576	16.010	21.143	25.537	29.000	31.485
Check value	[%]	-2	-2	-1	-1	1	2

The table shows comparison between annual energy production calculated on basis of simplified "HP-curves" which assume that all WTGs performs quite similar - only specific power loading (kW/m²) and single/dual speed or stall/pitch decides the calculated values. Productions are without wake losses.

For further details, ask at the Danish Energy Agency for project report J.nr. 51171/00-0016 or see the windPRO manual.

The method is refined in EMD report "20 Detailed Case Studies comparing Project Design Calculations and actual Energy Productions for Wind Energy Projects worldwide", jan 2003.

Use the table to evaluate if the given power curve is reasonable - if the check value are lower than -5%, the power curve probably is too optimistic due to uncertainty in power curve measurement.

Power curve

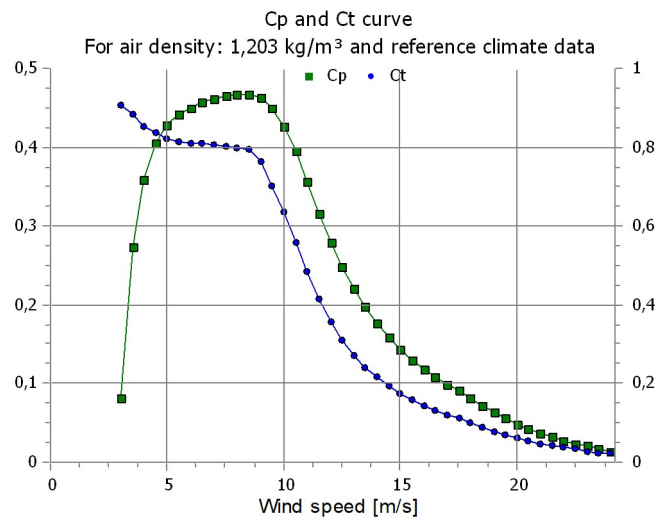
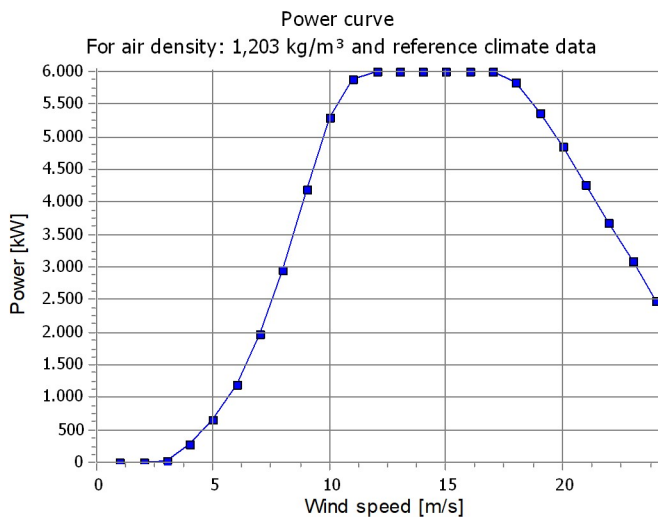
Original data, Air density: 1,225 kg/m³

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Cp	Wind speed [m/s]	Ct curve
3,0	32,0	0,09	3,0	0,91
3,5	150,0	0,28	3,5	0,88
4,0	292,0	0,36	4,0	0,85
4,5	467,0	0,41	4,5	0,84
5,0	676,0	0,43	5,0	0,82
5,5	927,0	0,44	5,5	0,81
6,0	1.229,0	0,45	6,0	0,81
6,5	1.584,0	0,46	6,5	0,81
7,0	2.000,0	0,46	7,0	0,81
7,5	2.476,0	0,46	7,5	0,80
8,0	3.017,0	0,47	8,0	0,80
8,5	3.624,0	0,47	8,5	0,79
9,0	4.264,0	0,46	9,0	0,76
9,5	4.859,0	0,45	9,5	0,70
10,0	5.380,0	0,43	10,0	0,64
10,5	5.734,0	0,39	10,5	0,56
11,0	5.932,0	0,35	11,0	0,48
11,5	5.983,0	0,31	11,5	0,41
12,0	5.998,0	0,27	12,0	0,36
12,5	6.000,0	0,24	12,5	0,31
13,0	6.000,0	0,22	13,0	0,27
13,5	6.000,0	0,19	13,5	0,24
14,0	6.000,0	0,17	14,0	0,22
14,5	6.000,0	0,16	14,5	0,19
15,0	6.000,0	0,14	15,0	0,17
15,5	6.000,0	0,13	15,5	0,16
16,0	6.000,0	0,12	16,0	0,14
16,5	6.000,0	0,11	16,5	0,13
17,0	6.000,0	0,10	17,0	0,12
17,5	6.000,0	0,09	17,5	0,11
18,0	5.846,0	0,08	18,0	0,10
18,5	5.581,0	0,07	18,5	0,09
19,0	5.360,0	0,06	19,0	0,08
19,5	5.128,0	0,05	19,5	0,07
20,0	4.844,0	0,05	20,0	0,06
20,5	4.555,0	0,04	20,5	0,06
21,0	4.268,0	0,04	21,0	0,05
21,5	3.985,0	0,03	21,5	0,04
22,0	3.690,0	0,03	22,0	0,04
22,5	3.383,0	0,02	22,5	0,03
23,0	3.102,0	0,02	23,0	0,03
23,5	2.801,0	0,02	23,5	0,03
24,0	2.479,0	0,01	24,0	0,02

Power, Efficiency and energy vs. wind speed

Data used in calculation, Air density: 1,203 kg/m³ New windPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Cp	Interval [m/s]	Energy [MWh]	Acc. Energy [MWh]	Relative [%]
1,0	0,0	0,00	0,50- 1,50	0,0	0,0	0,0
2,0	0,0	0,00	1,50- 2,50	0,0	0,0	0,0
3,0	27,6	0,08	2,50- 3,50	60,3	60,3	0,3
4,0	284,9	0,36	3,50- 4,50	270,5	330,8	1,7
5,0	662,9	0,43	4,50- 5,50	636,7	967,6	4,9
6,0	1.206,2	0,45	5,50- 6,50	1.126,6	2.094,2	10,5
7,0	1.963,4	0,46	6,50- 7,50	1.698,6	3.792,7	19,0
8,0	2.962,1	0,47	7,50- 8,50	2.272,3	6.065,0	30,5
9,0	4.184,8	0,46	8,50- 9,50	2.703,4	8.768,4	44,0
10,0	5.296,8	0,43	9,50-10,50	2.790,5	11.558,9	58,0
11,0	5.890,4	0,36	10,50-11,50	2.463,9	14.022,8	70,4
12,0	5.994,0	0,28	11,50-12,50	1.920,9	15.943,7	80,1
13,0	6.000,0	0,22	12,50-13,50	1.396,6	17.340,3	87,1
14,0	6.000,0	0,18	13,50-14,50	970,9	18.311,3	92,0
15,0	6.000,0	0,14	14,50-15,50	647,0	18.958,2	95,2
16,0	6.000,0	0,12	15,50-16,50	413,3	19.371,5	97,3
17,0	6.000,0	0,10	16,50-17,50	253,2	19.624,7	98,6
18,0	5.846,0	0,08	17,50-18,50	145,1	19.769,8	99,3
19,0	5.360,0	0,06	18,50-19,50	76,0	19.845,8	99,7
20,0	4.844,0	0,05	19,50-20,50	37,6	19.883,4	99,9
21,0	4.268,0	0,04	20,50-21,50	17,5	19.900,9	99,9
22,0	3.690,0	0,03	21,50-22,50	7,7	19.908,6	100,0
23,0	3.102,0	0,02	22,50-23,50	3,2	19.911,7	100,0
24,0	2.479,0	0,01	23,50-24,50	0,9	19.912,6	100,0



Project:
Rignano

Licensed user:
RAVANO POWER SRL
Via XII Ottobre, 2/91
IT-16121 Genova ge

Antonio / antonio.lucafo@ravanopower.com
Calculated:
10/10/2023 10:20/3.6.377

PARK - Terrain

Calculation: V162 6MW Site Data: A - Site data: WasP

Obstacles:

0 Obstacles used

Roughness:

Terrain data files used in calculation:

C:\Users\A.Lucafo\Documents\WindPRO Data\Projects\Rignano Garganico\ROUGHNESSLINE_Rignano_0.wpo
Min X: 517.119, Max X: 577.191, Min Y: 4.579.576, Max Y: 4.640.412, Width: 60.072 m, Height: 60.836 m

Orography:

Terrain data files used in calculation:

C:\Users\A.Lucafo\Documents\WindPRO Data\Projects\Rignano Garganico\CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.wpo
Min X: 531.230, Max X: 563.086, Min Y: 4.593.627, Max Y: 4.625.872, Width: 31.856 m, Height: 32.245 m

PARK - Wind Data Analysis

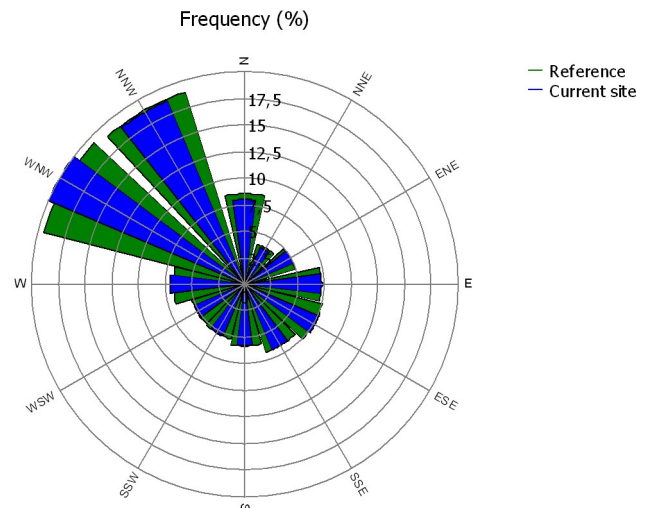
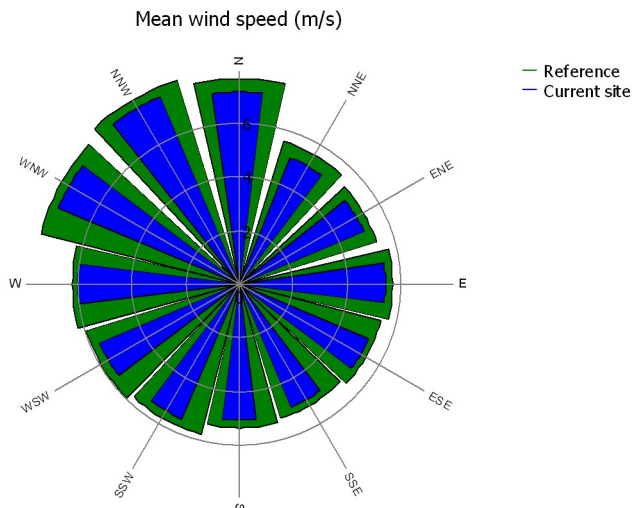
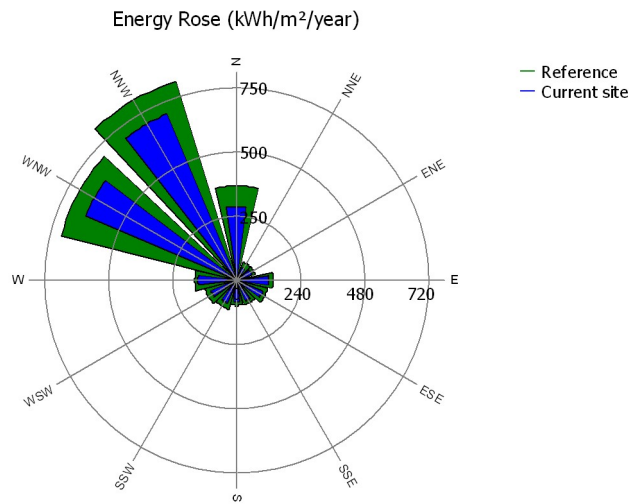
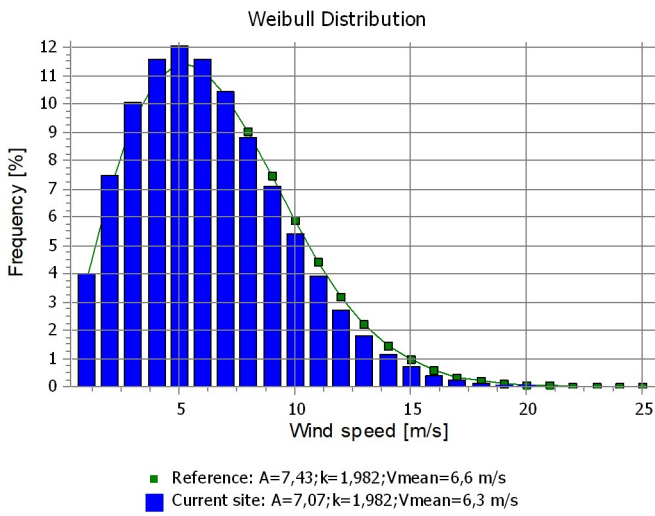
Calculation: V162 6MW Wind data: A - Site data: WasP; Hub height: 80,0

Site coordinates
UTM (north)-WGS84 Zone: 33
East: 547.064 North: 4.600.370

Wind statistics
IT MCP - MCP session (1) - [Regression].wws

Weibull Data

Sector	Current site			Frequency [%]	Reference: Roughness class 1		
	A- parameter [m/s]	Wind speed [m/s]	k- parameter		A- parameter [m/s]	k- parameter	Frequency [%]
0 N	8,05	7,13	2,033	8,0	8,59	2,066	8,5
1 NNE	5,69	5,05	1,881	3,7	6,24	1,836	3,9
2 ENE	5,63	4,99	1,982	5,0	5,98	1,992	4,9
3 E	6,08	5,40	1,850	7,2	6,38	1,851	7,1
4 ESE	5,85	5,19	1,936	7,6	6,10	1,935	7,5
5 SSE	5,57	4,95	1,869	6,7	5,85	1,874	6,7
6 S	5,67	5,04	1,814	5,7	6,00	1,821	5,8
7 SSW	6,09	5,42	1,771	5,2	6,45	1,772	5,3
8 WSW	6,29	5,61	1,721	5,1	6,65	1,718	5,2
9 W	6,73	5,96	1,971	7,0	6,97	1,950	6,7
10 WNW	8,20	7,28	2,514	20,0	8,55	2,524	19,4
11 NNW	8,52	7,55	2,357	18,7	8,90	2,365	18,9
All	7,07	6,27	1,982	100,0	7,43	1,982	100,0



PARK - Wind Data Analysis

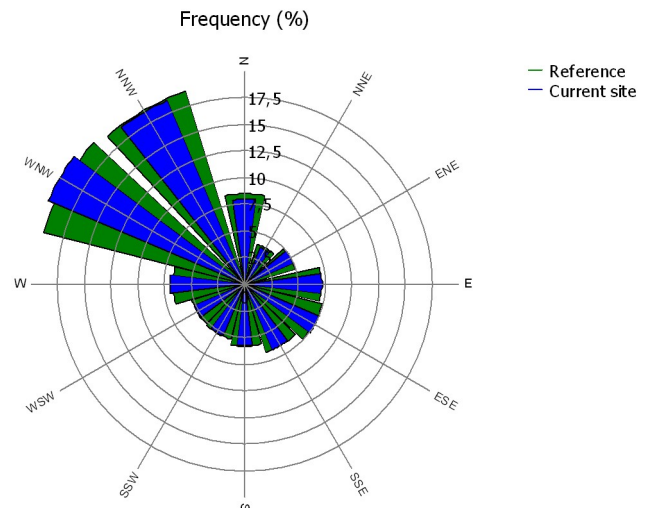
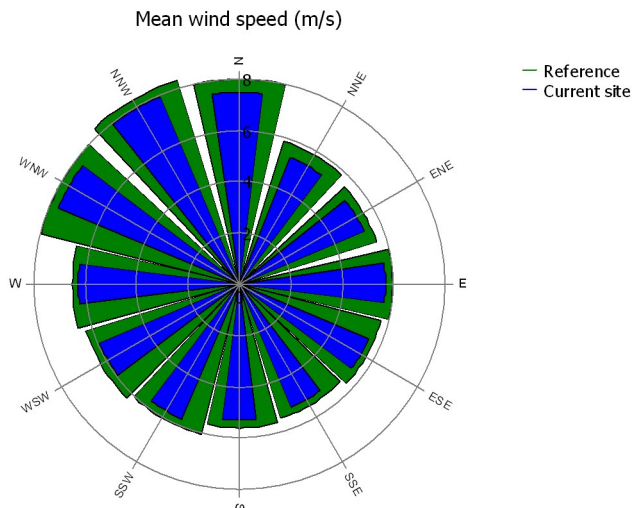
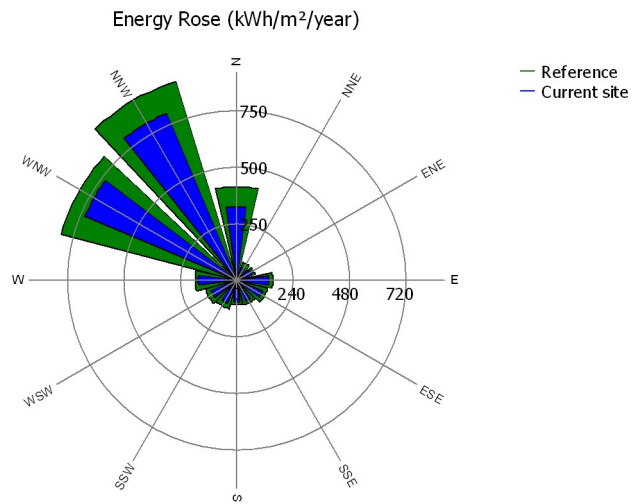
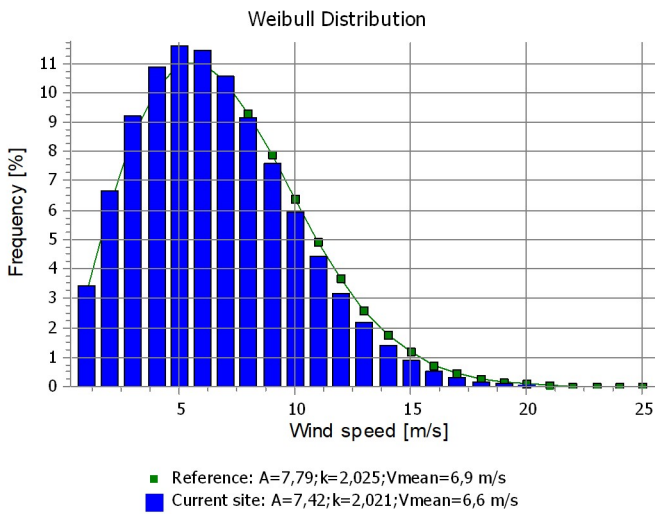
Calculation: V162 6MW Wind data: A - Site data: WasP; Hub height: 98,0

Site coordinates
UTM (north)-WGS84 Zone: 33
East: 547.064 North: 4.600.370

Wind statistics
IT MCP - MCP session (1) - [Regression].wws

Weibull Data

Sector	Current site		k- parameter	Frequency [%]	Reference: Roughness class 1		Frequency [%]
	A- parameter [m/s]	Wind speed [m/s]			A- parameter [m/s]	k- parameter	
0 N	8,44	7,47	2,080	8,0	9,00	2,118	8,5
1 NNE	5,97	5,30	1,924	3,8	6,55	1,880	3,9
2 ENE	5,92	5,24	2,025	5,0	6,28	2,040	4,9
3 E	6,39	5,67	1,889	7,2	6,70	1,896	7,1
4 ESE	6,14	5,44	1,979	7,6	6,40	1,982	7,5
5 SSE	5,85	5,19	1,908	6,7	6,14	1,919	6,7
6 S	5,95	5,29	1,854	5,7	6,30	1,865	5,8
7 SSW	6,41	5,70	1,811	5,2	6,77	1,814	5,3
8 WSW	6,62	5,89	1,760	5,1	6,98	1,760	5,2
9 W	7,06	6,26	2,014	7,0	7,31	1,997	6,7
10 WNW	8,60	7,63	2,568	20,0	8,97	2,586	19,4
11 NNW	8,93	7,92	2,412	18,7	9,33	2,422	18,9
All	7,42	6,57	2,021	100,0	7,79	2,025	100,0



PARK - Wind Data Analysis

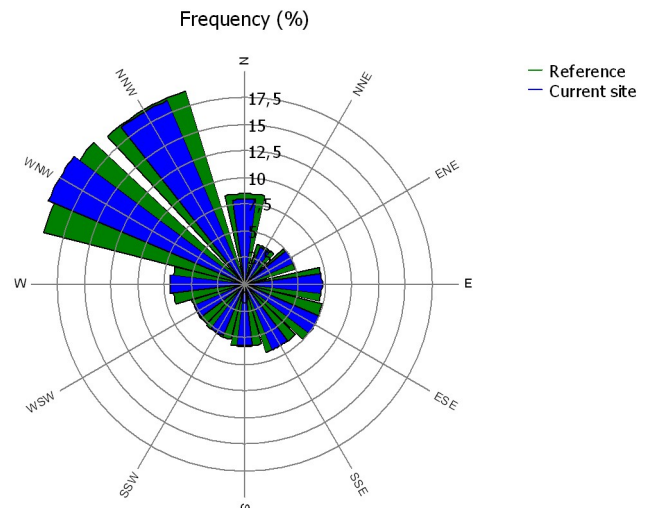
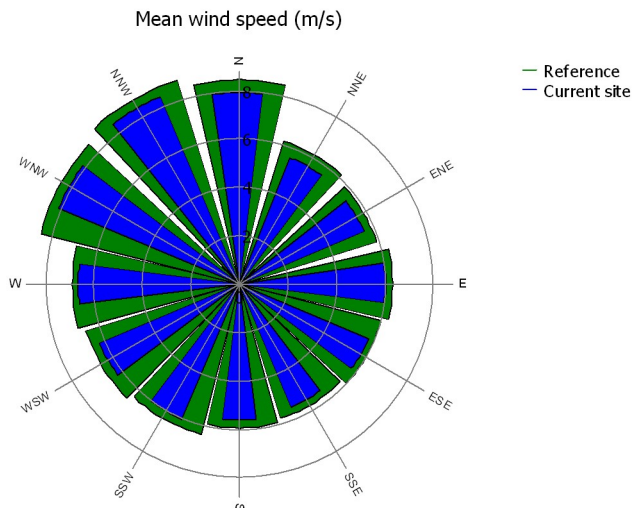
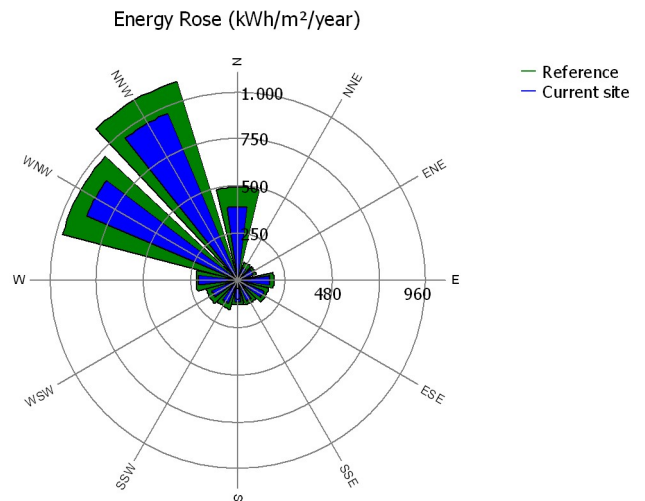
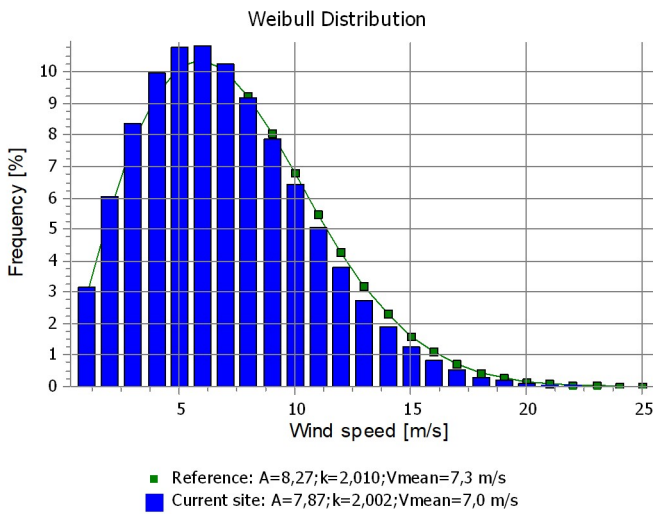
Calculation: V162 6MW Wind data: A - Site data: WasP; Hub height: 119,0

Site coordinates
UTM (north)-WGS84 Zone: 33
East: 547.064 North: 4.600.370

Wind statistics
IT MCP - MCP session (1) - [Regression].wws

Weibull Data

Sector	Current site			Frequency [%]	Reference: Roughness class 1		
	A- parameter [m/s]	Wind speed [m/s]	k- parameter		A- parameter [m/s]	k- parameter	Frequency [%]
0 N	8,93	7,91	2,057	8,0	9,53	2,101	8,5
1 NNE	6,34	5,62	1,904	3,8	6,96	1,864	3,9
2 ENE	6,28	5,57	2,002	5,0	6,67	2,022	4,9
3 E	6,78	6,02	1,869	7,2	7,11	1,880	7,1
4 ESE	6,51	5,77	1,955	7,6	6,80	1,965	7,5
5 SSE	6,21	5,51	1,889	6,7	6,52	1,902	6,7
6 S	6,31	5,60	1,834	5,7	6,68	1,849	5,8
7 SSW	6,80	6,05	1,791	5,2	7,19	1,799	5,3
8 WSW	7,03	6,26	1,740	5,1	7,41	1,744	5,2
9 W	7,50	6,65	1,994	7,0	7,76	1,980	6,7
10 WNW	9,12	8,10	2,541	20,0	9,52	2,563	19,4
11 NNW	9,49	8,41	2,385	18,7	9,91	2,401	18,9
All	7,87	6,98	2,002	100,0	8,27	2,010	100,0



PARK - Park power curve

Calculation: V162 6MW

Wind speed [m/s]	Power													
	Free WTGs [kW]	Park WTGs [kW]	N [kW]	NNE [kW]	ENE [kW]	E [kW]	ESE [kW]	SSE [kW]	S [kW]	SSW [kW]	WSW [kW]	W [kW]	WNW [kW]	NNW [kW]
0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3,5	1.159	970	1.093	1.096	1.123	1.030	871	855	1.005	993	993	934	912	979
4,5	3.657	3.326	3.537	3.541	3.591	3.429	3.168	3.146	3.396	3.363	3.363	3.261	3.216	3.339
5,5	7.278	6.730	7.078	7.085	7.167	6.900	6.484	6.453	6.851	6.787	6.789	6.618	6.542	6.748
6,5	12.441	11.539	12.112	12.123	12.257	11.821	11.144	11.088	11.738	11.629	11.634	11.353	11.229	11.566
7,5	19.451	18.075	18.949	18.963	19.170	18.507	17.467	17.375	18.375	18.210	18.217	17.794	17.606	18.115
8,5	28.455	26.536	27.755	27.772	28.066	27.132	25.657	25.545	26.965	26.761	26.758	26.169	25.876	26.592
9,5	38.210	36.305	37.535	37.526	37.840	36.915	35.370	35.259	36.734	36.503	36.498	35.922	35.678	36.380
10,5	45.355	44.289	44.991	44.959	45.160	44.653	43.757	43.649	44.507	44.327	44.326	44.054	43.978	44.344
11,5	47.767	47.605	47.717	47.697	47.744	47.666	47.538	47.497	47.634	47.579	47.576	47.563	47.572	47.614
12,5	47.996	47.990	47.994	47.993	47.995	47.992	47.988	47.986	47.991	47.989	47.989	47.989	47.989	47.991
13,5	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000
14,5	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000
15,5	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000
16,5	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000
17,5	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000
18,5	44.648	44.832	44.712	44.716	44.685	44.764	44.927	44.954	44.801	44.825	44.824	44.867	44.883	44.822
19,5	41.024	41.164	41.072	41.077	41.052	41.109	41.236	41.261	41.143	41.163	41.162	41.191	41.200	41.155
20,5	36.440	36.592	36.492	36.498	36.471	36.529	36.669	36.703	36.573	36.596	36.596	36.621	36.627	36.582
21,5	31.880	32.010	31.924	31.931	31.907	31.953	32.073	32.107	31.996	32.020	32.019	32.036	32.038	32.001
22,5	27.064	27.187	27.105	27.114	27.090	27.130	27.246	27.284	27.177	27.202	27.202	27.213	27.210	27.179
23,5	22.408	22.514	22.443	22.452	22.431	22.462	22.563	22.601	22.508	22.533	22.533	22.537	22.531	22.507
24,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Description:

The park power curve is similar to a WTG power curve, meaning that when a given wind speed appears in front of the park with same speed in the entire wind farm area (before influence from the park), the output from the park can be found in the park power curve. Another way to say this: The park power curve includes wake losses, but do NOT include terrain given variations in the wind speed over the park area.

Measuring a park power curve is not as simple as measuring a WTG power curve due to the fact that the park power curve depends on the wind direction and that the same wind speed normally will not appear for the entire park area at the same time (only in very flat non-complex terrain). The idea with this version of the park power curve is not to use it for validation based on measurements. This would require at least 2 measurement masts at two sides of the park, unless only a few direction sectors should be tested, AND non complex terrain (normally only useable off shore). Another park power curve version for complex terrain is available in windPRO.

The park power curve can be used for:

1. Forecast systems, based on more rough (approximated) wind data, the park power curve would be an efficient way to make the connection from wind speed (and direction) to power.
2. Construction of duration curves, telling how often a given power output will appear, the park power curve can be used together with the average wind distribution for the Wind farm area in hub height. The average wind distribution can eventually be obtained based on the Weibull parameters for each WTG position. These are found at print menu: >Result to file< in the >Park result< which can be saved to file or copied to clipboard and pasted in Excel.
3. Calculation of wind energy index based on the PARK production (see below).
4. Estimation of the expected PARK production for an existing wind farm based on wind measurements at minimum 2 measurement masts at two sides of wind farm. The masts must be used for obtaining the free wind speed. The free wind speed is used in the simulation of expected energy production with the PARK power curve. This procedure will only work suitable in non complex terrains. For complex terrain another park power curve calculation is available in windPRO (PPV-model).

Note:

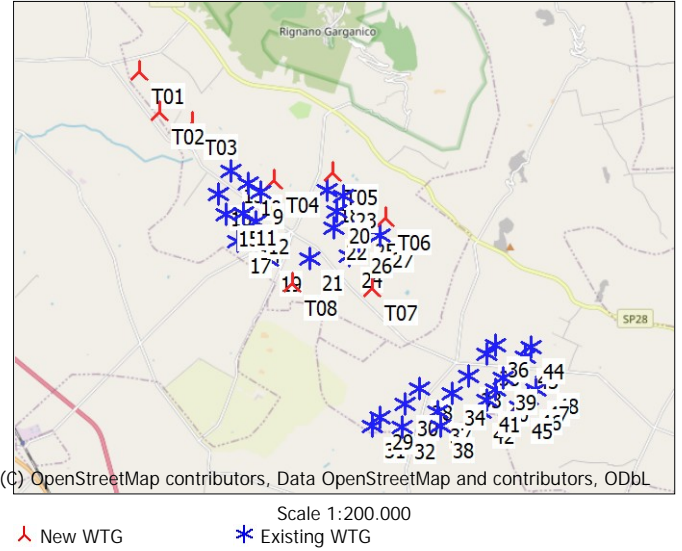
From the >Result to file< the >Wind Speeds Inside Wind farm< is also available. These can (e.g. via Excel) be used for extracting the wake induced reductions in measured wind speed.

PARK - WTG distances

Calculation: V162 6MW

WTG distances

	Z	Nearest WTG	Z	Horizontal distance	Distance in rotor diameters (max)	Distance in rotor diameters (min)
	[m]		[m]	[m]		
10	29,7	9	30,0	392	4,4	4,4
11	30,0	12	30,0	423	4,7	4,7
12	30,0	14	30,0	348	3,9	3,9
13	28,5	10	29,7	549	6,1	6,1
14	30,0	12	30,0	348	3,9	3,9
15	30,0	11	30,0	463	5,1	5,1
16	30,0	15	30,0	581	6,5	6,5
17	30,0	14	30,0	365	4,1	4,1
18	39,9	23	38,3	473	5,3	5,3
19	30,0	T08	30,0	879	9,8	5,4
20	38,9	23	38,3	420	4,7	4,7
21	30,0	T08	30,0	793	8,8	4,9
22	35,8	20	38,9	477	5,3	5,3
23	38,3	20	38,9	420	4,7	4,7
24	30,0	26	30,0	444	4,9	4,9
25	30,0	26	30,0	394	4,4	4,4
26	30,0	25	30,0	394	4,4	4,4
27	30,0	T06	27,8	481	5,3	3,0
28	30,0	30	30,0	553	5,3	5,3
29	30,0	31	30,0	317	3,0	3,0
30	30,0	28	30,0	553	5,3	5,3
31	30,0	29	30,0	317	3,0	3,0
32	30,0	30	30,0	586	5,6	5,6
33	30,0	34	30,0	624	6,0	6,0
34	30,0	33	30,0	624	6,0	6,0
35	26,8	36	24,6	331	3,2	3,2
36	24,6	35	26,8	331	3,2	3,2
37	30,0	38	30,0	391	3,8	3,8
38	30,0	37	30,0	391	3,8	3,8
39	30,0	40	30,0	354	3,4	3,4
40	30,0	39	30,0	354	3,4	3,4
41	30,0	42	30,0	356	3,4	3,4
42	30,0	41	30,0	356	3,4	3,4
43	24,4	44	20,9	322	3,1	3,1
44	20,9	43	24,4	322	3,1	3,1
45	28,3	46	26,6	309	3,0	3,0
46	26,6	47	25,3	307	3,0	3,0
47	25,3	46	26,6	307	3,0	3,0
48	23,9	47	25,3	326	3,1	3,1
9	30,0	10	29,7	392	4,4	4,4
T01	30,0	T02	30,0	1.202	7,4	7,4
T02	30,0	T03	30,0	897	5,5	5,5
T03	30,0	T02	30,0	897	5,5	5,5
T04	26,7	9	30,0	480	5,3	3,0
T05	28,8	18	39,9	488	5,4	3,0
T06	27,8	27	30,0	481	5,3	3,0
T07	28,4	24	30,0	1.091	12,1	6,7
T08	30,0	21	30,0	793	8,8	4,9
Min	20,9	20,9		307	3,0	3,0
Max	39,9	39,9		1.202	12,1	7,4



Project:
Rignano

Licensed user:
RAVANO POWER SRL
Via XII Ottobre, 2/91
IT-16121 Genova ge

Antonio / antonio.lucafo@ravanopower.com
Calculated:
10/10/2023 10:20/3.6.377

PARK - Wind statistics info

Calculation: V162 6MW

Main data for wind statistic

File C:\Users\A.Lucafo\Documents\WindPRO Data\Projects\Rignano Garganico\IT MCP - MCP session (1) - [Regression].wws
Name MCP - MCP session (1) - [Regression]
Country Italy
Source USER
Mast coordinates UTM (north)-WGS84 Zone: 33 East: 547.064 North: 4.600.370
Created 17/02/2023
Edited 17/02/2023
Sectors 12
WAsP version WAsP 12 Version 12.07.0074
Displacement height None

Comments
From MCP

Additional info for wind statistic

Based on measurement height 70,0 m
Base elevation for measurement mast 41,0 m

Long term correction information

Method Regression
Source data ERA5 (Gaussian Grid)_N41,451975_E015,84 (5)
Distance to source data 25,6 km
Long term period from 01/01/1993
Long term period to 01/02/2023
Concurrent period from 14/02/2008
Concurrent period to 01/01/2012
Concurrent data records 30066
Concurrent record interval 60 minutes
Concurrent data recovery 94,0 %

Number of years with long term data 30,1 years
Number of months with concurrent data 41,2 Months

Correlation test based on Concurrent monthly wind indices

Power curve used for index Simple power curve truncated at: 13,0 m/s
Data availability demand for inclusion of month 60 %
Number of months 43
r² - wind index 0,7445
r - wind index 0,8629
s - wind index 8,2207

Note

To get the most correct calculation results, wind statistics shall be calculated with the SAME model and model parameters, as currently chosen in calculation. For WAsP versions before 10.0, the model is unchanged, but thereafter more model changes affecting the wind statistic is seen. Likewise WAsP CFD should always use WAsP CFD calculated wind statistics.

PARK - RIX calculation

Calculation: V162 6MW

Assumptions

Radius for calculation	3.500 m
Steepness threshold	30,0 % / 17 °
Directional weight	Equally distributed
RIX for wind statistic	Calculated on windstatistic position. If not available Site data position is used
Height contours used	Height Contours: CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.wpo (1)
Alfa	1,0
No RIX correction for delta RIX in interval	-5,0 % - 5,0 %

Reference sites

Terrain	UTM (north)-WGS84 Zone: 33	Easting	Northing	Site Data/Wind statistics	Reference site RIX [%]
A	547.064	4.600.370	MCP - MCP session (1) - [Regression]		0,0

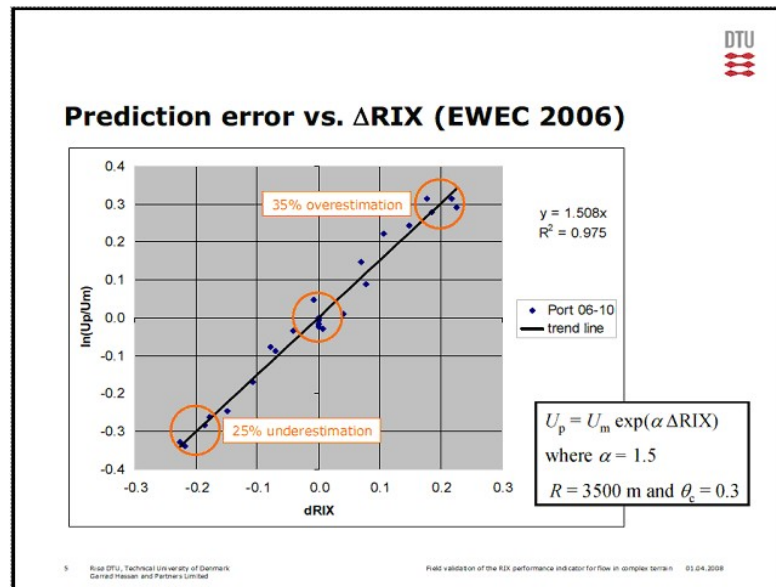
WTG sites

		UTM (north)-WGS84 Zone: 33		Z	WTG RIX	Delta RIX (WTG site - Reference site) [%]	RIX correction [MWh/y]
Links		Easting	Northing	[m]	[%]	[%]	
10	A	546.802	4.610.058	29,7	0,3	0,3	0,00
11	A	546.667	4.609.291	30,0	0,0	0,0	0,00
12	A	547.029	4.609.071	30,0	0,0	0,0	0,00
13	A	546.358	4.610.382	28,5	0,4	0,4	0,00
14	A	546.788	4.608.820	30,0	0,0	0,0	0,00
15	A	546.206	4.609.254	30,0	0,0	0,0	0,00
16	A	546.009	4.609.800	30,0	0,0	0,0	0,00
17	A	546.548	4.608.545	30,0	0,0	0,0	0,00
18	A	548.893	4.609.894	39,9	1,7	1,7	0,00
19	A	547.352	4.608.052	30,0	0,0	0,0	0,00
20	A	549.174	4.609.361	38,9	0,7	0,7	0,00
21	A	548.447	4.608.102	30,0	0,0	0,0	0,00
22	A	549.094	4.608.891	35,8	0,4	0,4	0,00
23	A	549.342	4.609.746	38,3	1,4	1,4	0,00
24	A	549.478	4.608.196	30,0	0,0	0,0	0,00
25	A	549.859	4.608.933	30,0	0,5	0,5	0,00
26	A	549.729	4.608.562	30,0	0,3	0,3	0,00
27	A	550.306	4.608.711	30,0	0,4	0,4	0,00
28	A	551.367	4.604.688	30,0	0,0	0,0	0,00
29	A	550.340	4.603.931	30,0	0,0	0,0	0,00
30	A	551.017	4.604.260	30,0	0,0	0,0	0,00
31	A	550.149	4.603.678	30,0	0,0	0,0	0,00
32	A	550.926	4.603.681	30,0	0,0	0,0	0,00
33	A	552.675	4.605.032	30,0	0,0	0,0	0,00
34	A	552.258	4.604.568	30,0	0,0	0,0	0,00
35	A	553.162	4.605.618	26,8	0,1	0,1	0,00
36	A	553.398	4.605.850	24,6	0,1	0,1	0,00
37	A	551.860	4.604.080	30,0	0,0	0,0	0,00
38	A	551.958	4.603.701	30,0	0,0	0,0	0,00
39	A	553.603	4.604.967	30,0	0,0	0,0	0,00
40	A	553.395	4.604.680	30,0	0,0	0,0	0,00
41	A	553.169	4.604.385	30,0	0,0	0,0	0,00
42	A	552.995	4.604.074	30,0	0,0	0,0	0,00
43	A	554.164	4.605.542	24,4	0,0	0,0	0,00
44	A	554.337	4.605.814	20,9	0,1	0,1	0,00
45	A	554.046	4.604.238	28,3	0,0	0,0	0,00
46	A	554.270	4.604.450	26,6	0,0	0,0	0,00
47	A	554.474	4.604.680	25,3	0,0	0,0	0,00
48	A	554.726	4.604.887	23,9	0,0	0,0	0,00
9	A	547.119	4.609.829	30,0	0,3	0,3	0,00
T01	A	543.919	4.612.986	30,0	1,9	1,9	0,00
T02	A	544.470	4.611.917	30,0	0,6	0,6	0,00
T03	A	545.332	4.611.670	30,0	1,6	1,6	0,00
T04	A	547.487	4.610.136	26,7	1,3	1,3	0,00
T05	A	549.042	4.610.359	28,8	3,2	3,2	0,00
T06	A	550.465	4.609.165	27,8	0,5	0,5	0,00
T07	A	550.123	4.607.316	28,4	0,0	0,0	0,00
T08	A	547.994	4.607.451	30,0	0,0	0,0	0,00

PARK - RIX calculation

Calculation: V162 6MW

Latest research /Risø/ show that the threshold in RIX calculation typically work best with 40% (new default), and that delta Rix within +/- 5% should not give corrections. Cross predictions based on more mast can fine tune the threshold, see Cross predictor tool in windPRO Meteo Analyser. In windPRO LOSS&&UNCERTAINTY module, RIX correction can be calculated automatically as a bias based on most recent recommended correction formulas, which can be found in EWEC2006 && 08 papers on Rix from Risø, see extract below:

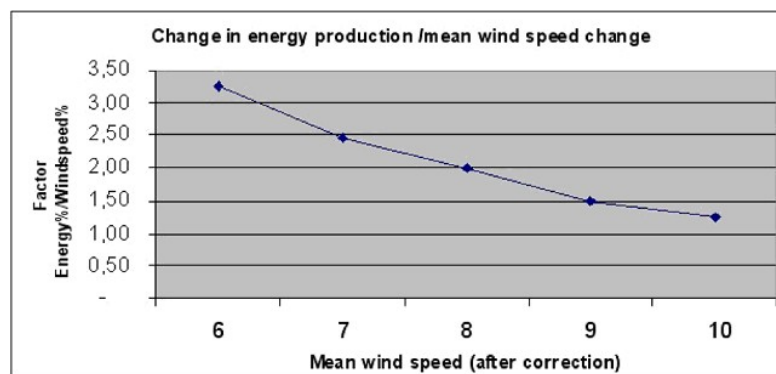


The main conclusion based on use of the RIX method is that if both reference site (measurement mast) and predicted site (WTG) are equally rugged (Delta RIX < 5%), very small calculation errors are expected.

If reference site (measurement mast) is very rugged, e.g. RIX = 0.2 and predicted site (WTG) are less rugged (e.g. RIX = 0), Delta RIX will be -0.2 and according to the graph, 30% too low wind speed prediction at WTG site could be expected. This could lead to around 60%*) too low calculated energy production.

If the reference site is less rugged, e.g. RIX = 0, and the predicted site (WTG) are very rugged (e.g. RIX = 0.2), Delta RIX will be +0.2, and according to the graph, 30% too high wind speed prediction at WTG site could be expected. This could lead to around 60%*) too high calculated energy production.

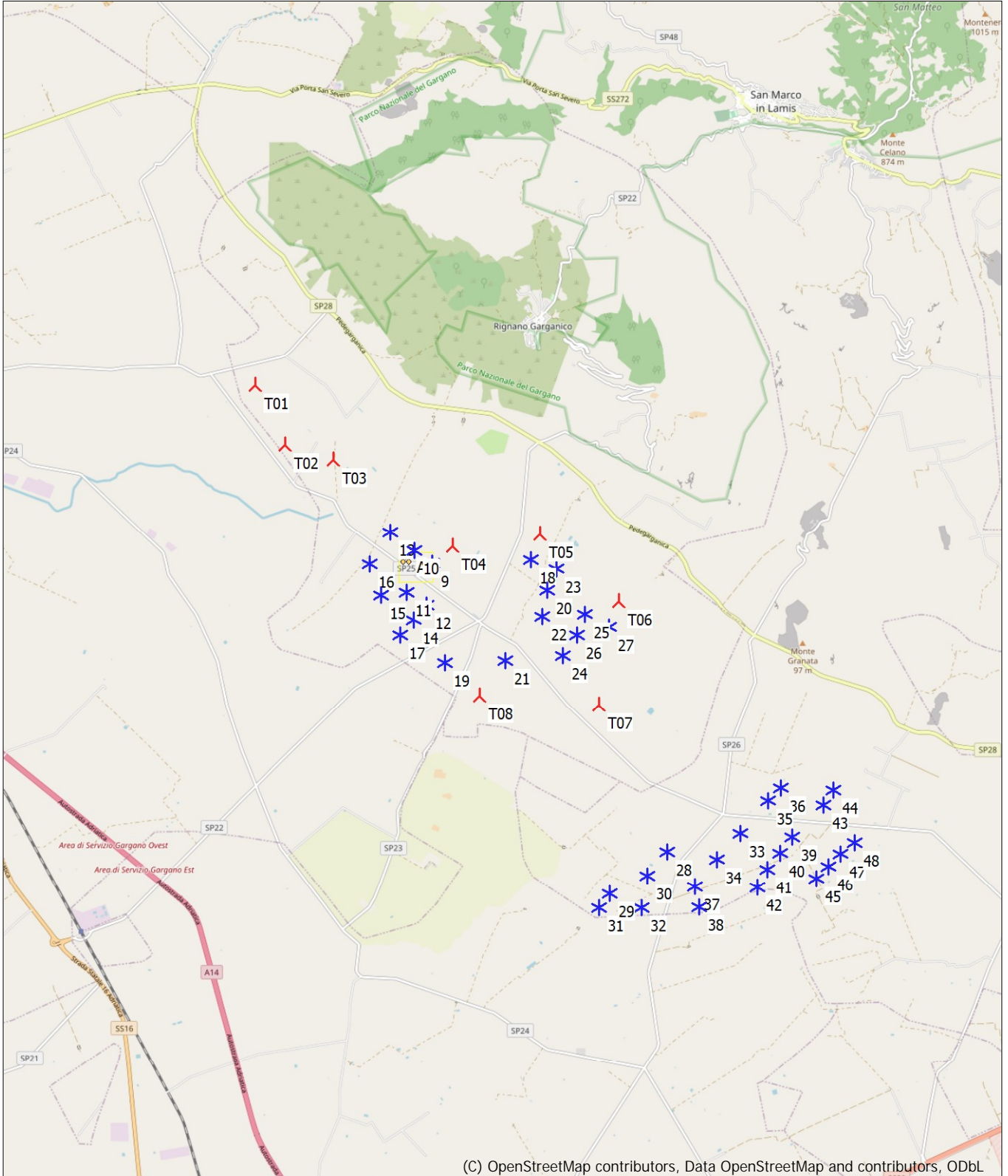
*) Doubling of energy prediction error based on mean wind speed error is a rough conversion, which holds for wind speeds around 8 m/s. At 6-7 m/s tripling is more right, while only 1.5 factors should be used for 9 m/s, see graph below based on a typical WTG.



Source: EWEC06 paper:
IMPROVING WASP PREDICTIONS IN (TOO) COMPLEX TERRAIN
Niels G. Mortensen, Anthony J. Bowen and Ioannis Antoniou
Wind Energy Department, Risø National Laboratory

PARK - Map

Calculation: V162 6MW



Map: EMD OpenStreetMap , Print scale 1:100.000, Map center UTM (north)-WGS84 Zone: 33 East: 548.312 North: 4.609.281

🚧 New WTG ⚙ Existing WTG 🏠 WTG area

Loss&Uncertainty - Main result

Calculation: V162 6MW

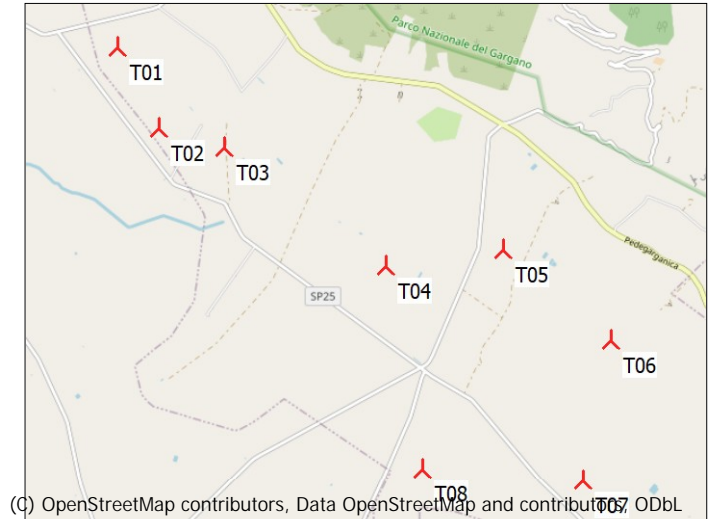
Main data for PARK

PARK calculation 3.6.377: V162 6MW

Count 8
Rated power 48,0 MW
Mean wind speed 6,8 m/s at hub height
Sensitivity 1,7 %AEP / %Mean Wind Speed
Expected lifetime 10 Years

RESULTS

		P50	P75	P90
NET AEP	[GWh/y]	136,9	124,8	114,0
Capacity factor	[%]	32,6	29,7	27,1
Full load hours	[h/y]	2.853	2.601	2.374

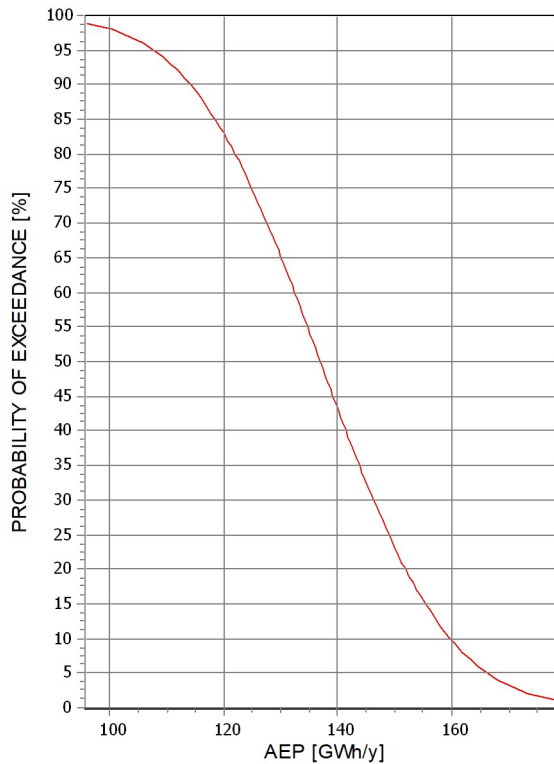


(C) OpenStreetMap contributors, Data OpenStreetMap and contributors, ODbL

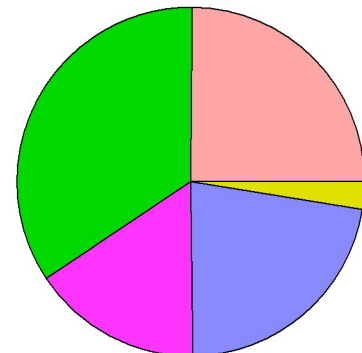
Scale: 100.000

Result details

	P50		Uncertainty
GROSS AEP *)	160,7 GWh/y		12,9 %
Bias correction	0,0 GWh/y	0,0 %	0,0 %
Loss correction	-23,7 GWh/y	-14,8 %	2,4 %
Wake loss		-3,9 %	
Other losses		-11,3 %	
NET AEP	136,9 GWh/y		13,1 %

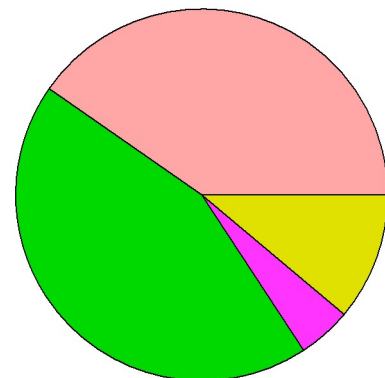


Loss: 14,8 %



1. Wake effects	3,9 %	2. Availability	5,4 %
3. Turbine performance	2,5 %	4. Electrical	3,5 %
5. Environmental	0,4 %	6. Curtailment	0,0 %
7. Other	0,0 %		

Uncertainty: 13,1 %



A. Wind data	8,7 %	B. Wind model	9,4 %
C. Power conversion	1,0 %	D. BIAS	0,0 %
E. LOSS	2,4 %		

Loss&Uncertainty - Assumptions and results

Calculation: V162 6MW
ASSUMPTIONS

BIAS					
	Method *)	Correction, wind speed [%]	Correction, AEP [%]	Std dev**) [%]	Comment
RIX correction	Estimate	0,0	0,0	0,0	RIX correction, 0,0%, included in PARK results,...
BIAS, total			0,0	0,0	
LOSS					
	Method *)	Loss [%]	Loss [GWh/y]	Std dev**) [%]	Comment
1. Wake effects					
Wake effects, all WTGs	Calculation	3,9	6,3	3,9	
2. Availability					
Turbine availability	Estimate	3,0	4,8	50,0	
Balance of plant (Substation)	Estimate	1,0	1,6	50,0	
Grid availability	Estimate	0,5	0,8	50,0	
Other availability	Estimate	1,0	1,6	50,0	
3. Turbine performance					
Power curve	Estimate	1,0	1,6	50,0	
Wind flow	Estimate	1,0	1,6	50,0	
Other turbine performance	Estimate	0,5	0,8	50,0	
4. Electrical					
Electrical losses	Estimate	3,0	4,8	50,0	
Facility consumption	Estimate	0,5	0,8	50,0	
5. Environmental					
Performance degradation not due to icing	Estimate	0,1	0,2	50,0	
Performance degradation due to icing	Estimate	0,1	0,2	50,0	
Shutdown due to icing, lightning, hail, etc.	Estimate	0,1	0,2	50,0	
Site access and other force majeure events	Estimate	0,1	0,2	50,0	
6. Curtailment					No input
7. Other					No input
LOSS, total		14,8	23,7	2,4	
UNCERTAINTY					
	Method *)	Std dev, wind speed [%]	Std dev, AEP [%]		Comment
A. Wind data					
Wind measurement/Wind data	Estimate	3,0	5,0		
Long term correction	Estimate	3,9	6,5		
Year-to-year variability	Estimate	5,2	8,7		
Future climate					
Reference WTGs					
Other wind related					
B. Wind model					
Vertical extrapolation	Calculation	2,5	4,2		
Horizontal extrapolation	Calculation	5,0	8,4		
Uncertainty of Terrain data					
Other wind model related					
C. Power conversion					
Power curve uncertainty	Calculation		1,0		
Metering uncertainty					
Site-specific impacts on power curve					
Differing technical operating behavior					
Other AEP related uncertainties					
D. BIAS, total uncertainty			0,0		
E. LOSS, total uncertainty			2,4		
UNCERTAINTY, total (1y average)			15,5		
UNCERTAINTY, total (10y average)			13,1		

Project:
Rignano

Licensed user:
RAVANO POWER SRL
Via XII Ottobre, 2/91
IT-16121 Genova ge

Antonio / antonio.lucafo@ravanopower.com
Calculated:
09/10/2023 18:09/3.6.377

Loss&Uncertainty - Assumptions and results

Calculation: V162 6MW

VARIABILITY		
Years	Variability (std dev) [%]	Total std dev [%]
1	8,74	15,5
5	3,91	13,4
10	2,76	13,1
20	1,95	12,9
10,00	2,76	13,1

Comment

RIX correction

RIX correction, 0,0%, included in PARK results, not treated as Bias.

RESULTS

AEP versus exceedance level / time horizon

PXX	1 y	5 y	10 y	20 y
[%]	[MWh/y]	[MWh/y]	[MWh/y]	[MWh/y]
50	136.924	136.924	136.924	136.924
75	122.621	124.578	124.844	124.980
84	115.836	118.720	119.114	119.314
90	109.748	113.465	113.972	114.230
95	102.044	106.815	107.466	107.796

*) Calculation means that a calculation method available in the windPRO software is used. This still typically involve a user judgement and user data where the quality of those decides the accuracy. If calculation method is used, the values will often be different from turbine to turbine, here the average is shown, but at page "WTG results" the individual turbine results are shown.

**) For totals the std dev refers to the full AEP, otherwise std dev refers to the bias or loss component which is a fraction of the total AEP.

Loss&Uncertainty - WTG results

Calculation: V162 6MW

Main data for PARK

PARK calculation 3.6.377: V162 6MW

Count 8
Rated power 48,0 MW
Mean wind speed 6,8 m/s at hub height
Sensitivity 1,7 %AEP / %Mean Wind Speed
Expected lifetime 10 Years



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

Scale: 100.000

Expected AEP per WTG including bias, loss and uncertainty evaluation

Description	Calculated GROSS*)	Bias	Loss	Unc.	10 years averaging		
					P50 **)	P75	P90
	[MWh/y]	[%]	[%]	[%]	[MWh/y]	[MWh/y]	[MWh/y]
T01 VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (31)	20.151,5	0,0	12,4	14,6	17.658,1	15.920,5	14.356,7
T02 VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (32)	20.321,5	0,0	14,5	13,9	17.372,6	15.747,9	14.285,7
T03 VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (33)	20.201,7	0,0	15,4	13,7	17.098,1	15.516,7	14.093,4
T04 VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (34)	19.948,7	0,0	15,4	13,0	16.866,7	15.383,6	14.048,7
T05 VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (35)	19.605,4	0,0	14,4	13,4	16.787,1	15.264,4	13.893,9
T06 VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (36)	19.773,2	0,0	15,6	13,0	16.679,4	15.215,4	13.897,8
T07 VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (37)	20.214,1	0,0	15,6	11,9	17.051,5	15.682,9	14.451,1
T08 VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (38)	20.446,1	0,0	14,8	11,5	17.410,7	16.056,6	14.837,8
PARK	160.662,3	0,0	14,8	13,1	136.924,1	124.844,3	113.972,1

*) NOTE: GROSS value is calculated as "free" turbine without wake losses or other losses.

**) P50 calculated for the park as a whole and as the sum of P50 for each WTG are only identical if the total losses for each individual turbine are identical (and hence identical to that of the park).

Loss&Uncertainty - Vertical extrapolation

Calculation: V162 6MW

Vertical extrapolation uncertainty

WTG

	Uncertainty input elevation difference [%/10m]	Uncertainty input height difference [%/10m]	Measure elevation [m a.s.l.]	Measure height [m a.g.l.]	Delta elevation [m]	Delta height [m]	Result (std dev AEP) [%]
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (31)	0,50	0,50	41,0	70,0	-11,0	49,0	4,2
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (32)	0,50	0,50	41,0	70,0	-11,0	49,0	4,1
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (33)	0,50	0,50	41,0	70,0	-11,0	49,0	4,2
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (34)	0,50	0,50	41,0	70,0	-14,3	49,0	4,3
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (35)	0,50	0,50	41,0	70,0	-12,3	49,0	4,3
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (36)	0,50	0,50	41,0	70,0	-13,2	49,0	4,4
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (37)	0,50	0,50	41,0	70,0	-12,6	49,0	4,3
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (38)	0,50	0,50	41,0	70,0	-11,0	49,0	4,2

Loss&Uncertainty - Horizontal extrapolation

Calculation: V162 6MW

Horizontal extrapolation uncertainty

WTG

	Uncertainty input, distance [%/km]	Lower threshold value [km]	Upper threshold value [km]	Distance [km]	Result (std dev AEP) [%]
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (31)	0,50	0,5	0,5	13,0	10,8
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (32)	0,50	0,5	0,5	11,8	9,8
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (33)	0,50	0,5	0,5	11,4	9,5
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (34)	0,50	0,5	0,5	9,8	8,3
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (35)	0,50	0,5	0,5	10,2	8,8
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (36)	0,50	0,5	0,5	9,4	8,1
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (37)	0,50	0,5	0,5	7,6	6,4
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (38)	0,50	0,5	0,5	7,1	5,9

Project:
Rignano

Licensed user:
RAVANO POWER SRL
Via XII Ottobre, 2/91
IT-16121 Genova ge

Antonio / antonio.lucafo@ravanopower.com
Calculated:
09/10/2023 18:09/3.6.377

Loss&Uncertainty - Power curve uncertainty

Calculation: V162 6MW

Description	User label	Calculation type	Input	Unit	Result
					[%]
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (31)	T01	Simple, constant-%	1,00	%	1,0
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (32)	T02	Simple, constant-%	1,00	%	1,0
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (33)	T03	Simple, constant-%	1,00	%	1,0
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (34)	T04	Simple, constant-%	1,00	%	1,0
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (35)	T05	Simple, constant-%	1,00	%	1,0
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (36)	T06	Simple, constant-%	1,00	%	1,0
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (37)	T07	Simple, constant-%	1,00	%	1,0
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (38)	T08	Simple, constant-%	1,00	%	1,0