



Regione Puglia
Provincia di Foggia
Comuni di Serracapriola



Oggetto:

Progetto per la realizzazione di un parco eolico della potenza di 108 MW
e relative opere di connessione

PROGETTO DEFINITIVO

Proponente:

EOS SERRA 2 S.r.l.



Parco Eolico "Eos Serra 2"

Comune: Serracapriola (FG)

Fogli di mappa WTG: 53-56-58-59-60-51-54-47-49-48-40-39

Nome elaborato:

PEI641ES2_PD_33_RelazioneProducibilità

Scala:



Rev.	Data	Descrizione
1	07/02/2024	Progetto Definitivo
2		
3		
4		
5		

Numero elaborato:

PD_33

Formato pagina:

A4

Codice Progetto:

PEI641ES2

Orientamento:



Studio Tecnico:



DL COSTRUZIONI E SERVIZI SRL
Via Tratturo Castiglione, 26 - 71121 Foggia
P.IVA: 04381520719

Tecnico Incaricato:

Ing. Angela O. Cuonzo

Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Foggia n. 2653



INDICE

PREMESSA	Pag. 2
1 MATERIALE UTILIZZATO	Pag. 3
1.1 DATI DEL VENTO	Pag. 3
1.2 LAYOUT D'IMPIANTO	Pag. 5
1.3 MODELLO AEROGENERATORE	Pag. 7
2 ELABORAZIONE DATI DEL VENTO	Pag. 8
3 TRATTAMENTO DEI DATI ANEMOMETRICI	Pag. 9
4 MODELLO TERRITORIALE	Pag. 10
5 MODELLO DI CALCOLO	Pag. 12
5.1 DATI ANEMOMETRICI IN INPUT AL MODELLO	Pag. 13
5.2 VERIFICHE SUL MODELLO	Pag. 14
5.2.1 VERIFICA DELL'APPROSSIMAZIONE DELLA CURVA DI WEIBULL	Pag. 14
5.2.2 VERIFICA IN RELAZIONE ALL'ATLANTE EOLICO NAZIONALE	Pag. 15
6 ANDAMENTO DELLA VENTOSITÀ SUL SITO	Pag. 16
7 VALUTAZIONE DELLA PRODUZIONE ATTESA	Pag. 17
8 VALUTAZIONE DELLE INCERTEZZE	Pag. 18
9 CONCLUSIONI	Pag. 20
ALLEGATI	
- PRODUCIBILITA' VESTAS V162-6.0	

PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di determinare la produzione attesa di un parco eolico composto da n. 18 aerogeneratori di potenza nominale di 6.0 MW, per una potenza complessiva dell'impianto di 108 MW da realizzare nel territorio del comune di Serracapriola (FG), località "Boccardo, Colle S. Angelo, Pozzo Murato, Ciavatta, Maddalena, Mezzana e Pezza Cannello" e con opere di connessione ricadenti nel comune di Rotello (CB), per conto della società EOS SERRA 2 S.r.l., con sede legale in Foggia, alla via Torelli, n. 22 c/o Dellisanti & Partners S.r.l. – P. Iva 04465760710, rappresentata dall'amministratore unico Tarquinio Antonio.

L'attività consiste anzitutto nell'esame, analisi, validazione ed elaborazione dei dati di vento acquisiti in sito, e nel valutare la produzione attesa dell'impianto.

Alla luce dei risultati parziali ottenuti durante tutte le fasi del processo e di quelli finali di stima, si è proceduto a determinare un quadro critico dell'attendibilità dei risultati e delle eventuali necessarie approssimazioni di cui tenere conto nello stabilire la resa finale dell'impianto.

L'attività è stata svolta con approccio e strumenti professionali, secondo quanto previsto dalle metodologie internazionali per la valutazione preventiva della produzione attesa degli impianti eolici.

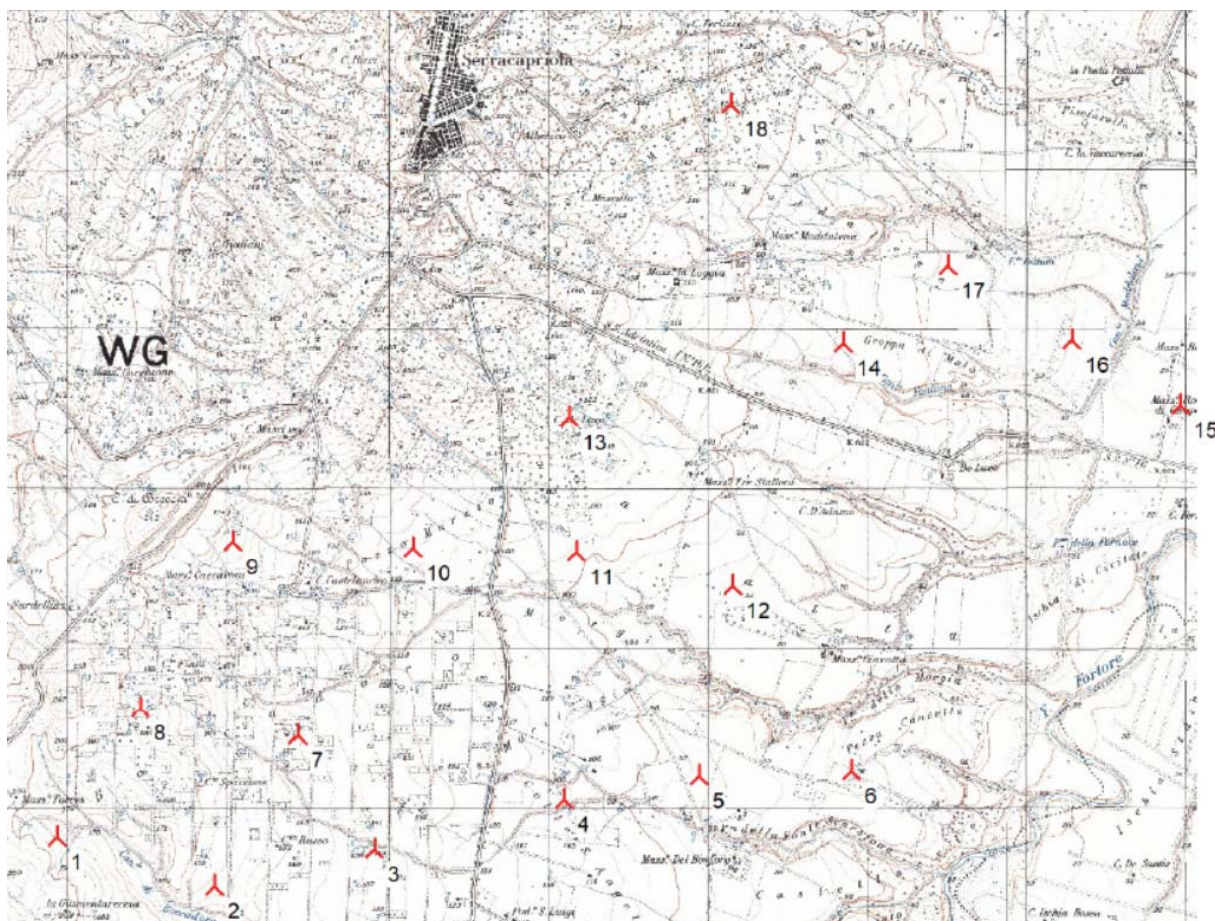
1 DATI DI INPUT

I dati di input utilizzati per consentire la presente valutazione di produzione attesa sono rappresentati da:

- il layout dell'impianto;
- n°1 modello di aerogeneratore, col quale realizzare la stima di produzione;
- dati del vento, in formato binario, raccolti da una stazione anemometrica accreditata.

1.1 LAYOUT D'IMPIANTO

Il progetto prevede l'installazione di n. 18 aerogeneratori da 6.0MW di potenza nominale nel territorio comunale di Serracapriola (FG).



Di seguito vengono riportate le coordinate nel sistema di riferimento UTM - WGS84.

PROGETTO: EOS SERRA 2					
WTG	Comune	Foglio	Particella	Coordinate WTG (UTM84-33N)	
				Est	Nord
B1	Serracapriola	53	45	510864.44	4623621.84
B2	Serracapriola	56	190	511845.84	4623311.17
B3	Serracapriola	58	121	512841.45	4623544.56
B4	Serracapriola	59	44	514029.80	4623854.36
B5	Serracapriola	60	77	514878.33	4624001.95
B6	Serracapriola	51	212	515832.49	4624035.85
B7	Serracapriola	56	54	512362.40	4624257.42
B8	Serracapriola	54	68	511386.07	4624425.92
B9	Serracapriola	47	48	511962.13	4625475.47
B10	Serracapriola	47	104	513084.45	4625436.42
B11	Serracapriola	49	101	514110.28	4625410.07
B12	Serracapriola	49	92	515091.15	4625196.67
B13	Serracapriola	48	142	514064.04	4626250.00
B14	Serracapriola	40	375	515783.26	4626715.02
B15	Serracapriola	40	274	517897.07	4626322.93
B16	Serracapriola	40	231	517215.09	4626734.41
B17	Serracapriola	40	385-382	516441.23	4627199.70
B18	Serracapriola	39	124	515076.33	4628216.61

Il sito d'installazione si trova ad almeno 1,5km a Sud-Est rispetto al centro abitato.

L'area di progetto si estende per circa 16kmq su un territorio collinare, con quote che variano dai 50m ai 200m slm. La destinazione comunale è agricola con prevalenza di seminativi, solcata da varie aste torrentizie e servita prevalentemente da strade comunali ed interpoderali.

L'area è mediamente interessata da insediamenti eolici, in particolare un parco eolico composta da n. 7 macchine di potenza nominale pari o superiore a 2 MW e una macchina autorizzata. Di questi aerogeneratori si è tenuto conto nell'analisi di producibilità.

WTG ESISTENTE	Coordinate Impianti FER (UTM84-33N)	
	Est	Nord
P1 _{esistente}	510755.99	4625329.76
P2 _{esistente}	511215.90	4625542.21
P3 _{esistente}	511569.42	4625791.00
P4 _{esistente}	512269.91	4625875.55
P5 _{esistente}	512618.24	4626094.50
P6 _{esistente}	513125.09	4626246.07
P7 _{esistente}	513451.30	4625827.72
WTG Autorizzata	Coordinate Impianti FER	
	Est	Nord
Q1 _{autorizzata}	513251.46	4624684.15

La distanza dalle due macchine più vicine risulta superiore a 500m, e quindi la loro presenza influenza in minima percentuale la resa produttiva dell'impianto di progetto.

WTG distances

Z	Nearest WTG	Z	Horizontal distance	Distance in rotor diameters (max)	Distance in rotor diameters (min)
[m]		[m]	[m]		
1	8	190,4	958	5,9	5,9
2	3	133,2	1.023	6,3	6,3
3	7	150,2	859	5,3	5,3
4	5	90,6	861	5,3	5,3
5	4	105,9	861	5,3	5,3
6	5	90,6	955	5,9	5,9
7	3	133,2	859	5,3	5,3
8	1	185,1	958	5,9	5,9
9	21	214,0	504	5,0	3,1
10	25	114,3	536	5,4	3,3
11	25	114,3	780	7,8	4,8
12	11	99,1	1.004	6,2	6,2
13	25	114,3	744	7,4	4,6
14	17	71,5	817	5,0	5,0
15	16	48,9	797	4,9	4,9
16	15	27,3	797	4,9	4,9
17	14	81,7	817	5,0	5,0
18	14	81,7	1.660	10,2	10,2
19	20	206,6	507	5,1	5,1
20	21	214,0	432	4,3	4,3
21	20	206,6	432	4,3	4,3
22	23	161,0	411	4,1	4,1
23	22	158,1	411	4,1	4,1
24	23	161,0	529	5,3	5,3
25	24	135,5	530	5,3	5,3
26	10	117,0	771	7,7	4,8

▲ New WTG
 * Existing WTG

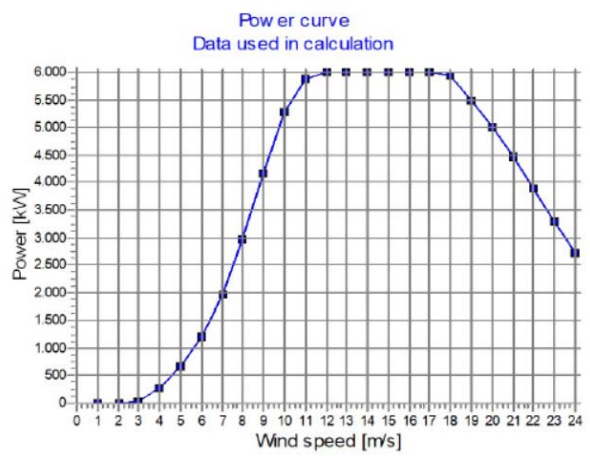
1.3 MODELLO AEROGENERATORE

Il modello di aerogeneratore indicato per la valutazione della produzione attesa dell'impianto è riportato nella tabella sottostante:

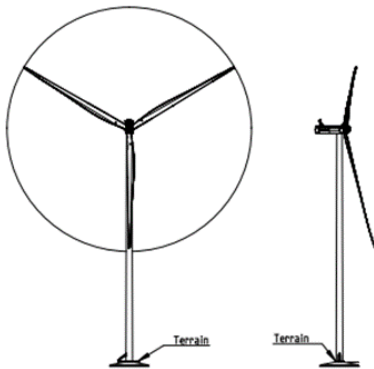
Costruttore	Modello	Diametro rotore (m)	Potenza nominale (kW)	H mozzo (m)	Densità aria (Kg/m ³)
VESTAS	V162 EnVentus	162	6000	119	1,225

La curva di potenza è stata fornita dalla casa costruttrice e nel calcolo è stato utilizzato un valore standard della densità dell'aria corrispondente al livello del mare, cioè di 1,225 Kg/m³.

La curva è da considerarsi teorica poiché non è calcolata sulle caratteristiche specifiche del sito.

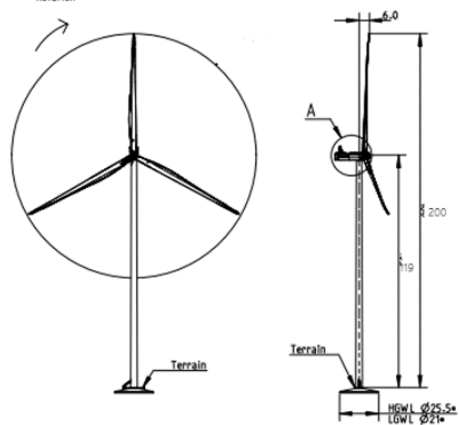


Blade in Y Position



Direction of Rotation

Blade in Inverted-Y Position



1.1 DATI DEL VENTO

I dati di vento forniti per la valutazione della produzione attesa dell'impianto corrispondono a quelli registrati da una stazione anemometrica installata in sito. Dai rapporti di installazione forniti si desumono le seguenti denominazioni delle stazioni, i relativi codici e le posizioni.

La data di installazione della stazione anemometrica ed il periodo di dati rilevati sono indicati nella tabella seguente:

Nome	Codice	Periodo di rilevazione		N°
Stazione	Stazione	Data inizio	Data fine	mesi
RIGNANO G.	N2-02153	27/10/2006	07/10/2008	24

Nome	Codice	H Torre	Coordinate GAUSS-BOAGA		Altitudine
Stazione	Stazione	s.l.s.	Longitudine E	Latitudine N	s.l.m.
RIGNANO GARGANICO	N2-02153	50m	2565750	4608495	34

La stazione è costituita da una torre tubolare di altezza complessiva pari a 50 m s.l.t. sul quale sono fissati sei ordini di stralli costituiti ognuno da 3 tiranti assicurati al terreno mediante piastre interrate 1,5 m sotto terra.

Lo schema strutturale delle stazioni anemometriche è riportato in figura; la disposizione dei sensori è in totale rispetto della specifica IEC 61400.

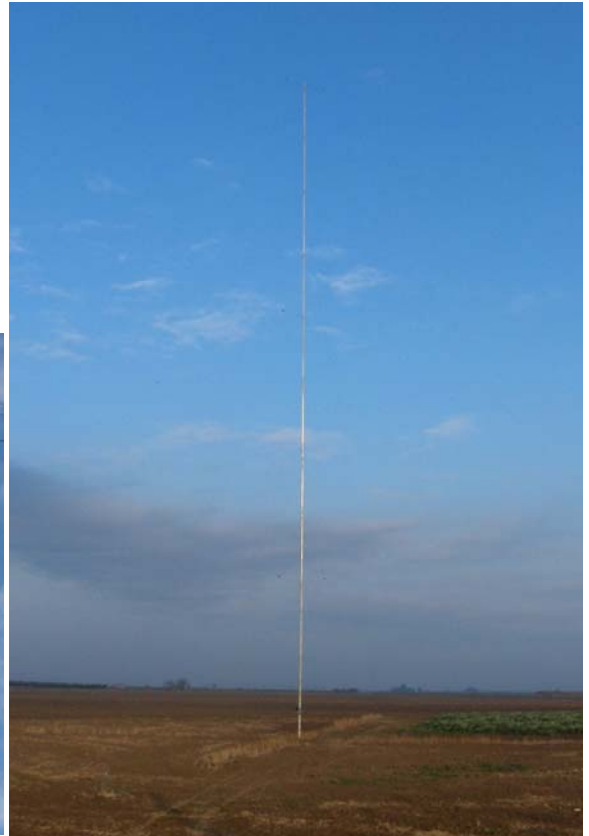
Il traliccio ospita la seguente strumentazione:

- ✓ 3 sensori di tipo NRG 40C per la rilevazione della velocità del vento, posizionati alle quote di 30, 40 e 50 m s.l.t. e orientati a 90° N: tutti i sensori sono calibrati Measnet;
- ✓ 3 sensori di tipo NRG 200P per la rilevazione della direzione del vento, posizionati quasi alle stesse quote e orientati a 270° N;
- ✓ 1 sensore per la rilevazione della temperatura dell'aria fissato a 70 metri di altezza del tipo NRG 110S;
- ✓ acquirente dati modello Secondwind Nomad2 GSM;
- ✓ modem GSM/GPRS e Memory card;
- ✓ luce di segnalazione per l'illuminazione notturna.

La stazione è alimentata da un pannello solare da 10 W e da batterie da 9,60 e 14V.

La velocità del vento viene registrata con un intervallo di campionamento di 2 s e ogni 10 minuti vengono calcolati e memorizzati la velocità media, minima, massima e la deviazione standard. Ciò consente una corretta stima della distribuzione statistica dei dati e una approfondita analisi della turbolenza del vento che è un parametro importante per la corretta scelta delle macchine e della loro disposizione nel layout della Wind Farm.

I dati esistenti di velocità e direzione del vento non sono tutti utili in ugual misura: risultano essere di particolare interesse ai fini dello sfruttamento energetico quelli rilevati ad altezze dal suolo paragonabili a quelle del mozzo degli aerogeneratori.



2 ELABORAZIONE DATI DEL VENTO

L'elaborazione di dati rilevati è necessaria per la determinazione dell'AEP (Annual Energy Production) e per determinare gli indicatori sintetici delle caratteristiche anemologiche quali la velocità media, il parametro di forma k e il parametro di rugosità α .

L'analisi dei dati meteorologici rilevati è stata effettuata con il software WindPro 2.7, sviluppato da EMD International. Il programma offre una gamma di opzioni per calcolare la produzione di energia, consentendo di gestire e combinare differenti turbine e dati di vento.

L'introduzione dei dati di vento all'interno del software viene fatta tramite un Oggetto Meteo, importando il file di dati. Il controllo di qualità dei dati di vento è fondamentale per una valutazione affidabile della produzione; dati errati devono essere eliminati in modo da non pesare sul risultato finale.

Dal punto di vista della qualificazione anemologica di un sito, la velocità media non è un parametro sufficiente a determinare lo stato di ventosità dell'area, pertanto deve essere introdotto il diagramma di frequenza ore-vento, strettamente legato al concetto di probabilità del vento.

Suddividendo il dominio di velocità del vento in bande di ampiezza (tipicamente 0,5 o 1 m/s) per ciascun intervallo di osservazione si può rapportare il tempo in cui si è osservato il fenomeno rispetto al periodo totale di osservazione.

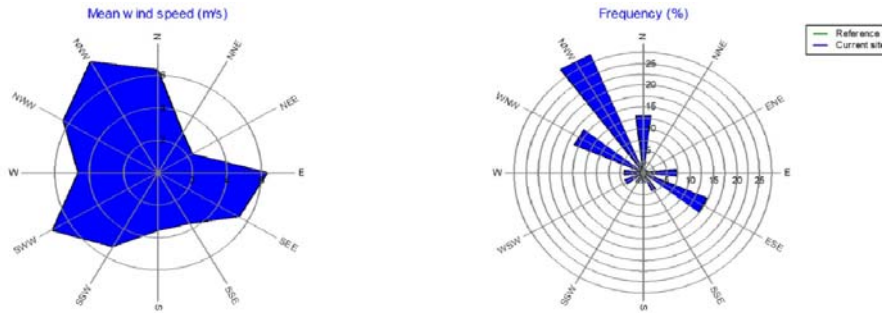
Esistono diversi modelli matematici che consentono di simulare una distribuzione statistica di probabilità del vento; il più utilizzato è il modello a due parametri di Weibull espresso dalla seguente relazione:

$$f_i = \frac{k}{c} \left(\frac{v_i}{c} \right)^{k-1} e^{-\left(\frac{v_i}{c} \right)^k}$$

dove f_i è la probabilità che la velocità del vento risulti compresa tra il valore minimo e quello massimo dell' i -esimo intervallo, v_i è il valore centrale dell'intervallo, k è il parametro di forma della distribuzione (adimensionale) e c il parametro di scala (m/s), legato alla velocità media della distribuzione.

Viene definita, infine, la densità di potenza come la potenza media del flusso ad unità di area spazzata dal rotore: una quota parte di questa verrà convertita dal rotore in potenza meccanica disponibile all'asse del generatore.

Con un ragionamento del tutto analogo a quanto visto per la velocità e la frequenza ore-vento, può essere effettuato un campionamento sulla direzione del vento al fine di determinare la rosa dei venti e le direzioni prevalenti. L'intervallo di campionamento scelto è pari a 30°, il che corrisponde a suddividere l'angolo giro in 12 settori d'interesse. L'analisi applicata al caso di studio in esame, porta alla determinazione delle rose dei venti.



UTM WGS 84 Zone: 33 East: 545.745,15 North: 4.608.485,37
 VESTAS V162-6.0 6000 162.0 IOI

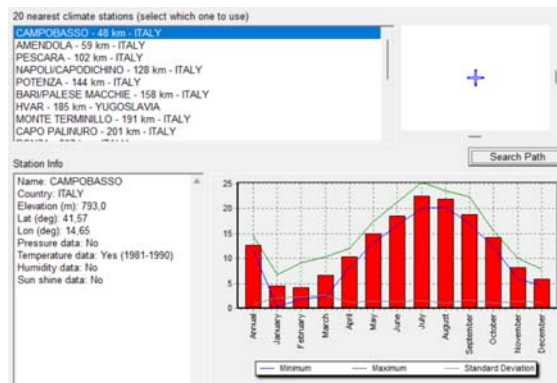
Sector	Wind gradient exponent	Sum	0,00	0,50	1,50	2,50	3,50 - 4,50	4,50 - 5,50	5,50 - 6,50	6,50 - 7,50	7,50 - 8,50	8,50 - 9,50	9,50 - 10,50	10,50 - 11,50	11,50 - 12,50	12,50 - 13,50	13,50 - 14,50	14,50 - 15,50	15,50 - 16,50	16,50 - 17,50	17,50 - 18,50	18,50 - 19,50	19,50 - 20,50	20,50 - 21,50	21,50 - 22,50
0 N	0,128	13520	354	917	1162	1192	1357	1687	1559	1405	1169	949	658	466	273	159	80	50	45	14	15	4		5	
1 NNE	0,135	828	112	272	165	98	39	36	19	21	21	19	14	5	5	2									
2 ENE	0,054	873	117	303	186	105	62	29	21	18	19	11			1	1									
3 E	0,166	7451	178	430	595	580	742	934	1126	1091	799	503	235	145	57	21	10	5							
4 ESE	0,098	15220	169	582	1136	1872	2420	2763	2334	1878	1169	618	236	35	5	2	1								
5 SSE	0,147	4611	204	583	979	998	832	534	278	106	46	21	13	8	3	3	1	1	1						
6 S	0,173	2323	147	485	464	398	282	220	144	84	49	20	11	8	4	3	1			2					
7 SSW	0,183	2633	120	387	400	271	211	245	247	244	186	121	78	54	36	20	6	3	4						
8 WSW	0,137	4335	208	388	390	273	326	318	346	388	301	319	291	266	196	154	74	53	31	10			1		
9 W	0,148	4026	225	495	711	655	474	375	327	222	201	96	65	55	50	37	25	12	1						
10 WNW	0,170	16466	247	808	1446	1709	2149	2203	2203	1711	1359	1005	687	399	220	111	81	40	27	30	20	9	2		
11 NNW	0,125	30097	306	808	1224	1702	2413	2682	3411	3585	3540	3224	2585	1921	1273	757	364	147	75	50	13	10	4	2	1
Sum		102383	2387	6458	8858	9853	11307	12026	12015	10753	8859	6906	4873	3362	2123	1270	643	311	185	106	50	24	6	7	1

3 TRATTAMENTO DEI DATI ANEMOMETRICI

I dati anemometrici disponibili per la valutazione della produzione attesa per l'impianto eolico di Carapelle sono quelli ottenuti dal processo di validazione dei dati rilevati dalla stazione anemometrica installata in sito.

La verifica del posizionamento storico dei dati di ventosità rilevati è stata effettuata tramite correlazioni con dati storici della stazione di Campobasso, appartenenti alla Rete Meteorologica dell'Aeronautica Militare. Il processo di storicizzazione ha portato a considerare la velocità media annua registrata dalla stazione allineata a quella attesa nel lungo periodo.

Pertanto non si è applicato alcun correttivo alle velocità media rilevata in sito.



4 MODELLO TERRITORIALE

Il modello digitale del terreno è derivato dalla Cartografia IGM in scala 1:25.000, con curve di livello equidistanti di 25 m, sulla quale è stata ricavata un'orografia di dettaglio con curve di livello ogni 2,5m, data la natura pianeggiante del sito.

Una questione di rilevante importanza per una corretta analisi è la determinazione delle caratteristiche di ventosità al variare della quota rispetto al piano del terreno, poiché l'attrito tra l'aria e il terreno rallenta il vento in prossimità del suolo, creando un profilo di velocità anche detto "strato limite" dovuto al fatto che l'effetto di rallentamento è meno rilevante all'allontanarsi dal suolo.

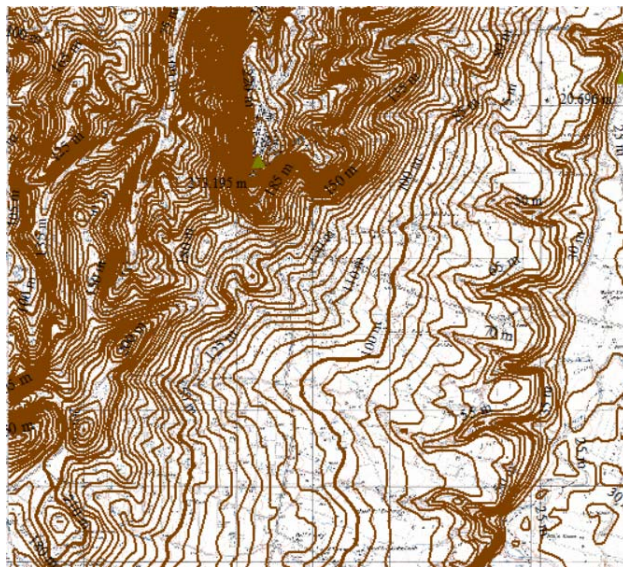
L'andamento della velocità con la quota dipende per la maggior parte dalla natura del terreno e dagli ostacoli presenti: edifici, alberi, cespugli, rocce.

Nel territorio oggetto di interesse, alle altezze tipiche di installazione degli aerogeneratori (20 – 80 m), a parità di vento in quota, la velocità del vento sarà minore per terreni di maggiore scabrezza.

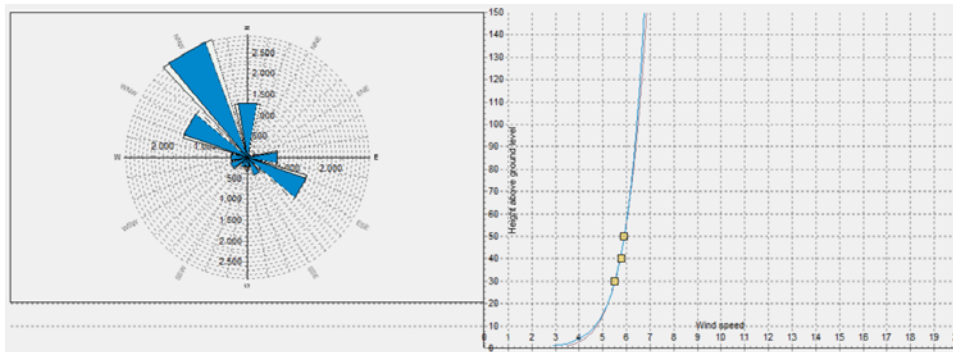
Per determinare il profilo di velocità del vento con la quota possono adoperarsi diversi modelli, di diversa complessità e accuratezza.

In sede di analisi preliminare, secondo indicazioni valutate sulla carta e in sito, si può desumere un valore indicativo del parametro di rugosità (adimensionale) che andrà ad integrare il modello del terreno secondo il seguente schema:

- rugosità $z_0=0,00$ prevista per le superfici d'acqua;
- rugosità $z_0=0,03$ prevista per pascoli con rare costruzioni e ostacoli vegetali diffusi e di modesta altezza;
- rugosità $z_0=0,12$ prevista per aree agricole aperte con presenza limitata di ostacoli bassi;
- rugosità $z_0=0,15$ prevista per coltivazioni a uliveti e abitazioni sparse;
- rugosità $z_0=0,2$ prevista per macchie boschive;
- rugosità $z_0=0,3$ prevista per zone urbane e boschi;
- rugosità $z_0=0,4$ prevista per i centri urbani con edifici alti.



Quanto esposto viene sintetizzato graficamente dal profilo ottenuto con il software WindPro e di seguito riportato.



Si tratta di un terreno prevalentemente pianeggiante, privo di rilievi e vegetazione arborea, trattandosi di suoli seminativi.

5 MODELLO DI CALCOLO

La valutazione di produzione attesa è stata realizzata con il codice di calcolo WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program), messo a punto dal Risoe National Laboratory di Danimarca e basato su un modello matematico del flusso del vento.

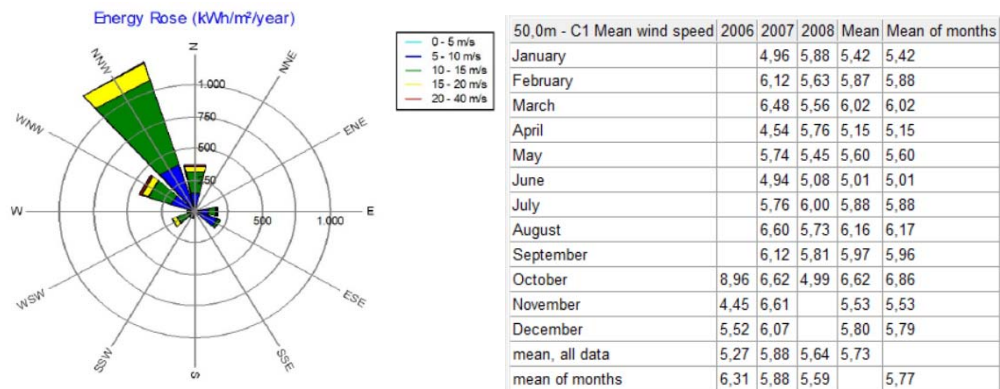
Il programma utilizza i dati anemologici per calcolare il vento geostrofico (vento indisturbato in quota) per una superficie di diversi km di raggio. Sovrapponendo tale vento al modello tridimensionale del terreno, il programma valuta l'andamento della velocità del vento e più in generale i parametri statistici della distribuzione della velocità in punti arbitrari di tale superficie, tenendo conto della sua natura orografica, della rugosità del terreno e dell'eventuale presenza di ostacoli al flusso del vento.

Il campo di velocità fornito dal modello è tridimensionale e ciò consente di disporre in modo naturale anche del profilo della velocità media del vento a varie altezze dal suolo.

5.1 DATI ANEMOMETRICI IN INPUT AL MODELLO

Il codice di calcolo WAsP utilizza la distribuzione di Weibull per rappresentare i dati di vento e per definire il campo di vento indisturbato sull'area (Atlas). Esso effettua una regressione delle distribuzioni della velocità del vento rilevate per ciascuna direzione e determina i parametri A (valore caratteristico) e k (fattore di forma) della distribuzione di Weibull.

Le figure sottostanti riproducono la rosa dei venti e la disponibilità dei dati in ingresso al modello.



Di seguito è riportata la tabella anemologica che contiene in dettaglio tutti i parametri in input al modello di calcolo WAsP.

Nella tabella sono riportati, per ciascuno dei 12 settori di direzione in cui è stato suddiviso l'angolo giro di 360° i seguenti parametri:

- **A** velocità caratteristica in m/s della distribuzione di Weibull
- **k** fattore di forma della distribuzione di Weibull
- **U** velocità media in m/s
- **P** potenza specifica della vena fluida in W/m²
- **f** frequenza percentuale del settore di provenienza del vento (dato misurato).

Sector	A parameter	k parameter	frequency	Mean wind speed
Mean	6,637	2,0357	100,000	5,880
0-N	6,706	2,0247	13,205	5,942
1-NNE	2,667	1,0429	0,809	2,622
2-ENE	2,478	1,1955	0,853	2,333
3-E	6,551	2,7203	7,278	5,827
4-ESE	5,754	2,6915	14,866	5,116
5-SSE	3,741	1,9175	4,504	3,319
6-S	3,588	1,5102	2,269	3,236
7-SSW	5,438	1,7259	2,572	4,847
8-WSW	7,612	1,9833	4,234	6,747
9-W	4,603	1,4480	3,932	4,174
10-WNW	6,417	2,0588	16,083	5,684
11-NNW	8,258	2,6734	29,396	7,342

Tali distribuzioni sperimentali vengono quindi interpolate dal modello WAsP utilizzando la legge di distribuzione di Weibull che è sinteticamente definita dai due parametri **A** e **k** sopra indicati.

5.2 VERIFICHE SUL MODELLO

Dovendo agire all'interno di un modello virtuale e volendo disporre di risultati analizzabili criticamente, prima di intraprendere qualunque attività di valutazione con WASP, occorre verificare che i dati in input al modello abbiano riprodotto un ambiente virtuale coerente con la realtà del sito.

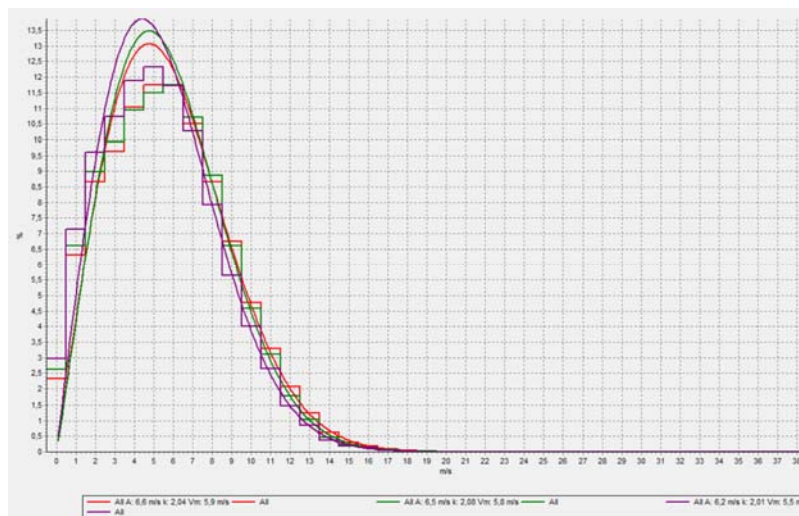
5.2.1 VERIFICA DELL'APPROSSIMAZIONE DELLA CURVA DI WEIBULL

La verifica consiste nel confronto tra i parametri sperimentali (Measured) della stazione anemometrica, in termini di velocità media del vento e di potenza della vena fluida, e quelli stimati dal modello di calcolo, prima in astratto e poi calati nel contesto territoriale specifico del sito.

Le verifiche effettuate sulla curva di Weibull mostrano la capacità del modello di calcolo a interpretare correttamente i dati forniti in input, con qualche lieve tendenza alla sovrastima.

In ogni caso, le approssimazioni introdotte dal modello di calcolo si possono correggere con opportuni metodi di aggiustamento della stima.

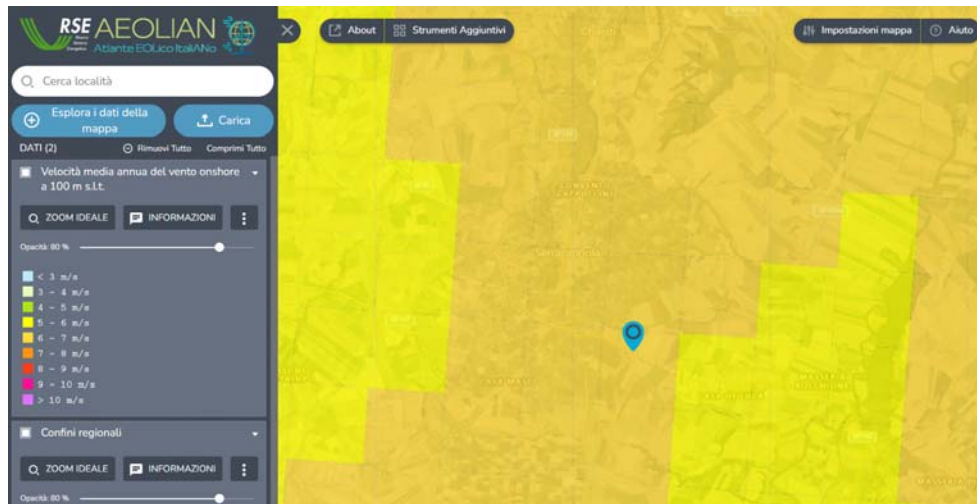
Nel caso di specie, i risultati ottenuti sono stati ridotti del 10% in modo che risultino più conservativi e aderenti alla realtà.



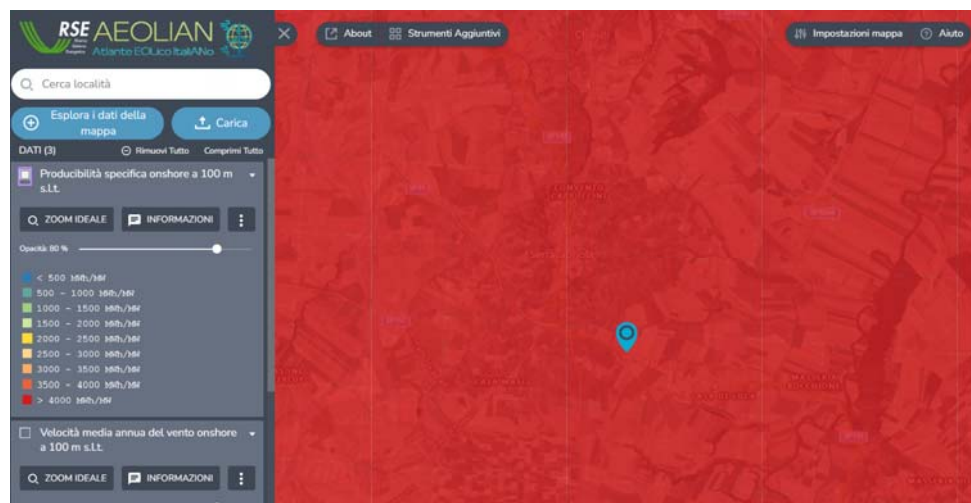
5.2.2 VERIFICA IN RELAZIONE ALL'ATLANTE EOLICO NAZIONALE

La verifica consiste in un confronto tra quelle che sono le medie del vento rilevate dall'anemometro in sito e quelle riportate dall'Atlante Eolico Interattivo Nazionale curato dall'RSE S.p.A. (Ricerca sul Sistema Energetico), società diretta e coordinata dal GSE SpA.

La velocità del vento riportata sulle carte dell'Atlante ad un'altezza dal suolo di 100m per il sito in questione varia da 5 a 7 m/s, e quindi confrontabile con i dati rilevati dall'anemometro.



Dalla verifica sulla ventosità si può quindi procedere ad una stima di massima della producibilità media del sito ad altezza di 100m.



La mappa fornisce, per il sito in esame, una producibilità specifica di 4000MWh/MW a 100m sls.

6 ANDAMENTO DELLA VENTOSITÀ SUL SITO

Il codice di calcolo WASP utilizza i dati forniti, in relazione al modello tridimensionale del terreno, per calcolare il campo di velocità del vento su un'area definita dall'operatore coincidente con quella dell'impianto. Il campo di vento viene restituito in forma tridimensionale e consente perciò di disporre anche del profilo della velocità media del vento a varie altezze dal suolo.

Con l'ausilio dei dati della stazione anemometrica è stato possibile risalire all'andamento della velocità del vento al variare della quota nell'area oggetto d'interesse, ottenendo i seguenti valori medi:

RIGNANO GARGANICO	30m	40m	50m	DIREZ.
V media (m/s)	5,33	5,60	5,73	NNW

E' stato quindi possibile costruire un campo di vento ad un'altezza media del mozzo di 119m, ottenendo una velocità media disponibile di 6,46m/s.

La distribuzione della ventosità sul sito è indicativa poiché non può prescindere dalle approssimazioni introdotte dalla curva di Weibull e dall'estrapolazione della velocità del vento al mozzo operata autonomamente dal modello di calcolo.

7 VALUTAZIONE DELLA PRODUZIONE ATTESA

La produzione attesa per l'impianto in oggetto è stata valutata in relazione al modello di aerogeneratore e al posizionamento forniti dal Committente.

La curva di potenza utilizzata è quella fornita dalla casa costruttrice e calcolata alla densità dell'aria di 1,225 kg/m³, corrispondente alla densità standard del livello del mare.

Per rendere i risultati più aderenti al vero, occorre eliminare le perdite, di cui la prima da considerare è quella dovuta alla effettiva densità dell'aria del sito, in quanto per il calcolo è stata utilizzata la curva di potenza dell'aerogeneratore alla densità standard dell'aria.

Tale perdita, indicata in termini percentuali nella tabella sottostante, viene calcolata utilizzando la curva di potenza alla effettiva densità dell'aria del sito.

Nel caso specifico essa varia da 1,178 a 1,196 kg/m³, corrispondente ad un'altezza variabile dai 146,3m ai 309,4 s.l.m., ossia nel range comprendente le quote degli hub degli aerogeneratori di progetto.

Il passo successivo dell'analisi consiste nella valutazione delle perdite di energia (perdite elettriche, di produzione, di potenza) al fine di pervenire alla determinazione dell'energia che risulterà disponibile per essere ceduta alla rete elettrica.

Occorre quindi prendere in considerazione altre perdite dovute a:

- disponibilità dell'aerogeneratore nel corso dell'anno (manutenzione, distacchi rete, condizioni meteo sfavorevoli),
- degradazione della superficie delle pale,
- disponibilità della rete,
- perdite elettriche d'impianto,
- altre perdite.

Tra le altre perdite si potrebbero considerare quelle di scia, dovute alla presenza delle macchine circostanti, ma in questo caso, trattandosi di macchine a notevole distanza, questa perdita è quasi nulla, come evidenziato dalla produzione GROSS e quella lorda ricavate dal programma.

Costruttore	Modello	Potenza	H mozzo	Diam.	Prod. Gross (Free WTG)	Prod. Lorda
		(KW)	(m)	(m)	(MWh/y)	(MWh/y)
VESTAS	V162-6.0	6.000	119	162	338.560,70	321.886,10

In considerazione delle varie perdite indicate, si è deciso di valutare una perdita totale sull'impianto pari al 10%, ottenendo la seguente produzione netta:

Costruttore	Modello	Potenza	H mozzo	Diam.	Prod. Lorda	Loss	Prod. Netta
		(KW)	(m)	(m)	(MWh/y)	%	(MWh/y)
VESTAS	V162-6.0	6.000	119	162	321.886,10	10	289.697,40

L'energia riportata nell'ultima colonna della tabella rappresenta la stima della produzione netta annua del parco eolico in progetto cedibile alla rete.

In particolare, tutte le macchine hanno un'efficienza superiore al 90%, e 10 macchine su 18 avranno un'efficienza superiore al 95%.

Calculated Annual Energy for each of 18 new WTGs with total 108,0 MW rated power

Terrain	WTG type			Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Power curve		Annual Energy		Park	
	Valid	Manufact.	Type-generator				Creator	Name	Result	Result-10,0%	Efficiency	Mean wind speed
				[kW]	[m]	[m]			[MWh]	[MWh]	[%]	[m/s]
1 A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0	18.148,5	16.334	96,9	6,46
2 A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0	17.412,5	15.671	92,9	6,46
3 A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0	16.797,1	15.117	89,4	6,46
4 A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0	17.210,5	15.489	91,5	6,46
5 A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0	17.192,9	15.474	91,3	6,46
6 A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0	17.558,3	15.802	93,1	6,46
7 A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0	17.336,4	15.603	92,4	6,46
8 A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0	17.604,0	15.844	94,0	6,46
9 A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0	17.552,8	15.798	93,6	6,46
10 A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0	17.317,3	15.586	92,1	6,46
11 A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0	17.368,4	15.632	92,3	6,46
12 A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0	17.917,3	16.126	95,1	6,46
13 A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0	18.318,9	16.487	97,4	6,46
14 A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0	18.059,9	16.254	95,8	6,46
15 A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0	18.058,6	16.253	95,5	6,46
16 A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0	17.689,6	15.921	93,7	6,46
17 A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0	17.916,0	16.124	95,0	6,46
18 A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0	18.409,6	16.569	98,0	6,46

8 VALUTAZIONE DELLE INCERTEZZE

Generalmente, la simulazione è effettuata sui percentili probabilistici P50, P75 e P90, ossia le produzioni annue la cui probabilità di essere superate è pari, rispettivamente, al 50%, al 75% e al 90%: maggiore è la probabilità di superamento "P", minore risulterà la produzione attesa e, di conseguenza, maggiore sarà il livello di cautela adottato.

Nella pratica tecnica, è prassi considerare il livello P75 per modellizzare il "Caso Base" del modello economico, utilizzando gli altri due scenari come input per l'analisi di sensitività ("Best Case" per il P50 e "Worst Case" per il P90) finalizzata a valutare la solidità dell'operazione. E' pertanto lecito considerare che il valore P75 sia un compromesso tra la necessità di un approccio conservativo, legato alla volubilità della fonte eolica, ed il livello di produzione medio, calcolato mediante la simulazione basata sui dati anemometrici registrati in sito.

Occorre quindi individuare le differenti cause di incertezza da considerate.

Quelle prese in considerazione riguardano:

- ✓ Misurazione del vento
- ✓ Elaborazione dei dati
- ✓ Calcolo di produzione energetica

Per quanto riguarda la misurazione del vento, occorre considerare i seguenti contributi di incertezza, intesa come deviazione standard della velocità del vento:

Calibrazione: Valutare se gli anemometri utilizzati sono stati correttamente calibrati.

Tipologia degli anemometri: Verificare che la tipologia di anemometri sia conforme ai più elevati standard anemologici, con caratteristica lineare e di classe più elevata.

Montaggio: Verificare se il palo è correttamente montato.

Quanto alle ulteriori cause di incertezza, relative all'elaborazione dei dati si considera:

Periodo di misura e filtraggio: si è inclusa in questa voce l'incertezza relativa al periodo di misura (18 mesi), e dei vari malfunzionamenti e intervalli di dati mancanti. Il contributo di incertezza viene tuttavia significativamente ridotto in fase di analisi.

Variabilità della media annuale: parametro indicativo dell'incertezza legata alle fluttuazioni statistiche della media annuale della velocità del vento, calcolate sulla base di misure storiche disponibili in località prossime al sito.

Quanto alle incertezze legate al calcolo di produzione energetica, si è considerato:

Accuratezza del modello di calcolo: contributo legato al modello fluidodinamico utilizzato rispetto alla complessità orografica dell'area di interesse. Nonostante l'utilizzo di un software di calcolo accurato, si è tenuto conto dell'incertezza legata alla disponibilità dei dati di un solo anemometro per la valutazione della risorsa eolica.

Curva di potenza: parametro che tiene conto dell'incertezza legata alla variabilità della curva di potenza rispetto a quanto certificato dai costruttori, anche in relazione alla rigenerazione della macchina e alla complessità orografica del territorio.

Modelli di scia: l'interazione aerodinamica tra aerogeneratori induce dei deficit di velocità legati alle scie, delle quali si tiene conto attraverso modelli analitici.

Schematicamente:

MISURAZIONE DEL VENTO		MIN	MAX
	CALIBRAZIONE	0,70%	1,50%
	TIPOLOGIA ANEMOMETRI	0,50%	1,00%
	MONTAGGIO	1,00%	2,20%
ELABORAZIONE DATI			
	PERIODO DI MISURA	2,50%	4,20%
	FILTRAGGIO	1,20%	2,70%
	VARIABILITA' MEDIA ANNUALE	1,00%	2,00%

CALCOLO PRODUZIONE ENERGETICA			
	ACCURATEZZA MODELLO DI CALCOLO	0,70%	1,50%
	CURVA DI POTENZA	1,20%	2,50%
	MODELLI DI SCIA	0,50%	0,70%
		9,30%	18,30%

In generale, si osserva una diminuzione di produzione, a valle dell'analisi di incertezza effettuata; con riferimento ad un periodo di 10 anni, tale diminuzione per il valore P75 è circa compresa tra il 8,5 % e l'10%, mentre per il P90 è pari a circa compresa tra il 18% e il 19%, rispetto al valore a P50.

Nella stima della produzione P75 e P90 dell'aerogeneratore si è tenuto conto di tutte le incertezze nella misurazione del vento e nel calcolo della produzione energetica.

La stima calcolata al valore P75 e P90 determina, rispetto al valore P50, una riduzione di produzione energetica, relativamente ad un orizzonte temporale di 10 anni, come indicato:

- 8,5%-10% del valore P75
- 18%-19% dell valore P90

Ottenendo pertanto i seguenti valori di produzione attesa:

PRODUZIONE ATTESA	P50	P75	P90
EOS SERRA 1	MWh/y	MWh/y	MWh/y
V162-6.0	289.697,40	265.000,00	237.550,00

9 CONCLUSIONI

Con il presente rapporto sono stati determinati i risultati della stima di produzione attesa dell'impianto eolico EOS SERRA 2, che sorgerà sul territorio comunale di Serracapriola e costituito da n. 18 aerogeneratori della potenza nominale di 6.0 MW per una potenza complessiva d'impianto di 108MW.

Si è proceduto prima con la validazione e l'analisi statistica dei dati di vento forniti, rilevati dalla stazione anemometrica installata, e con la storicizzazione degli stessi tramite serie di dati storici di ventosità d'area, nonché con la messa a punto del modello di calcolo WAsP.

Questa si è resa necessaria per valutare, attraverso verifiche e controlli successivi, la capacità del modello a interpretare i dati di ventosità forniti, e in particolare gli effetti dell'orografia e della rugosità del terreno sulla corretta estrapolazione della velocità del vento al mozzo della macchina.

Le numerose verifiche hanno consentito di valutare le approssimazioni e il grado di incertezza introdotto dal modello nel calcolo in ogni fase del processo.

I fattori di maggiore incertezza nel processo di valutazione sono dovuti alla misura e alla variabilità della velocità media annuale del vento, insiti nella risorsa eolica.

Tutti i calcoli sono stati effettuati adattando quanto più possibile il modello di vento ottenuto dai programmi di fluidodinamica ai dati realmente osservati, optando in qualche occasione per scelte conservative.

Con i risultati ottenuti si è proceduto alla valutazione della produzione attesa, lorda e netta, della soluzione di layout con il tipo di macchina in esame, ossia la Vestas EnVentus V162-6.0MW.

Dall'elaborazione effettuata è risultata una produzione annuale netta di 289.697,40MWh che corrisponde alla P50, ossia la produzione che ha una probabilità del 50% che venga superata.

Considerando invece la produzione corrispondente alla **P75**, questa scende a **265.000,00MWh/anno**, rimanendo in ogni caso l'investimento estremamente interessante.

Foggia, 15/02/2024

Ing. Angela O. CUONZO

ALLEGATI

PRODUCIBILITA' VESTAS V162 – 6.0MW

Project:

EOS SERRA 2

Printed/Page

16/02/2024 17:17 / 1

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:

16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - Main Result

Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2

Wake Model N.O. Jensen (RISØ/EMD)

Calculation Settings

Air density calculation mode Individual per WTG
 Result for WTG at hub altitude 1,178 kg/m³ to 1,196 kg/m³
 Air density relative to standard 97,2 %
 Hub altitude above sea level (asl) 146,3 m to 309,4 m
 Annual mean temperature at hub alt. 15,8 °C to 16,9 °C
 Pressure at WTGs 977,0 hPa to 996,0 hPa

Wake Model Parameters

Wake Decay Constant 0,075 Open farmland

Wake calculation settings

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



Scale 1:1.000.000

New WTG

Meteorological Data

Key results for height 119,0 m above ground level

Terrain UTM WGS84 Zone: 33

East	North	Name of wind distribution	Height [m]	Type	Wind energy [kWh/m ²]	Mean wind speed [m/s]
A 545.745,15	4.608.485,37	mast RG	50,0	MEASURE	2.872	6,5

Calculated Annual Energy for Wind Farm

WTG combination	Result [MWh/y]	Result-10,0% [MWh]	GROSS (no loss) [MWh/y]	Park efficiency [%]	Specific results ^{a)}			Mean wind speed @hub height [m/s]
					Capacity factor [%]	Mean WTG result [MWh/y]	Full load hours [Hours/year]	
Wind farm	317.868,6	286.081,8	338.560,7	93,9	30,2	15.893,4	2.649	6,5

^{a)} Based on Result-10,0%

Calculated Annual Energy for each of 18 new WTGs with total 108,0 MW rated power

Terrain	Valid	WTG type	Manufact.	Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Power curve Creator	Name	Annual Energy		Park	
										Result [MWh]	Result-10,0% [MWh]	Efficiency [%]	Mean wind speed [m/s]
1	A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0 -- Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	18.148,5	16.334	96,9	6,46
2	A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0 -- Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	17.412,5	15.671	92,9	6,46
3	A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0 -- Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	16.797,1	15.117	89,4	6,46
4	A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0 -- Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	17.210,5	15.489	91,5	6,46
5	A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0 -- Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	17.192,9	15.474	91,3	6,46
6	A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0 -- Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	17.558,3	15.802	93,1	6,46
7	A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0 -- Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	17.336,4	15.603	92,4	6,46
8	A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0 -- Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	17.604,0	15.844	94,0	6,46
9	A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0 -- Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	17.552,8	15.798	93,6	6,46
10	A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0 -- Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	17.317,3	15.586	92,1	6,46
11	A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0 -- Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	17.368,4	15.632	92,3	6,46
12	A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0 -- Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	17.917,3	16.126	95,1	6,46
13	A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0 -- Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	18.318,9	16.487	97,4	6,46
14	A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0 -- Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	18.059,9	16.254	95,8	6,46
15	A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0 -- Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	18.058,6	16.253	95,5	6,46
16	A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0 -- Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	17.689,6	15.921	93,7	6,46
17	A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0 -- Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	17.916,0	16.124	95,0	6,46
18	A	Yes	VESTAS	V162-6.0-6.000	6.000	162,0	119,0	EMD	Level 0 -- Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	18.409,6	16.569	98,0	6,46

^{a)} Included in array losses is influence from 8 WTG(s) in the neighborhood, which has status as "Reference WTGs", see separate report to identify these.

Project:

EOS SERRA 2

Printed/Page

16/02/2024 17:17 / 2

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:

16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - Main Result**Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2****WTG siting****UTM WGS84 Zone: 33**

	East	North	Z	Row data/Description
	UTM WGS84 Zone: 33			[m]
1 New	510.864,44	4.623.621,84	185,1	B1
2 New	511.845,84	4.623.311,17	162,4	B2
3 New	512.841,45	4.623.544,56	133,2	B3
4 New	514.029,80	4.623.854,36	105,9	B4
5 New	514.878,33	4.624.001,95	90,6	B5
6 New	515.832,49	4.624.035,85	76,9	B6
7 New	512.362,40	4.624.257,42	150,2	B7
8 New	511.386,07	4.624.425,92	190,4	B8
9 New	511.962,13	4.625.475,47	163,4	B9
10 New	513.084,45	4.625.436,42	117,0	B10
11 New	514.110,28	4.625.410,07	99,1	B11
12 New	515.091,15	4.625.196,67	85,4	B12
13 New	514.064,04	4.626.250,00	121,1	B13
14 New	515.783,26	4.626.715,02	81,7	B14
15 New	517.897,07	4.626.322,93	27,3	B15
16 New	517.215,09	4.626.734,41	48,9	B16
17 New	516.441,23	4.627.199,70	71,5	B17
18 New	515.076,33	4.628.216,61	132,6	B18

Project:

EOS SERRA 2

Printed/Page

16/02/2024 17:17 / 4

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:

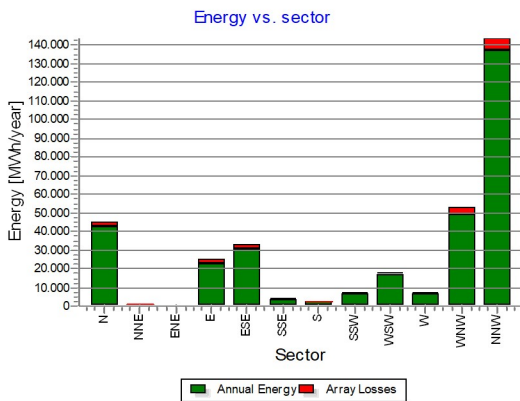
16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - Production Analysis

Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2WTG: All new WTGs, Air density varies with WTG position 1,178 kg/m³ - 1,196 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]	44.831,3	777,3	397,6	24.755,7	33.065,5	3.754,8	2.346,5	6.848,7	17.786,9	7.400,3	53.163,3	143.432,7	338.560,6
-Decrease due to array losses [MWh]	2.252,1	64,8	51,8	2.415,8	2.788,2	280,4	131,8	446,9	849,3	804,4	4.196,1	6.410,6	20.692,0
Resulting energy [MWh]	42.579,3	712,5	345,8	22.339,9	30.277,3	3.474,3	2.214,7	6.401,8	16.937,7	6.595,9	48.967,2	137.022,1	317.868,5
Specific energy [kWh/m ²]													857
Specific energy [kWh/kW]													2.943
Decrease due to array losses [%]	5,0	8,3	13,0	9,8	8,4	7,5	5,6	6,5	4,8	10,9	7,9	4,5	6,11
Utilization [%]	29,9	32,0	33,9	34,4	39,7	35,9	34,2	30,7	24,3	27,9	29,3	28,9	30,0
Full Load Equivalent [Hours/year]	394	7	3	207	280	32	21	59	157	61	453	1.269	2.943



Project:
EOS SERRA 2

Printed/Page
16/02/2024 17:17 / 5

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:
16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - Power Curve Analysis

Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2WTG: 1 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020, 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	Power control	CT curve type
07/12/2020	EMD	23/02/2021	01/03/2021	[m/s] 24,0	Pitch	User defined

Document n. 0098-0840 V03.

HP curve comparison - Note: For standard air density and weibull k parameter = 2

Vmean	[m/s]	5	6	7	8	9	10
HP value	[MWh]	9.336	14.528	19.795	24.731	28.744	32.362
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	[MWh]	10.567	16.009	21.149	25.553	29.038	31.565
Check value	[%]	-12	-9	-6	-3	-1	3

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 WindPRO manual chapter 3.5.2.

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

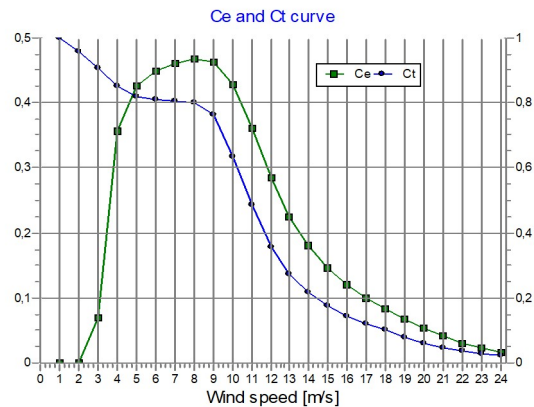
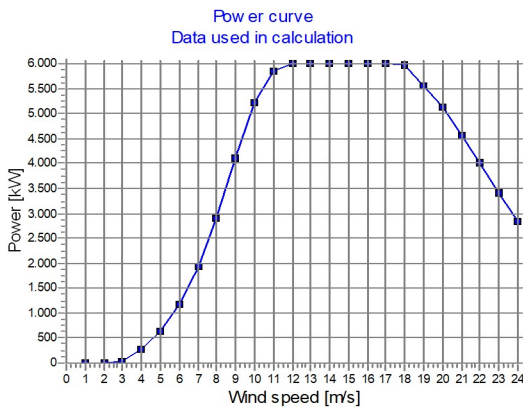
Original data from Windcat, Air density: 1,225 kg/m³

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce [m/s]	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	0,63
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	5.300,0	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	0,05
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	2.476,0	0,01	24,0	0,03

Power, Efficiency and energy vs. wind speed

Data used in calculation, Air density: 1,178 kg/m³ New WindPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce	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	22,6	0,07	2,50-3,50	49,1	49,1	0,3
4,0	276,9	0,36	3,50-4,50	231,3	280,5	1,5
5,0	648,2	0,43	4,50-5,50	575,8	856,2	4,7
6,0	1.180,7	0,45	5,50-6,50	1.065,4	1.921,6	10,6
7,0	1.922,5	0,46	6,50-7,50	1.698,2	3.619,8	19,9
8,0	2.900,7	0,47	7,50-8,50	2.268,3	5.888,1	32,4
9,0	4.097,3	0,46	8,50-9,50	2.663,3	8.551,4	47,1
10,0	5.206,2	0,43	9,50-10,50	2.696,8	11.248,2	62,0
11,0	5.845,6	0,36	10,50-11,50	2.250,4	13.498,6	74,4
12,0	5.989,8	0,29	11,50-12,50	1.686,1	15.184,7	83,7
13,0	6.000,0	0,22	12,50-13,50	1.181,2	16.365,9	90,2
14,0	6.000,0	0,18	13,50-14,50	769,7	17.135,6	94,4
15,0	6.000,0	0,15	14,50-15,50	457,5	17.593,1	96,9
16,0	6.000,0	0,12	15,50-16,50	250,4	17.843,6	98,3
17,0	6.000,0	0,10	16,50-17,50	136,2	17.979,8	99,1
18,0	5.979,1	0,08	17,50-18,50	81,9	18.061,7	99,5
19,0	5.561,6	0,07	18,50-19,50	44,6	18.106,3	99,8
20,0	5.116,7	0,05	19,50-20,50	22,8	18.129,0	99,9
21,0	4.557,3	0,04	20,50-21,50	12,2	18.141,3	100,0
22,0	4.000,9	0,03	21,50-22,50	4,7	18.145,9	100,0
23,0	3.415,0	0,02	22,50-23,50	2,1	18.148,0	100,0
24,0	2.846,8	0,02	23,50-24,50	0,5	18.148,5	100,0



Project:
EOS SERRA 2

Printed/Page
16/02/2024 17:17 / 6

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:
16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - Power Curve Analysis

Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2WTG: 2 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020, 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	Power control	CT curve type
07/12/2020	EMD	23/02/2021	01/03/2021	[m/s] 24,0	Pitch	User defined

Document n. 0098-0840 V03.

HP curve comparison - Note: For standard air density and weibull k parameter = 2

Vmean	[m/s]	5	6	7	8	9	10
HP value	[MWh]	9.336	14.528	19.795	24.731	28.744	32.362
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	[MWh]	10.567	16.009	21.149	25.553	29.038	31.565
Check value	[%]	-12	-9	-6	-3	-1	3

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 WindPRO manual chapter 3.5.2.

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

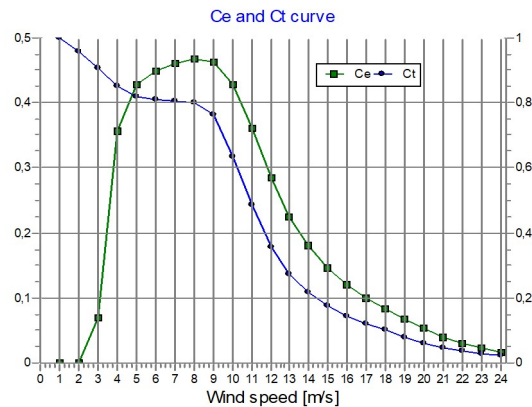
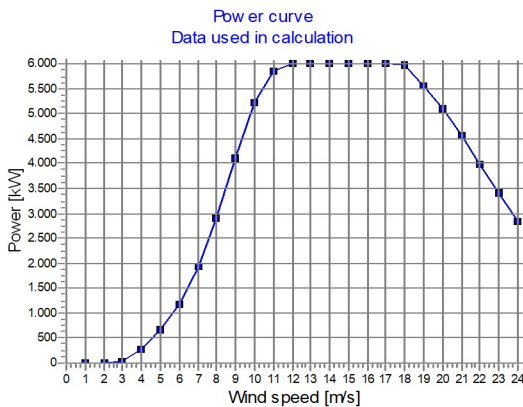
Original data from Windcat, Air density: 1,225 kg/m³

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce [m/s]	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	4.284,0	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	0,63
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	5.300,0	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	0,05
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	2.476,0	0,01	24,0	0,03

Power, Efficiency and energy vs. wind speed

Data used in calculation, Air density: 1,181 kg/m³ New WindPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce	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	23,1	0,07	2,50-3,50	47,3	47,3	0,3
4,0	277,7	0,36	3,50-4,50	222,3	269,6	1,5
5,0	649,7	0,43	4,50-5,50	553,0	822,6	4,7
6,0	1.183,4	0,45	5,50-6,50	1.023,0	1.845,6	10,6
7,0	1.926,7	0,46	6,50-7,50	1.630,7	3.476,3	20,0
8,0	2.907,2	0,47	7,50-8,50	2.178,1	5.654,4	32,5
9,0	4.106,4	0,46	8,50-9,50	2.557,2	8.211,6	47,2
10,0	5.215,6	0,43	9,50-10,50	2.588,1	10.799,7	62,0
11,0	5.850,2	0,36	10,50-11,50	2.157,7	12.957,4	74,4
12,0	5.990,2	0,28	11,50-12,50	1.615,7	14.573,1	83,7
13,0	6.000,0	0,22	12,50-13,50	1.131,7	15.704,8	90,2
14,0	6.000,0	0,18	13,50-14,50	737,5	16.442,3	94,4
15,0	6.000,0	0,15	14,50-15,50	438,3	16.880,7	96,9
16,0	6.000,0	0,12	15,50-16,50	240,0	17.120,6	98,3
17,0	6.000,0	0,10	16,50-17,50	130,5	17.251,1	99,1
18,0	5.971,7	0,08	17,50-18,50	78,4	17.329,5	99,5
19,0	5.550,5	0,07	18,50-19,50	42,6	17.372,1	99,8
20,0	5.101,7	0,05	19,50-20,50	21,8	17.393,9	99,9
21,0	4.541,4	0,04	20,50-21,50	11,7	17.405,6	100,0
22,0	3.984,4	0,03	21,50-22,50	4,4	17.410,0	100,0
23,0	3.396,3	0,02	22,50-23,50	2,0	17.412,0	100,0
24,0	2.827,7	0,02	23,50-24,50	0,5	17.412,5	100,0



Project:
EOS SERRA 2

Printed/Page
16/02/2024 17:17 / 7

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:
16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - Power Curve Analysis

Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2WTG: 3 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020, 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	Power control	CT curve type
07/12/2020	EMD	23/02/2021	01/03/2021	[m/s] 24,0	Pitch	User defined

Document n. 0098-0840 V03.

HP curve comparison - Note: For standard air density and weibull k parameter = 2

Vmean	[m/s]	5	6	7	8	9	10
HP value	[MWh]	9.336	14.528	19.795	24.731	28.744	32.362
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	[MWh]	10.567	16.009	21.149	25.553	29.038	31.565
Check value	[%]	-12	-9	-6	-3	-1	3

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 WindPRO manual chapter 3.5.2.

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

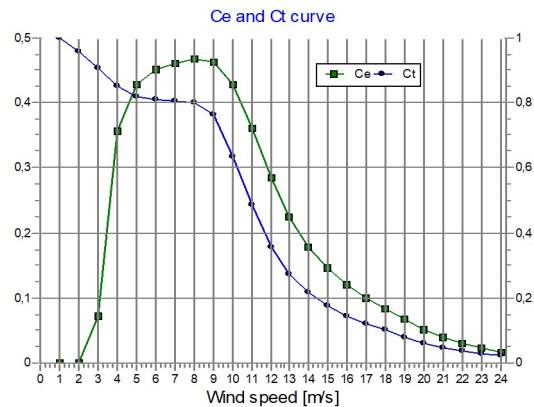
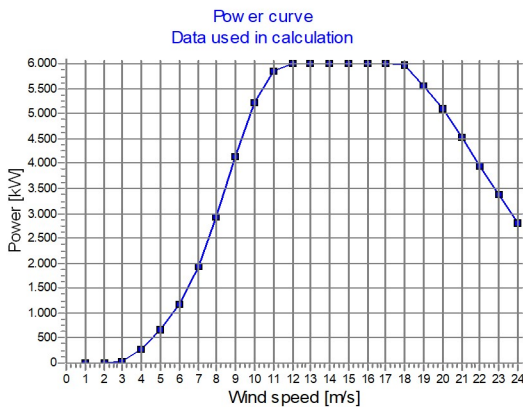
Original data from Windcat, Air density: 1,225 kg/m³

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce [m/s]	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	0,63
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	5.300,0	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	0,05
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	2.476,0	0,01	24,0	0,03

Power, Efficiency and energy vs. wind speed

Data used in calculation, Air density: 1,184 kg/m³ New WindPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce	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	23,8	0,07	2,50-3,50	45,8	45,8	0,3
4,0	278,8	0,36	3,50-4,50	214,9	260,7	1,6
5,0	651,7	0,43	4,50-5,50	534,1	794,8	4,7
6,0	1.186,9	0,45	5,50-6,50	988,0	1.782,8	10,6
7,0	1.932,3	0,46	6,50-7,50	1.574,7	3.357,5	20,0
8,0	2.915,5	0,47	7,50-8,50	2.103,5	5.461,0	32,5
9,0	4.118,2	0,46	8,50-9,50	2.469,1	7.930,1	47,2
10,0	5.227,7	0,43	9,50-10,50	2.497,4	10.427,5	62,1
11,0	5.856,2	0,36	10,50-11,50	2.079,8	12.507,3	74,5
12,0	5.990,8	0,28	11,50-12,50	1.556,1	14.063,3	83,7
13,0	6.000,0	0,22	12,50-13,50	1.089,8	15.153,1	90,2
14,0	6.000,0	0,18	13,50-14,50	710,2	15.863,3	94,4
15,0	6.000,0	0,15	14,50-15,50	422,1	16.285,4	97,0
16,0	6.000,0	0,12	15,50-16,50	231,1	16.516,4	98,3
17,0	6.000,0	0,10	16,50-17,50	125,6	16.642,1	99,1
18,0	5.962,3	0,08	17,50-18,50	75,4	16.717,4	99,5
19,0	5.536,1	0,07	18,50-19,50	40,9	16.758,4	99,8
20,0	5.082,3	0,05	19,50-20,50	20,9	16.779,3	99,9
21,0	4.520,8	0,04	20,50-21,50	11,2	16.790,5	100,0
22,0	3.962,2	0,03	21,50-22,50	4,3	16.794,7	100,0
23,0	3.373,1	0,02	22,50-23,50	1,9	16.796,6	100,0
24,0	2.803,0	0,02	23,50-24,50	0,5	16.797,1	100,0



Project:
EOS SERRA 2

Printed/Page
16/02/2024 17:17 / 8

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:
16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - Power Curve Analysis

Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2WTG: 4 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020, 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	Power control	CT curve type
07/12/2020	EMD	23/02/2021	01/03/2021	[m/s] 24,0	Pitch	User defined

Document n. 0098-0840 V03.

HP curve comparison - Note: For standard air density and weibull k parameter = 2

Vmean	[m/s]	5	6	7	8	9	10
HP value	[MWh]	9.336	14.528	19.795	24.731	28.744	32.362
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	[MWh]	10.567	16.009	21.149	25.553	29.038	31.565
Check value	[%]	-12	-9	-6	-3	-1	3

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 WindPRO manual chapter 3.5.2.

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

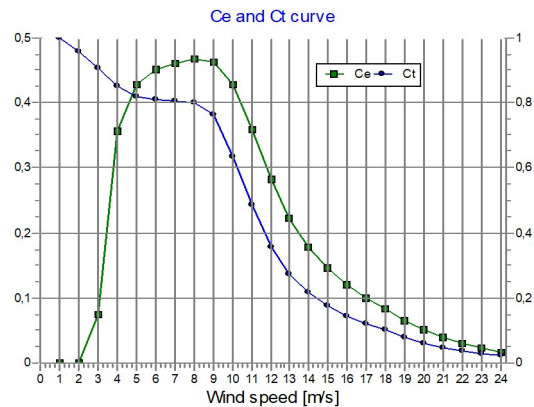
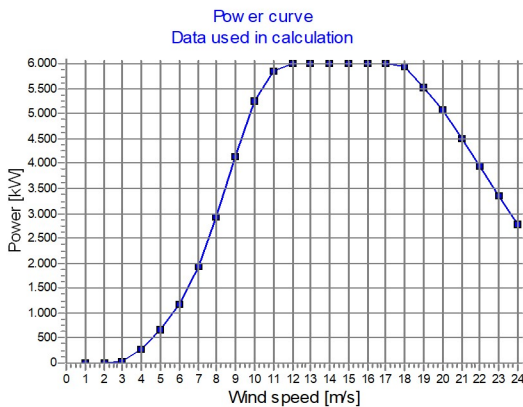
Original data from Windcat, Air density: 1,225 kg/m³

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce [m/s]	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	4.284,0	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	0,63
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	5.300,0	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	0,05
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	2.476,0	0,01	24,0	0,03

Power, Efficiency and energy vs. wind speed

Data used in calculation, Air density: 1,187 kg/m³ New WindPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce	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	24,4	0,07	2,50-3,50	47,1	47,1	0,3
4,0	279,8	0,36	3,50-4,50	220,6	267,7	1,6
5,0	653,6	0,43	4,50-5,50	547,9	815,6	4,7
6,0	1.190,1	0,45	5,50-6,50	1.013,4	1.829,0	10,6
7,0	1.937,5	0,46	6,50-7,50	1.615,1	3.444,1	20,0
8,0	2.923,2	0,47	7,50-8,50	2.157,4	5.601,5	32,5
9,0	4.129,2	0,46	8,50-9,50	2.532,1	8.133,6	47,3
10,0	5.239,1	0,43	9,50-10,50	2.559,6	10.693,2	62,1
11,0	5.861,8	0,36	10,50-11,50	2.129,3	12.822,6	74,5
12,0	5.991,3	0,28	11,50-12,50	1.591,9	14.414,5	83,8
13,0	6.000,0	0,22	12,50-13,50	1.114,8	15.529,2	90,2
14,0	6.000,0	0,18	13,50-14,50	726,4	16.255,7	94,5
15,0	6.000,0	0,15	14,50-15,50	431,8	16.687,4	97,0
16,0	6.000,0	0,12	15,50-16,50	236,4	16.923,8	98,3
17,0	6.000,0	0,10	16,50-17,50	128,5	17.052,3	99,1
18,0	5.953,4	0,08	17,50-18,50	77,0	17.129,3	99,5
19,0	5.522,7	0,07	18,50-19,50	41,8	17.171,1	99,8
20,0	5.064,1	0,05	19,50-20,50	21,3	17.192,4	99,9
21,0	4.501,5	0,04	20,50-21,50	11,4	17.203,8	100,0
22,0	3.941,5	0,03	21,50-22,50	4,3	17.208,1	100,0
23,0	3.352,4	0,02	22,50-23,50	1,9	17.210,0	100,0
24,0	2.778,4	0,02	23,50-24,50	0,5	17.210,5	100,0



Project:
EOS SERRA 2

Printed/Page
16/02/2024 17:17 / 9

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:
16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - Power Curve Analysis

Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2WTG: 5 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020, 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
07/12/2020	EMD	23/02/2021	01/03/2021	24,0	Pitch	User defined

Document n. 0098-0840 V03.

HP curve comparison - Note: For standard air density and weibull k parameter = 2

Vmean	[m/s]	5	6	7	8	9	10
HP value	[MWh]	9.336	14.528	19.795	24.731	28.744	32.362
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	[MWh]	10.567	16.009	21.149	25.553	29.038	31.565
Check value	[%]	-12	-9	-6	-3	-1	3

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 WindPRO manual chapter 3.5.2.

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

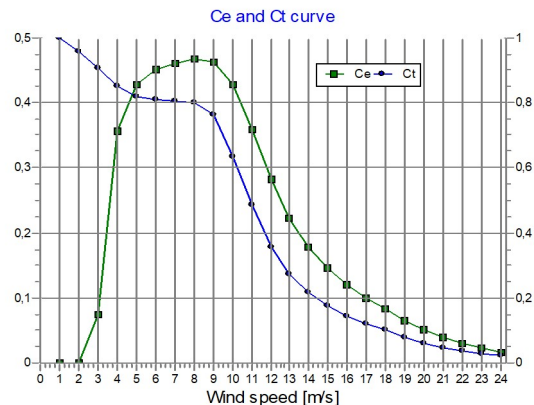
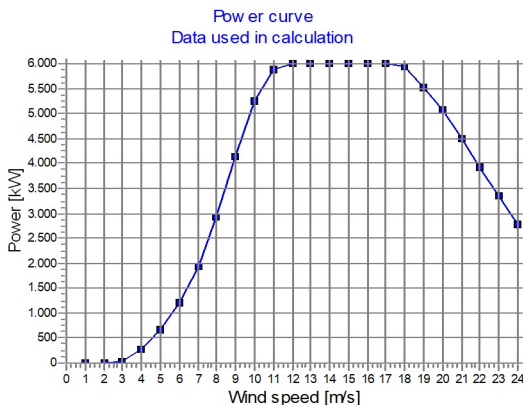
Original data from Windcat, Air density: 1,225 kg/m³

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce [m/s]	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	0,63
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	5.300,0	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	0,05
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	2.476,0	0,01	24,0	0,03

Power, Efficiency and energy vs. wind speed

Data used in calculation, Air density: 1,189 kg/m³ New WindPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce	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	24,8	0,07	2,50-3,50	47,1	47,1	0,3
4,0	280,4	0,36	3,50-4,50	220,6	267,8	1,6
5,0	654,6	0,43	4,50-5,50	547,7	815,5	4,7
6,0	1.191,9	0,45	5,50-6,50	1.012,9	1.828,4	10,6
7,0	1.940,4	0,46	6,50-7,50	1.614,3	3.442,7	20,0
8,0	2.927,6	0,47	7,50-8,50	2.156,4	5.599,1	32,6
9,0	4.135,4	0,46	8,50-9,50	2.530,8	8.129,9	47,3
10,0	5.245,5	0,43	9,50-10,50	2.557,4	10.687,4	62,2
11,0	5.865,0	0,36	10,50-11,50	2.126,2	12.813,6	74,5
12,0	5.991,6	0,28	11,50-12,50	1.588,9	14.402,5	83,8
13,0	6.000,0	0,22	12,50-13,50	1.112,6	15.515,1	90,2
14,0	6.000,0	0,18	13,50-14,50	725,0	16.240,1	94,5
15,0	6.000,0	0,15	14,50-15,50	430,9	16.671,0	97,0
16,0	6.000,0	0,12	15,50-16,50	235,9	16.906,9	98,3
17,0	6.000,0	0,10	16,50-17,50	128,3	17.035,2	99,1
18,0	5.948,4	0,08	17,50-18,50	76,8	17.112,0	99,5
19,0	5.515,2	0,07	18,50-19,50	41,6	17.153,6	99,8
20,0	5.053,9	0,05	19,50-20,50	21,2	17.174,8	99,9
21,0	4.490,7	0,04	20,50-21,50	11,3	17.186,1	100,0
22,0	3.929,8	0,03	21,50-22,50	4,3	17.190,5	100,0
23,0	3.340,8	0,02	22,50-23,50	1,9	17.192,4	100,0
24,0	2.764,6	0,02	23,50-24,50	0,5	17.192,9	100,0



Project:
EOS SERRA 2

Printed/Page
16/02/2024 17:17 / 10

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:
16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - Power Curve Analysis

Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2WTG: 6 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020, 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	Power control	CT curve type
07/12/2020	EMD	23/02/2021	01/03/2021	[m/s] 24,0	Pitch	User defined

Document n. 0098-0840 V03.

HP curve comparison - Note: For standard air density and weibull k parameter = 2

Vmean	[m/s]	5	6	7	8	9	10
HP value	[MWh]	9.336	14.528	19.795	24.731	28.744	32.362
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	[MWh]	10.567	16.009	21.149	25.553	29.038	31.565
Check value	[%]	-12	-9	-6	-3	-1	3

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 WindPRO manual chapter 3.5.2.

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

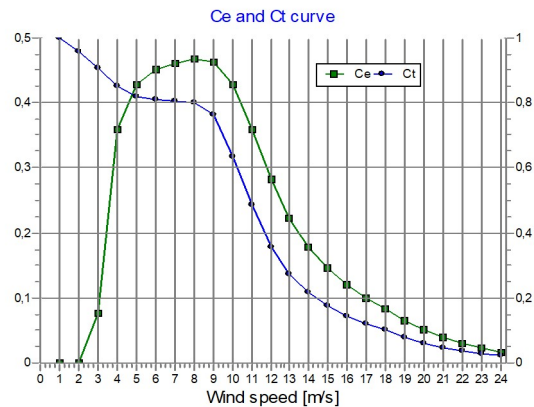
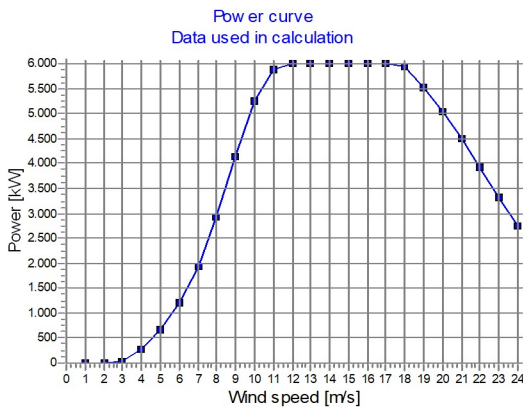
Original data from Windcat, Air density: 1,225 kg/m³

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce [m/s]	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	0,63
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	5.300,0	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	0,05
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	2.476,0	0,02	24,0	0,03

Power, Efficiency and energy vs. wind speed

Data used in calculation, Air density: 1,191 kg/m³ New WindPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce	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	25,1	0,08	2,50-3,50	48,2	48,2	0,3
4,0	280,9	0,36	3,50-4,50	225,6	273,8	1,6
5,0	655,5	0,43	4,50-5,50	559,7	833,5	4,7
6,0	1.193,5	0,45	5,50-6,50	1.035,0	1.868,4	10,6
7,0	1.943,0	0,46	6,50-7,50	1.649,5	3.517,9	20,0
8,0	2.931,5	0,47	7,50-8,50	2.203,4	5.721,3	32,6
9,0	4.141,0	0,46	8,50-9,50	2.585,7	8.307,0	47,3
10,0	5.251,3	0,43	9,50-10,50	2.612,2	10.919,2	62,2
11,0	5.867,8	0,36	10,50-11,50	2.170,6	13.089,8	74,6
12,0	5.991,9	0,28	11,50-12,50	1.621,5	14.711,2	83,8
13,0	6.000,0	0,22	12,50-13,50	1.135,3	15.846,5	90,3
14,0	6.000,0	0,18	13,50-14,50	739,8	16.586,3	94,5
15,0	6.000,0	0,14	14,50-15,50	439,7	17.026,0	97,0
16,0	6.000,0	0,12	15,50-16,50	240,7	17.266,7	98,3
17,0	6.000,0	0,10	16,50-17,50	130,9	17.397,6	99,1
18,0	5.944,0	0,08	17,50-18,50	78,3	17.475,9	99,5
19,0	5.508,4	0,07	18,50-19,50	42,4	17.518,3	99,8
20,0	5.044,8	0,05	19,50-20,50	21,6	17.539,9	99,9
21,0	4.481,0	0,04	20,50-21,50	11,5	17.551,5	100,0
22,0	3.919,4	0,03	21,50-22,50	4,4	17.555,8	100,0
23,0	3.330,4	0,02	22,50-23,50	2,0	17.557,8	100,0
24,0	2.752,1	0,02	23,50-24,50	0,5	17.558,3	100,0



Project:
EOS SERRA 2

Printed/Page
16/02/2024 17:17 / 11

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:
16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - Power Curve Analysis

Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2WTG: 7 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020, 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	Power control	CT curve type
07/12/2020	EMD	23/02/2021	01/03/2021	[m/s] 24,0	Pitch	User defined

Document n. 0098-0840 V03.

HP curve comparison - Note: For standard air density and weibull k parameter = 2

Vmean	[m/s]	5	6	7	8	9	10
HP value	[MWh]	9.336	14.528	19.795	24.731	28.744	32.362
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	[MWh]	10.567	16.009	21.149	25.553	29.038	31.565
Check value	[%]	-12	-9	-6	-3	-1	3

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 WindPRO manual chapter 3.5.2.

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

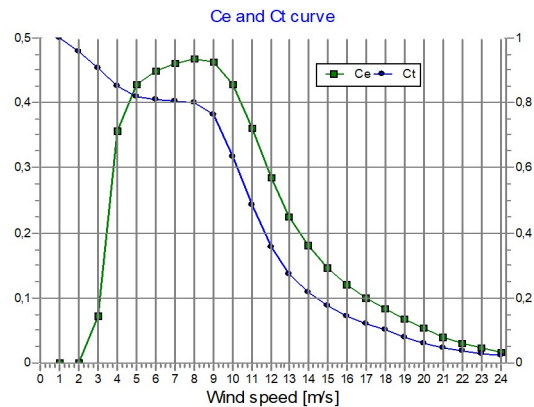
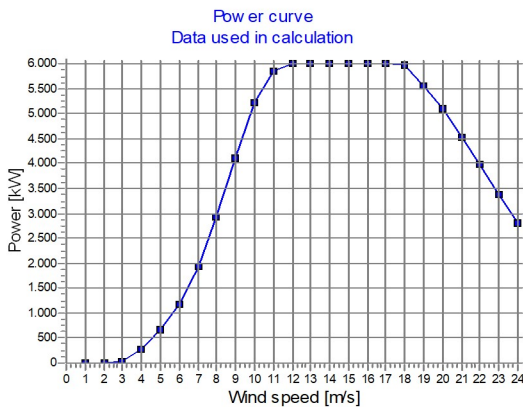
Original data from Windcat, Air density: 1,225 kg/m³

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce [m/s]	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	0,63
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	5.300,0	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	0,05
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	2.476,0	0,01	24,0	0,03

Power, Efficiency and energy vs. wind speed

Data used in calculation, Air density: 1,182 kg/m³ New WindPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce	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	23,4	0,07	2,50-3,50	47,2	47,2	0,3
4,0	278,2	0,36	3,50-4,50	221,5	268,7	1,5
5,0	650,5	0,43	4,50-5,50	550,8	819,5	4,7
6,0	1.184,9	0,45	5,50-6,50	1.019,1	1.838,6	10,6
7,0	1.929,1	0,46	6,50-7,50	1.624,3	3.462,9	20,0
8,0	2.910,6	0,47	7,50-8,50	2.169,6	5.632,5	32,5
9,0	4.111,3	0,46	8,50-9,50	2.547,0	8.179,5	47,2
10,0	5.220,6	0,43	9,50-10,50	2.577,1	10.756,6	62,0
11,0	5.852,7	0,36	10,50-11,50	2.147,6	12.904,1	74,4
12,0	5.990,4	0,28	11,50-12,50	1.607,5	14.511,7	83,7
13,0	6.000,0	0,22	12,50-13,50	1.125,9	15.637,6	90,2
14,0	6.000,0	0,18	13,50-14,50	733,7	16.371,4	94,4
15,0	6.000,0	0,15	14,50-15,50	436,1	16.807,5	96,9
16,0	6.000,0	0,12	15,50-16,50	238,7	17.046,2	98,3
17,0	6.000,0	0,10	16,50-17,50	129,8	17.176,0	99,1
18,0	5.967,8	0,08	17,50-18,50	77,9	17.253,9	99,5
19,0	5.544,5	0,07	18,50-19,50	42,4	17.296,3	99,8
20,0	5.093,5	0,05	19,50-20,50	21,6	17.317,9	99,9
21,0	4.532,8	0,04	20,50-21,50	11,6	17.329,5	100,0
22,0	3.975,1	0,03	21,50-22,50	4,4	17.333,9	100,0
23,0	3.386,2	0,02	22,50-23,50	2,0	17.335,9	100,0
24,0	2.817,4	0,02	23,50-24,50	0,5	17.336,4	100,0



Project:

EOS SERRA 2

Printed/Page

16/02/2024 17:17 / 12

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:

16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - Power Curve Analysis

Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2WTG: 8 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 IO! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020, 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	Power control	CT curve type
07/12/2020	EMD	23/02/2021	01/03/2021	[m/s] 24,0	Pitch	User defined

Document n. 0098-0840 V03.

HP curve comparison - Note: For standard air density and weibull k parameter = 2

Vmean	[m/s]	5	6	7	8	9	10
HP value	[MWh]	9.336	14.528	19.795	24.731	28.744	32.362
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 IO! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	[MWh]	10.567	16.009	21.149	25.553	29.038	31.565
Check value	[%]	-12	-9	-6	-3	-1	3

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 WindPRO manual chapter 3.5.2.

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

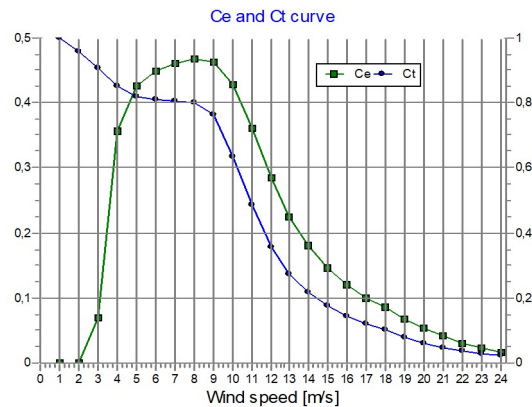
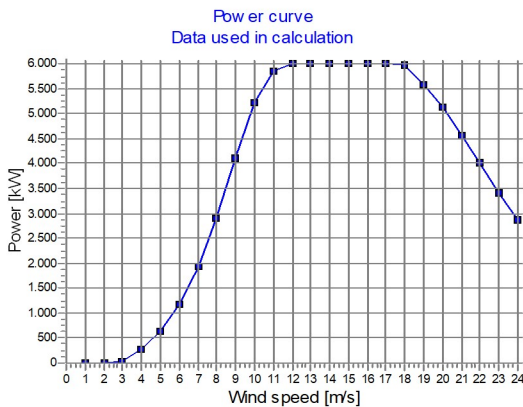
Original data from Windcat, Air density: 1,225 kg/m³

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce [m/s]	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	0,63
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	5.988,0	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	5.300,0	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	0,05
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	2.476,0	0,02	24,0	0,03

Power, Efficiency and energy vs. wind speed

Data used in calculation, Air density: 1,178 kg/m³ New WindPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce	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	22,4	0,07	2,50-3,50	47,6	47,6	0,3
4,0	276,7	0,36	3,50-4,50	224,3	271,9	1,5
5,0	647,8	0,43	4,50-5,50	558,3	830,3	4,7
6,0	1.180,1	0,45	5,50-6,50	1.033,2	1.863,5	10,6
7,0	1.921,4	0,46	6,50-7,50	1.646,9	3.510,4	19,9
8,0	2.899,2	0,47	7,50-8,50	2.199,8	5.710,2	32,4
9,0	4.095,1	0,46	8,50-9,50	2.583,0	8.293,1	47,1
10,0	5.204,0	0,43	9,50-10,50	2.615,7	10.908,8	62,0
11,0	5.844,5	0,36	10,50-11,50	2.183,2	13.092,0	74,4
12,0	5.989,7	0,29	11,50-12,50	1.636,0	14.728,1	83,7
13,0	6.000,0	0,23	12,50-13,50	1.146,1	15.874,2	90,2
14,0	6.000,0	0,18	13,50-14,50	746,9	16.621,1	94,4
15,0	6.000,0	0,15	14,50-15,50	443,9	17.065,0	96,9
16,0	6.000,0	0,12	15,50-16,50	243,0	17.308,0	98,3
17,0	6.000,0	0,10	16,50-17,50	132,1	17.440,1	99,1
18,0	5.980,8	0,08	17,50-18,50	79,5	17.519,6	99,5
19,0	5.564,2	0,07	18,50-19,50	43,3	17.562,9	99,8
20,0	5.120,2	0,05	19,50-20,50	22,1	17.585,0	99,9
21,0	4.561,1	0,04	20,50-21,50	11,9	17.596,9	100,0
22,0	4.004,8	0,03	21,50-22,50	4,5	17.601,4	100,0
23,0	3.419,4	0,02	22,50-23,50	2,0	17.603,5	100,0
24,0	2.851,3	0,02	23,50-24,50	0,5	17.604,0	100,0



Project:
EOS SERRA 2

Printed/Page
16/02/2024 17:17 / 13

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:
16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - Power Curve Analysis

Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2WTG: 9 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020, 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	Power control	CT curve type
07/12/2020	EMD	23/02/2021	01/03/2021	[m/s] 24,0	Pitch	User defined

Document n. 0098-0840 V03.

HP curve comparison - Note: For standard air density and weibull k parameter = 2

Vmean	[m/s]	5	6	7	8	9	10
HP value	[MWh]	9.336	14.528	19.795	24.731	28.744	32.362
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	[MWh]	10.567	16.009	21.149	25.553	29.038	31.565
Check value	[%]	-12	-9	-6	-3	-1	3

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 WindPRO manual chapter 3.5.2.

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

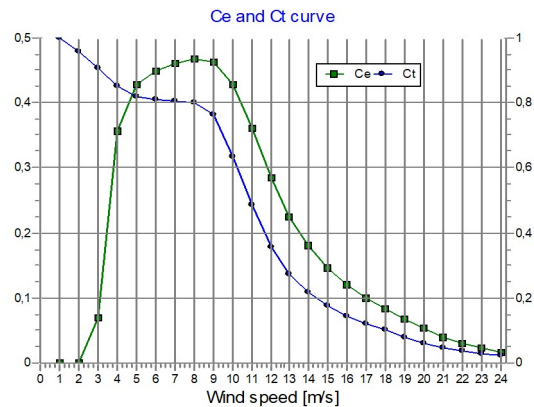
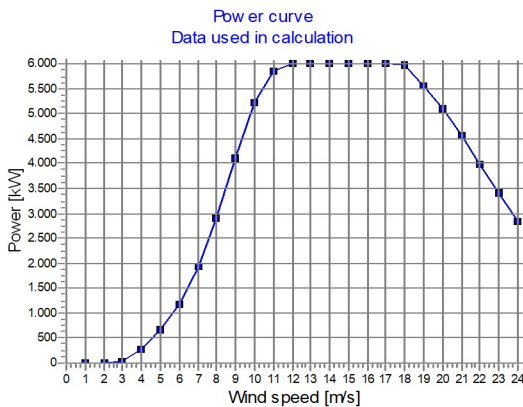
Original data from Windcat, Air density: 1,225 kg/m³

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce [m/s]	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	0,63
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	5.300,0	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	0,05
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	2.476,0	0,01	24,0	0,03

Power, Efficiency and energy vs. wind speed

Data used in calculation, Air density: 1,181 kg/m³ New WindPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce	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	23,1	0,07	2,50-3,50	47,7	47,7	0,3
4,0	277,7	0,36	3,50-4,50	224,1	271,8	1,5
5,0	649,6	0,43	4,50-5,50	557,4	829,1	4,7
6,0	1.183,3	0,45	5,50-6,50	1.031,3	1.860,4	10,6
7,0	1.926,6	0,46	6,50-7,50	1.643,8	3.504,1	20,0
8,0	2.906,9	0,47	7,50-8,50	2.195,6	5.699,8	32,5
9,0	4.106,0	0,46	8,50-9,50	2.577,7	8.277,5	47,2
10,0	5.215,1	0,43	9,50-10,50	2.608,9	10.886,3	62,0
11,0	5.850,0	0,36	10,50-11,50	2.175,2	13.061,5	74,4
12,0	5.990,2	0,28	11,50-12,50	1.628,8	14.690,4	83,7
13,0	6.000,0	0,22	12,50-13,50	1.140,9	15.831,3	90,2
14,0	6.000,0	0,18	13,50-14,50	743,5	16.574,8	94,4
15,0	6.000,0	0,15	14,50-15,50	441,9	17.016,7	96,9
16,0	6.000,0	0,12	15,50-16,50	241,9	17.258,6	98,3
17,0	6.000,0	0,10	16,50-17,50	131,5	17.390,1	99,1
18,0	5.972,1	0,08	17,50-18,50	79,0	17.469,1	99,5
19,0	5.551,0	0,07	18,50-19,50	43,0	17.512,1	99,8
20,0	5.102,3	0,05	19,50-20,50	21,9	17.534,1	99,9
21,0	4.542,1	0,04	20,50-21,50	11,8	17.545,8	100,0
22,0	3.985,1	0,03	21,50-22,50	4,5	17.550,3	100,0
23,0	3.397,1	0,02	22,50-23,50	2,0	17.552,3	100,0
24,0	2.828,5	0,02	23,50-24,50	0,5	17.552,8	100,0



Project:
EOS SERRA 2

Printed/Page
16/02/2024 17:17 / 14

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:
16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - Power Curve Analysis

Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2WTG: 10 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020, 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	Power control	CT curve type
07/12/2020	EMD	23/02/2021	01/03/2021	[m/s] 24,0	Pitch	User defined

Document n. 0098-0840 V03.

HP curve comparison - Note: For standard air density and weibull k parameter = 2

Vmean	[m/s]	5	6	7	8	9	10
HP value	[MWh]	9.336	14.528	19.795	24.731	28.744	32.362
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	[MWh]	10.567	16.009	21.149	25.553	29.038	31.565
Check value	[%]	-12	-9	-6	-3	-1	3

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 WindPRO manual chapter 3.5.2.

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

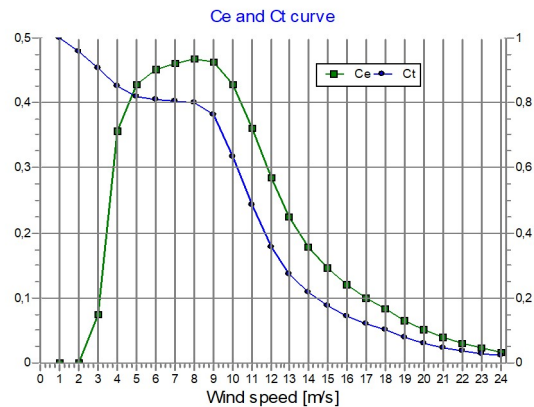
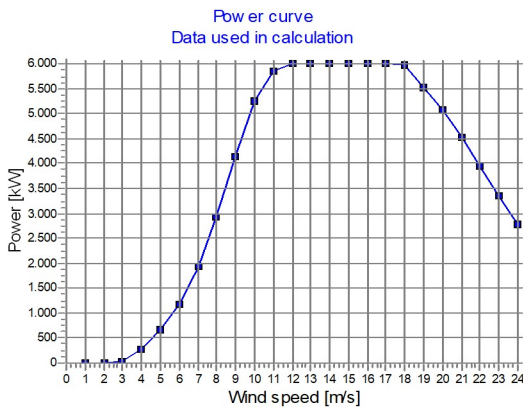
Original data from Windcat, Air density: 1,225 kg/m³

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce [m/s]	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	0,63
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	5.300,0	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	0,05
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	2.476,0	0,02	24,0	0,03

Power, Efficiency and energy vs. wind speed

Data used in calculation, Air density: 1,186 kg/m³ New WindPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce	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	24,1	0,07	2,50-3,50	47,3	47,3	0,3
4,0	279,4	0,36	3,50-4,50	221,8	269,1	1,6
5,0	652,8	0,43	4,50-5,50	551,0	820,2	4,7
6,0	1.188,8	0,45	5,50-6,50	1.019,2	1.839,4	10,6
7,0	1.935,4	0,46	6,50-7,50	1.624,5	3.463,8	20,0
8,0	2.920,1	0,47	7,50-8,50	2.169,9	5.633,7	32,5
9,0	4.124,7	0,46	8,50-9,50	2.546,9	8.180,7	47,2
10,0	5.234,4	0,43	9,50-10,50	2.575,2	10.755,8	62,1
11,0	5.859,5	0,36	10,50-11,50	2.143,2	12.899,0	74,5
12,0	5.991,1	0,28	11,50-12,50	1.602,8	14.501,8	83,7
13,0	6.000,0	0,22	12,50-13,50	1.122,4	15.624,3	90,2
14,0	6.000,0	0,18	13,50-14,50	731,4	16.355,7	94,4
15,0	6.000,0	0,15	14,50-15,50	434,7	16.790,5	97,0
16,0	6.000,0	0,12	15,50-16,50	238,0	17.028,4	98,3
17,0	6.000,0	0,10	16,50-17,50	129,4	17.157,8	99,1
18,0	5.957,0	0,08	17,50-18,50	77,6	17.235,4	99,5
19,0	5.528,2	0,07	18,50-19,50	42,1	17.277,5	99,8
20,0	5.071,5	0,05	19,50-20,50	21,5	17.299,0	99,9
21,0	4.509,4	0,04	20,50-21,50	11,5	17.310,4	100,0
22,0	3.949,9	0,03	21,50-22,50	4,4	17.314,8	100,0
23,0	3.360,8	0,02	22,50-23,50	2,0	17.316,8	100,0
24,0	2.788,5	0,02	23,50-24,50	0,5	17.317,3	100,0



Project:
EOS SERRA 2

Printed/Page
16/02/2024 17:17 / 15

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:
16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - Power Curve Analysis

Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2WTG: 11 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020, 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
07/12/2020	EMD	23/02/2021	01/03/2021	24,0	Pitch	User defined

Document n. 0098-0840 V03.

HP curve comparison - Note: For standard air density and weibull k parameter = 2

Vmean	[m/s]	5	6	7	8	9	10
HP value	[MWh]	9.336	14.528	19.795	24.731	28.744	32.362
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	[MWh]	10.567	16.009	21.149	25.553	29.038	31.565
Check value	[%]	-12	-9	-6	-3	-1	3

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 WindPRO manual chapter 3.5.2.

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

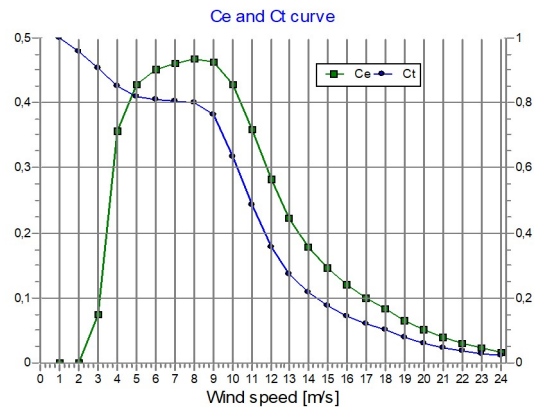
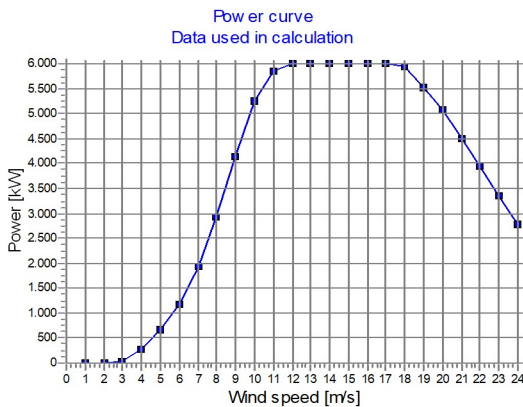
Original data from Windcat, Air density: 1,225 kg/m³

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce [m/s]	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	0,63
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	5.300,0	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	0,05
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	2.476,0	0,01	24,0	0,03

Power, Efficiency and energy vs. wind speed

Data used in calculation, Air density: 1,188 kg/m³ New WindPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce	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	24,6	0,07	2,50-3,50	47,6	47,6	0,3
4,0	280,1	0,36	3,50-4,50	222,8	270,3	1,6
5,0	654,0	0,43	4,50-5,50	553,1	823,4	4,7
6,0	1.190,9	0,45	5,50-6,50	1.022,9	1.846,3	10,6
7,0	1.938,8	0,46	6,50-7,50	1.630,3	3.476,7	20,0
8,0	2.925,2	0,47	7,50-8,50	2.177,8	5.654,4	32,6
9,0	4.132,0	0,46	8,50-9,50	2.555,9	8.210,4	47,3
10,0	5.241,9	0,43	9,50-10,50	2.583,3	10.793,7	62,1
11,0	5.863,2	0,36	10,50-11,50	2.148,5	12.942,1	74,5
12,0	5.991,5	0,28	11,50-12,50	1.605,9	14.548,0	83,8
13,0	6.000,0	0,22	12,50-13,50	1.124,5	15.672,5	90,2
14,0	6.000,0	0,18	13,50-14,50	732,8	16.405,4	94,5
15,0	6.000,0	0,15	14,50-15,50	435,5	16.840,9	97,0
16,0	6.000,0	0,12	15,50-16,50	238,4	17.079,3	98,3
17,0	6.000,0	0,10	16,50-17,50	129,6	17.209,0	99,1
18,0	5.951,2	0,08	17,50-18,50	77,6	17.286,6	99,5
19,0	5.519,3	0,07	18,50-19,50	42,1	17.328,7	99,8
20,0	5.059,5	0,05	19,50-20,50	21,5	17.350,2	99,9
21,0	4.496,7	0,04	20,50-21,50	11,5	17.361,6	100,0
22,0	3.936,3	0,03	21,50-22,50	4,4	17.366,0	100,0
23,0	3.347,3	0,02	22,50-23,50	2,0	17.368,0	100,0
24,0	2.772,3	0,02	23,50-24,50	0,5	17.368,5	100,0



Project:
EOS SERRA 2

Printed/Page
16/02/2024 17:17 / 16

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:
16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - Power Curve Analysis

Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2WTG: 12 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020, 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	Power control	CT curve type
07/12/2020	EMD	23/02/2021	01/03/2021	[m/s] 24,0	Pitch	User defined

Document n. 0098-0840 V03.

HP curve comparison - Note: For standard air density and weibull k parameter = 2

Vmean	[m/s]	5	6	7	8	9	10
HP value	[MWh]	9.336	14.528	19.795	24.731	28.744	32.362
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	[MWh]	10.567	16.009	21.149	25.553	29.038	31.565
Check value	[%]	-12	-9	-6	-3	-1	3

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 WindPRO manual chapter 3.5.2.

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

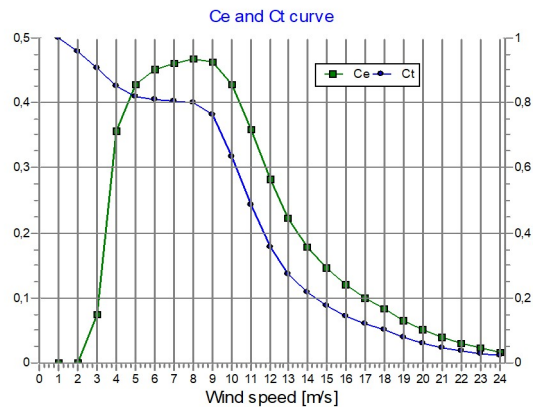
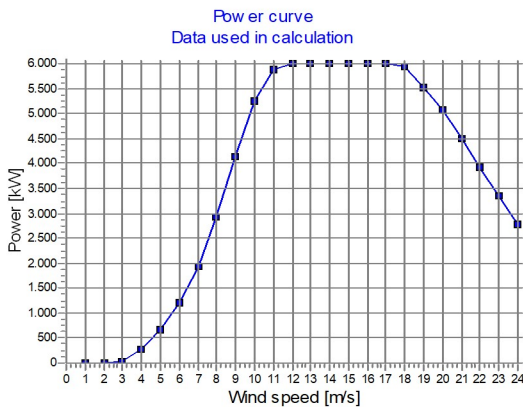
Original data from Windcat, Air density: 1,225 kg/m³

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce [m/s]	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	0,63
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	5.300,0	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	0,05
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	2.476,0	0,01	24,0	0,03

Power, Efficiency and energy vs. wind speed

Data used in calculation, Air density: 1,190 kg/m³ New WindPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce	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	24,9	0,08	2,50-3,50	49,1	49,1	0,3
4,0	280,6	0,36	3,50-4,50	230,0	279,2	1,6
5,0	655,0	0,43	4,50-5,50	570,9	850,1	4,7
6,0	1.192,5	0,45	5,50-6,50	1.055,8	1.905,9	10,6
7,0	1.941,4	0,46	6,50-7,50	1.682,7	3.588,6	20,0
8,0	2.929,1	0,47	7,50-8,50	2.247,7	5.836,3	32,6
9,0	4.137,6	0,46	8,50-9,50	2.637,9	8.474,2	47,3
10,0	5.247,7	0,43	9,50-10,50	2.665,3	11.139,5	62,2
11,0	5.866,0	0,36	10,50-11,50	2.215,5	13.355,0	74,5
12,0	5.991,7	0,28	11,50-12,50	1.655,4	15.010,4	83,8
13,0	6.000,0	0,22	12,50-13,50	1.159,1	16.169,5	90,2
14,0	6.000,0	0,18	13,50-14,50	755,3	16.924,8	94,5
15,0	6.000,0	0,15	14,50-15,50	448,9	17.373,7	97,0
16,0	6.000,0	0,12	15,50-16,50	245,8	17.619,5	98,3
17,0	6.000,0	0,10	16,50-17,50	133,6	17.753,1	99,1
18,0	5.946,7	0,08	17,50-18,50	80,0	17.833,1	99,5
19,0	5.512,6	0,07	18,50-19,50	43,3	17.876,4	99,8
20,0	5.050,4	0,05	19,50-20,50	22,1	17.898,5	99,9
21,0	4.487,0	0,04	20,50-21,50	11,8	17.910,3	100,0
22,0	3.925,8	0,03	21,50-22,50	4,5	17.914,8	100,0
23,0	3.336,8	0,02	22,50-23,50	2,0	17.916,8	100,0
24,0	2.759,8	0,02	23,50-24,50	0,5	17.917,3	100,0



Project:
EOS SERRA 2

Printed/Page
16/02/2024 17:17 / 17

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:
16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - Power Curve Analysis

Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2WTG: 13 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020, 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	Power control	CT curve type
07/12/2020	EMD	23/02/2021	01/03/2021	[m/s] 24,0	Pitch	User defined

Document n. 0098-0840 V03.

HP curve comparison - Note: For standard air density and weibull k parameter = 2

Vmean	[m/s]	5	6	7	8	9	10
HP value	[MWh]	9.336	14.528	19.795	24.731	28.744	32.362
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	[MWh]	10.567	16.009	21.149	25.553	29.038	31.565
Check value	[%]	-12	-9	-6	-3	-1	3

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 WindPRO manual chapter 3.5.2.

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

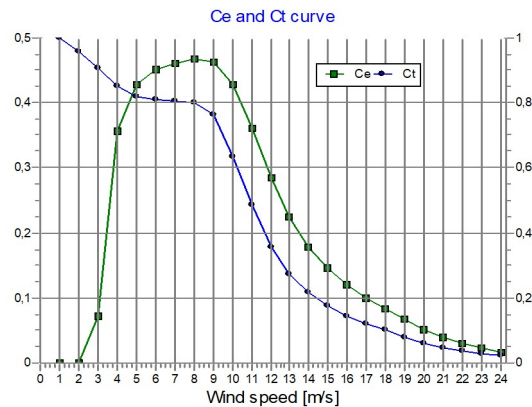
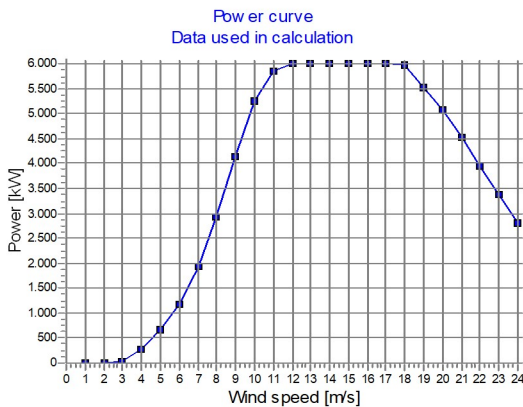
Original data from Windcat, Air density: 1,225 kg/m³

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce [m/s]	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	0,63
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	5.300,0	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	0,05
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	2.476,0	0,01	24,0	0,03

Power, Efficiency and energy vs. wind speed

Data used in calculation, Air density: 1,186 kg/m³ New WindPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce	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	24,0	0,07	2,50-3,50	50,0	50,0	0,3
4,0	279,2	0,36	3,50-4,50	234,6	284,6	1,6
5,0	652,5	0,43	4,50-5,50	582,8	867,4	4,7
6,0	1.188,3	0,45	5,50-6,50	1.078,0	1.945,4	10,6
7,0	1.934,6	0,46	6,50-7,50	1.718,2	3.663,6	20,0
8,0	2.918,9	0,47	7,50-8,50	2.295,1	5.958,6	32,5
9,0	4.123,1	0,46	8,50-9,50	2.693,9	8.652,5	47,2
10,0	5.232,8	0,43	9,50-10,50	2.724,0	11.376,5	62,1
11,0	5.858,7	0,36	10,50-11,50	2.267,4	13.644,0	74,5
12,0	5.991,0	0,28	11,50-12,50	1.695,9	15.339,8	83,7
13,0	6.000,0	0,22	12,50-13,50	1.187,6	16.527,5	90,2
14,0	6.000,0	0,18	13,50-14,50	773,9	17.301,4	94,4
15,0	6.000,0	0,15	14,50-15,50	460,0	17.761,4	97,0
16,0	6.000,0	0,12	15,50-16,50	251,8	18.013,2	98,3
17,0	6.000,0	0,10	16,50-17,50	136,9	18.150,2	99,1
18,0	5.958,3	0,08	17,50-18,50	82,1	18.232,2	99,5
19,0	5.530,1	0,07	18,50-19,50	44,6	18.276,8	99,8
20,0	5.074,2	0,05	19,50-20,50	22,7	18.299,5	99,9
21,0	4.512,2	0,04	20,50-21,50	12,2	18.311,7	100,0
22,0	3.953,0	0,03	21,50-22,50	4,6	18.316,3	100,0
23,0	3.363,9	0,02	22,50-23,50	2,1	18.318,4	100,0
24,0	2.792,1	0,02	23,50-24,50	0,5	18.318,9	100,0



Project:
EOS SERRA 2

Printed/Page
16/02/2024 17:17 / 18

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:
16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - Power Curve Analysis

Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2WTG: 14 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020, 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	Power control	CT curve type
07/12/2020	EMD	23/02/2021	01/03/2021	[m/s] 24,0	Pitch	User defined

Document n. 0098-0840 V03.

HP curve comparison - Note: For standard air density and weibull k parameter = 2

Vmean	[m/s]	5	6	7	8	9	10
HP value	[MWh]	9.336	14.528	19.795	24.731	28.744	32.362
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	[MWh]	10.567	16.009	21.149	25.553	29.038	31.565
Check value	[%]	-12	-9	-6	-3	-1	3

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 WindPRO manual chapter 3.5.2.

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

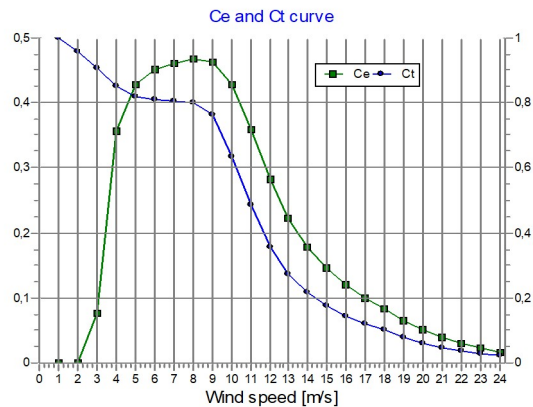
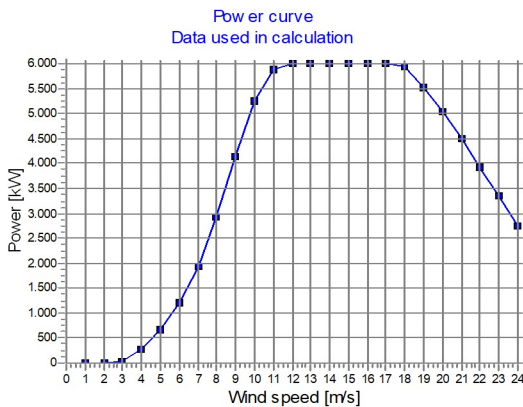
Original data from Windcat, Air density: 1,225 kg/m³

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce [m/s]	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	0,63
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	5.300,0	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	0,05
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	2.476,0	0,01	24,0	0,03

Power, Efficiency and energy vs. wind speed

Data used in calculation, Air density: 1,190 kg/m³ New WindPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce	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	25,0	0,08	2,50-3,50	49,6	49,6	0,3
4,0	280,7	0,36	3,50-4,50	231,9	281,5	1,6
5,0	655,2	0,43	4,50-5,50	575,6	857,0	4,7
6,0	1.193,0	0,45	5,50-6,50	1.064,3	1.921,4	10,6
7,0	1.942,1	0,46	6,50-7,50	1.696,3	3.617,7	20,0
8,0	2.930,1	0,47	7,50-8,50	2.265,9	5.883,6	32,6
9,0	4.139,1	0,46	8,50-9,50	2.659,2	8.542,8	47,3
10,0	5.249,3	0,43	9,50-10,50	2.686,6	11.229,4	62,2
11,0	5.866,8	0,36	10,50-11,50	2.232,9	13.462,3	74,5
12,0	5.991,8	0,28	11,50-12,50	1.668,2	15.130,6	83,8
13,0	6.000,0	0,22	12,50-13,50	1.168,0	16.298,6	90,2
14,0	6.000,0	0,18	13,50-14,50	761,2	17.059,8	94,5
15,0	6.000,0	0,14	14,50-15,50	452,4	17.512,2	97,0
16,0	6.000,0	0,12	15,50-16,50	247,7	17.759,9	98,3
17,0	6.000,0	0,10	16,50-17,50	134,7	17.894,5	99,1
18,0	5.945,5	0,08	17,50-18,50	80,6	17.975,0	99,5
19,0	5.510,8	0,07	18,50-19,50	43,7	18.018,7	99,8
20,0	5.047,9	0,05	19,50-20,50	22,2	18.041,0	99,9
21,0	4.484,4	0,04	20,50-21,50	11,9	18.052,8	100,0
22,0	3.923,0	0,03	21,50-22,50	4,5	18.057,3	100,0
23,0	3.334,0	0,02	22,50-23,50	2,0	18.059,4	100,0
24,0	2.756,5	0,02	23,50-24,50	0,5	18.059,9	100,0



Project:
EOS SERRA 2

Printed/Page
16/02/2024 17:17 / 19

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:
16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - Power Curve Analysis

Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2WTG: 15 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020, 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	Power control	CT curve type
07/12/2020	EMD	23/02/2021	01/03/2021	[m/s] 24,0	Pitch	User defined

Document n. 0098-0840 V03.

HP curve comparison - Note: For standard air density and weibull k parameter = 2

Vmean	[m/s]	5	6	7	8	9	10
HP value	[MWh]	9.336	14.528	19.795	24.731	28.744	32.362
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	[MWh]	10.567	16.009	21.149	25.553	29.038	31.565
Check value	[%]	-12	-9	-6	-3	-1	3

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 WindPRO manual chapter 3.5.2.

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

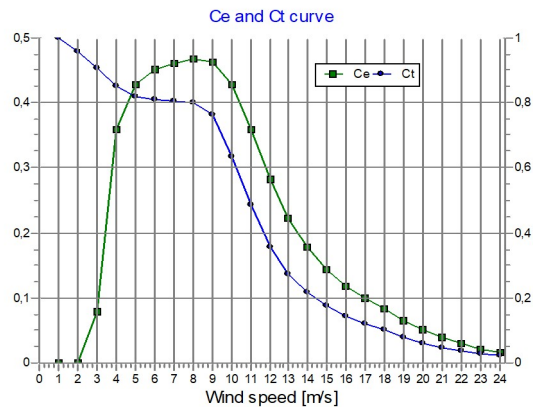
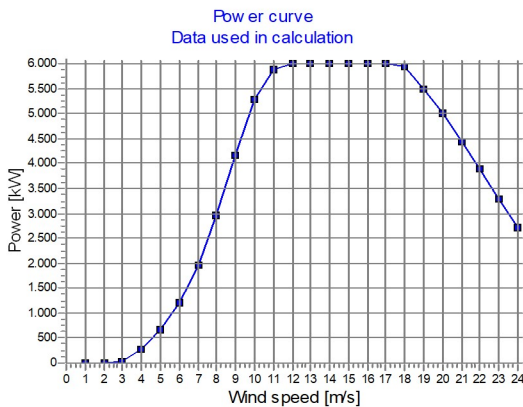
Original data from Windcat, Air density: 1,225 kg/m³

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce [m/s]	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	4.284,0	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	0,63
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	5.300,0	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	0,05
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	2.476,0	0,01	24,0	0,03

Power, Efficiency and energy vs. wind speed

Data used in calculation, Air density: 1,196 kg/m³ New WindPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce	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	26,2	0,08	2,50-3,50	49,9	49,9	0,3
4,0	282,7	0,36	3,50-4,50	232,8	282,7	1,6
5,0	658,9	0,43	4,50-5,50	576,9	859,6	4,8
6,0	1.199,4	0,45	5,50-6,50	1.066,4	1.926,0	10,7
7,0	1.952,4	0,46	6,50-7,50	1.699,5	3.625,5	20,1
8,0	2.945,6	0,47	7,50-8,50	2.270,3	5.895,8	32,6
9,0	4.161,1	0,46	8,50-9,50	2.663,7	8.559,4	47,4
10,0	5.272,2	0,43	9,50-10,50	2.688,1	11.247,5	62,3
11,0	5.878,1	0,36	10,50-11,50	2.229,4	13.476,9	74,6
12,0	5.992,9	0,28	11,50-12,50	1.663,1	15.139,9	83,8
13,0	6.000,0	0,22	12,50-13,50	1.164,1	16.304,0	90,3
14,0	6.000,0	0,18	13,50-14,50	758,6	17.062,6	94,5
15,0	6.000,0	0,14	14,50-15,50	450,9	17.513,5	97,0
16,0	6.000,0	0,12	15,50-16,50	246,8	17.760,3	98,3
17,0	6.000,0	0,10	16,50-17,50	134,2	17.894,5	99,1
18,0	5.927,8	0,08	17,50-18,50	80,1	17.974,6	99,5
19,0	5.484,0	0,06	18,50-19,50	43,3	18.017,9	99,8
20,0	5.011,7	0,05	19,50-20,50	22,0	18.039,9	99,9
21,0	4.445,9	0,04	20,50-21,50	11,7	18.051,6	100,0
22,0	3.881,6	0,03	21,50-22,50	4,4	18.056,1	100,0
23,0	3.292,8	0,02	22,50-23,50	2,0	18.058,1	100,0
24,0	2.707,2	0,02	23,50-24,50	0,5	18.058,6	100,0



Project:
EOS SERRA 2

Printed/Page
16/02/2024 17:17 / 20

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:
16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - Power Curve Analysis

Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2WTG: 16 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020, 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	Power control	CT curve type
07/12/2020	EMD	23/02/2021	01/03/2021	[m/s] 24,0	Pitch	User defined

Document n. 0098-0840 V03.

HP curve comparison - Note: For standard air density and weibull k parameter = 2

Vmean	[m/s]	5	6	7	8	9	10
HP value	[MWh]	9.336	14.528	19.795	24.731	28.744	32.362
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	[MWh]	10.567	16.009	21.149	25.553	29.038	31.565
Check value	[%]	-12	-9	-6	-3	-1	3

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 WindPRO manual chapter 3.5.2.

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

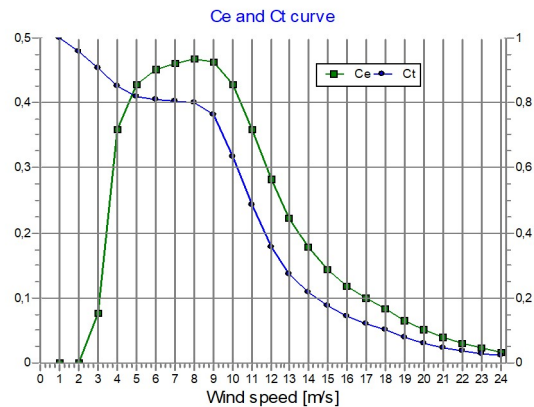
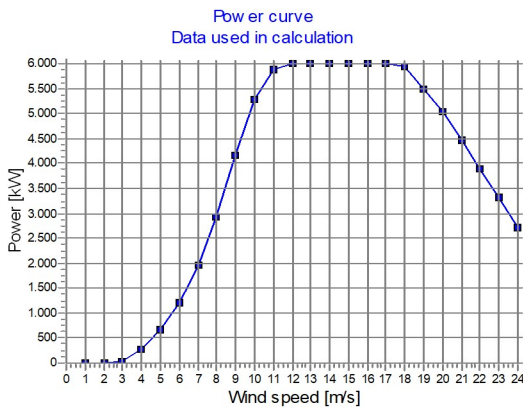
Original data from Windcat, Air density: 1,225 kg/m³

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce [m/s]	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	0,63
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	5.300,0	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	0,05
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	2.476,0	0,02	24,0	0,03

Power, Efficiency and energy vs. wind speed

Data used in calculation, Air density: 1,194 kg/m³ New WindPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce	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	25,7	0,08	2,50-3,50	48,7	48,7	0,3
4,0	281,9	0,36	3,50-4,50	227,7	276,4	1,6
5,0	657,4	0,43	4,50-5,50	564,6	841,0	4,8
6,0	1.196,8	0,45	5,50-6,50	1.043,8	1.884,8	10,7
7,0	1.948,3	0,46	6,50-7,50	1.663,5	3.548,3	20,1
8,0	2.939,4	0,47	7,50-8,50	2.222,1	5.770,4	32,6
9,0	4.152,4	0,46	8,50-9,50	2.607,4	8.377,9	47,4
10,0	5.263,0	0,43	9,50-10,50	2.632,5	11.010,4	62,2
11,0	5.873,6	0,36	10,50-11,50	2.185,1	13.195,5	74,6
12,0	5.992,4	0,28	11,50-12,50	1.631,0	14.826,6	83,8
13,0	6.000,0	0,22	12,50-13,50	1.141,8	15.968,4	90,3
14,0	6.000,0	0,18	13,50-14,50	744,1	16.712,5	94,5
15,0	6.000,0	0,14	14,50-15,50	442,2	17.154,7	97,0
16,0	6.000,0	0,12	15,50-16,50	242,1	17.396,8	98,3
17,0	6.000,0	0,10	16,50-17,50	131,6	17.528,4	99,1
18,0	5.934,9	0,08	17,50-18,50	78,6	17.607,1	99,5
19,0	5.494,6	0,07	18,50-19,50	42,5	17.649,6	99,8
20,0	5.026,1	0,05	19,50-20,50	21,7	17.671,3	99,9
21,0	4.461,2	0,04	20,50-21,50	11,6	17.682,8	100,0
22,0	3.898,1	0,03	21,50-22,50	4,4	17.687,2	100,0
23,0	3.309,2	0,02	22,50-23,50	2,0	17.689,2	100,0
24,0	2.726,7	0,02	23,50-24,50	0,5	17.689,7	100,0



Project:
EOS SERRA 2

Printed/Page
16/02/2024 17:17 / 21

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:
16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - Power Curve Analysis

Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2WTG: 17 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020, 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	Power control	CT curve type
07/12/2020	EMD	23/02/2021	01/03/2021	[m/s] 24,0	Pitch	User defined

Document n. 0098-0840 V03.

HP curve comparison - Note: For standard air density and weibull k parameter = 2

Vmean	[m/s]	5	6	7	8	9	10
HP value	[MWh]	9.336	14.528	19.795	24.731	28.744	32.362
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	[MWh]	10.567	16.009	21.149	25.553	29.038	31.565
Check value	[%]	-12	-9	-6	-3	-1	3

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 WindPRO manual chapter 3.5.2.

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

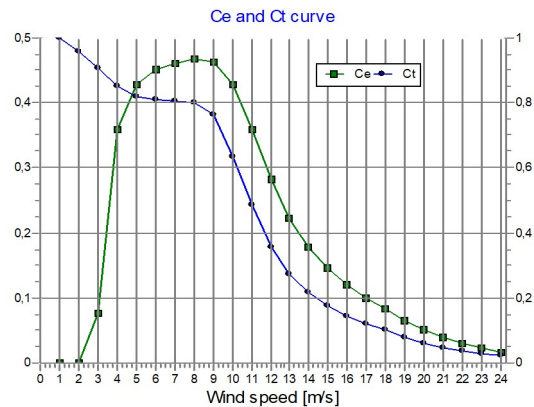
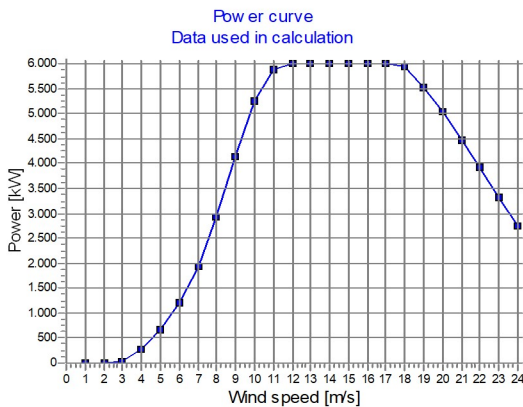
Original data from Windcat, Air density: 1,225 kg/m³

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce [m/s]	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	0,63
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	5.300,0	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	0,05
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	2.477,0	0,02	24,0	0,03

Power, Efficiency and energy vs. wind speed

Data used in calculation, Air density: 1,191 kg/m³ New WindPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce	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	25,2	0,08	2,50-3,50	49,2	49,2	0,3
4,0	281,1	0,36	3,50-4,50	230,2	279,5	1,6
5,0	655,9	0,43	4,50-5,50	571,2	850,7	4,7
6,0	1.194,2	0,45	5,50-6,50	1.056,3	1.907,0	10,6
7,0	1.944,0	0,46	6,50-7,50	1.683,4	3.590,3	20,0
8,0	2.933,0	0,47	7,50-8,50	2.248,7	5.839,0	32,6
9,0	4.143,2	0,46	8,50-9,50	2.638,9	8.477,9	47,3
10,0	5.253,5	0,43	9,50-10,50	2.665,5	11.143,5	62,2
11,0	5.868,9	0,36	10,50-11,50	2.214,5	13.357,9	74,6
12,0	5.992,0	0,28	11,50-12,50	1.654,0	15.011,9	83,8
13,0	6.000,0	0,22	12,50-13,50	1.158,0	16.170,0	90,3
14,0	6.000,0	0,18	13,50-14,50	754,6	16.924,6	94,5
15,0	6.000,0	0,14	14,50-15,50	448,5	17.373,1	97,0
16,0	6.000,0	0,12	15,50-16,50	245,5	17.618,6	98,3
17,0	6.000,0	0,10	16,50-17,50	133,5	17.752,1	99,1
18,0	5.942,2	0,08	17,50-18,50	79,8	17.832,0	99,5
19,0	5.505,8	0,07	18,50-19,50	43,2	17.875,2	99,8
20,0	5.041,2	0,05	19,50-20,50	22,0	17.897,3	99,9
21,0	4.477,2	0,04	20,50-21,50	11,8	17.909,0	100,0
22,0	3.915,3	0,03	21,50-22,50	4,5	17.913,5	100,0
23,0	3.326,4	0,02	22,50-23,50	2,0	17.915,5	100,0
24,0	2.747,3	0,02	23,50-24,50	0,5	17.916,0	100,0



Project:
EOS SERRA 2

Printed/Page
16/02/2024 17:17 / 22

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:
16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - Power Curve Analysis

Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2WTG: 18 - VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020, 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	Power control	CT curve type
07/12/2020	EMD	23/02/2021	01/03/2021	[m/s] 24,0	Pitch	User defined

Document n. 0098-0840 V03.

HP curve comparison - Note: For standard air density and weibull k parameter = 2

Vmean	[m/s]	5	6	7	8	9	10
HP value	[MWh]	9.336	14.528	19.795	24.731	28.744	32.362
VESTAS V162-6.0 6000 162.0 !O! Level 0 - - Modes PO6000/PO6000-0S - 12-2020	[MWh]	10.567	16.009	21.149	25.553	29.038	31.565
Check value	[%]	-12	-9	-6	-3	-1	3

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 WindPRO manual chapter 3.5.2.

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

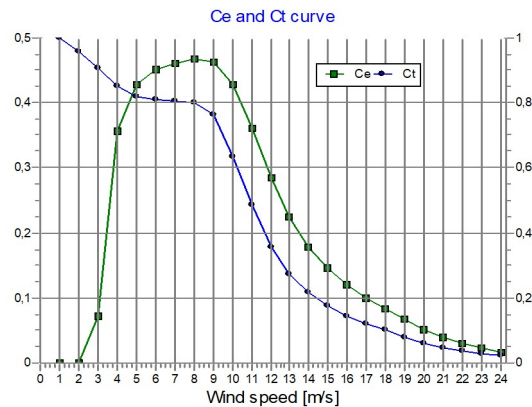
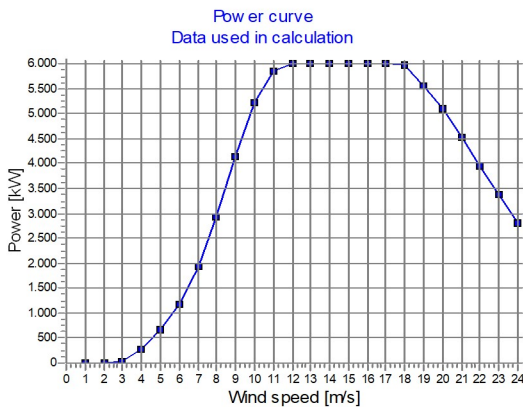
Original data from Windcat, Air density: 1,225 kg/m³

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce [m/s]	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	4.284,0	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	0,63
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	5.300,0	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	0,05
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	2.476,0	0,01	24,0	0,03

Power, Efficiency and energy vs. wind speed

Data used in calculation, Air density: 1,184 kg/m³ New WindPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce	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	23,8	0,07	2,50-3,50	50,2	50,2	0,3
4,0	278,8	0,36	3,50-4,50	235,6	285,7	1,6
5,0	651,7	0,43	4,50-5,50	585,4	871,1	4,7
6,0	1.186,9	0,45	5,50-6,50	1.082,9	1.954,0	10,6
7,0	1.932,4	0,46	6,50-7,50	1.725,9	3.679,9	20,0
8,0	2.915,6	0,47	7,50-8,50	2.305,4	5.985,4	32,5
9,0	4.118,4	0,46	8,50-9,50	2.706,2	8.691,6	47,2
10,0	5.228,0	0,43	9,50-10,50	2.737,1	11.428,7	62,1
11,0	5.856,3	0,36	10,50-11,50	2.279,4	13.708,1	74,5
12,0	5.990,8	0,28	11,50-12,50	1.705,4	15.413,5	83,7
13,0	6.000,0	0,22	12,50-13,50	1.194,4	16.607,8	90,2
14,0	6.000,0	0,18	13,50-14,50	778,3	17.386,1	94,4
15,0	6.000,0	0,15	14,50-15,50	462,6	17.848,7	97,0
16,0	6.000,0	0,12	15,50-16,50	253,2	18.102,0	98,3
17,0	6.000,0	0,10	16,50-17,50	137,7	18.239,7	99,1
18,0	5.962,1	0,08	17,50-18,50	82,6	18.322,3	99,5
19,0	5.535,8	0,07	18,50-19,50	44,9	18.367,1	99,8
20,0	5.081,8	0,05	19,50-20,50	22,9	18.390,0	99,9
21,0	4.520,3	0,04	20,50-21,50	12,2	18.402,3	100,0
22,0	3.961,7	0,03	21,50-22,50	4,7	18.406,9	100,0
23,0	3.372,6	0,02	22,50-23,50	2,1	18.409,0	100,0
24,0	2.802,5	0,02	23,50-24,50	0,5	18.409,6	100,0



Project:

EOS SERRA 2

Printed/Page

16/02/2024 17:17 / 23

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:

16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - Wind Data Analysis

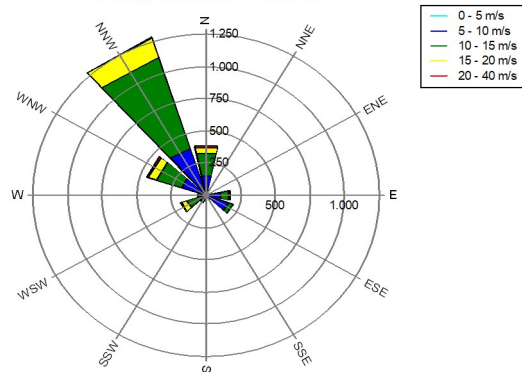
Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2 Wind data: A - mast RG; Hub height: 119,0

Site Coordinates

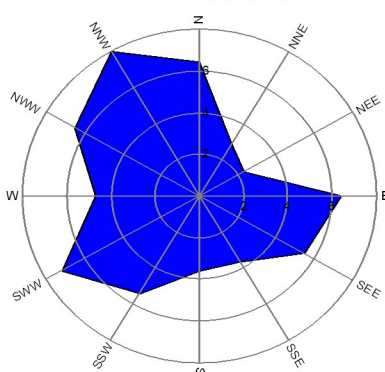
UTM WGS 84 Zone: 33 East: 545.745,15 North: 4.608.485,37

Sector	Wind gradient exponent	Sum	0,00	0,50	1,50	2,50	3,50 - 4,50	4,50 - 5,50	5,50 - 6,50	6,50 - 7,50	7,50 - 8,50	8,50 - 9,50	9,50 - 10,50	10,50 - 11,50	11,50 - 12,50	12,50 - 13,50	13,50 - 14,50	14,50 - 15,50	15,50 - 16,50	16,50 - 17,50	17,50 - 18,50	18,50 - 19,50	19,50 - 20,50	20,50 - 21,50	21,50 - 22,50
0 N	0,128	13520	354	917	1162	1192	1357	1687	1559	1405	1169	949	658	466	273	159	80	50	45	14	15	4		5	
1 NNE	0,135	828	112	272	165	98	39	36	19	21	21	19	14	5	5	2									
2 ENE	0,054	873	117	303	186	105	62	29	21	18	19	11			1	1									
3 E	0,166	7451	178	430	595	580	742	934	1126	1091	799	503	235	145	57	21	10	5							
4 ESE	0,098	15220	169	582	1136	1872	2420	2763	2334	1878	1169	618	236	35	5	2	1								
5 SSE	0,147	4611	204	583	979	998	832	534	278	106	46	21	13	8	3	3	1	1							
6 S	0,173	2323	147	485	464	398	282	220	144	84	49	20	11	8	4	3	1	1	2						
7 SSW	0,183	2633	120	387	400	271	211	245	247	244	186	121	78	54	36	20	6	3	4						
8 WSW	0,137	4335	208	388	390	273	326	318	346	388	301	319	291	266	196	154	74	53	31	10	2	1			
9 W	0,148	4026	225	495	711	655	474	375	327	222	201	96	65	55	50	37	25	12	1						
10 WNW	0,170	16466	247	808	1446	1709	2149	2203	2203	1711	1359	1005	687	399	220	111	81	40	27	30	20	9	2		
11 NNW	0,125	30097	306	808	1224	1702	2413	2682	3411	3585	3540	3224	2585	1921	1273	757	364	147	75	50	13	10	4	2	1
Sum		102383	2387	6458	8858	9853	11307	12026	12015	10753	8859	6906	4873	3362	2123	1270	643	311	185	106	50	24	6	7	1

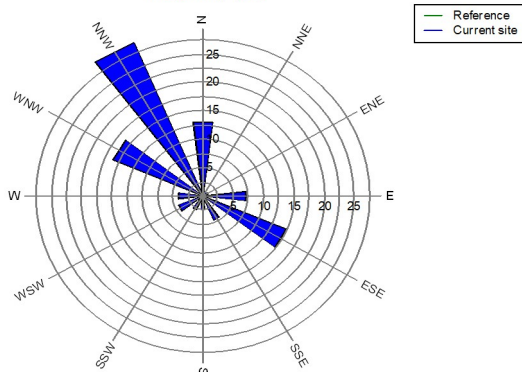
Energy Rose (kWh/m²/year)



Mean wind speed (m/s)



Frequency (%)



Project:

EOS SERRA 2

Printed/Page

16/02/2024 17:17 / 24

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:

16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - Park power curve

Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2

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	2.959	2.194	2.371	2.122	1.889	1.893	2.146	2.299	2.384	2.118	1.966	1.885	2.133	2.306	
4,5	9.495	8.096	8.456	8.020	7.497	7.487	7.933	8.272	8.420	7.946	7.607	7.549	8.007	8.341	
5,5	18.887	16.623	17.201	16.490	15.666	15.634	16.351	16.913	17.148	16.348	15.840	15.739	16.483	17.025	
6,5	32.119	28.445	29.339	28.200	26.974	26.918	28.061	28.954	29.315	28.035	27.257	27.004	28.181	29.065	
7,5	50.261	44.657	46.046	44.302	42.346	42.275	44.037	45.388	45.956	44.024	42.791	42.474	44.289	45.620	
8,5	73.501	65.656	67.639	65.156	62.361	62.232	64.734	66.670	67.474	64.716	62.984	62.568	65.161	67.043	
9,5	98.660	90.610	92.942	90.059	86.967	86.436	89.500	91.781	92.673	89.550	87.552	86.929	90.094	92.247	
10,5	116.732	112.197	113.707	111.824	110.176	109.148	111.496	113.133	113.682	111.506	110.465	109.544	111.802	113.320	
11,5	123.251	122.373	122.765	122.295	122.071	121.493	122.185	122.627	122.725	122.231	122.114	121.651	122.266	122.660	
12,5	123.982	123.937	123.960	123.936	123.918	123.880	123.920	123.947	123.954	123.925	123.922	123.903	123.935	123.955	
13,5	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	123.999	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	
14,5	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	
15,5	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	
16,5	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	
17,5	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	124.000	
18,5	119.969	120.464	120.381	120.547	120.575	120.592	120.399	120.286	120.263	120.471	120.572	120.759	120.599	120.409	
19,5	111.544	111.940	111.865	112.028	112.041	112.080	111.892	111.800	111.771	111.943	112.008	112.189	112.040	111.895	
20,5	86.233	86.557	86.447	86.630	86.694	86.776	86.585	86.484	86.446	86.632	86.671	86.786	86.585	86.483	
21,5	76.088	76.346	76.257	76.406	76.457	76.525	76.368	76.288	76.256	76.406	76.436	76.530	76.367	76.286	
22,5	65.841	66.054	65.979	66.103	66.146	66.202	66.072	66.003	65.977	66.104	66.133	66.212	66.075	66.003	
23,5	55.484	55.635	55.578	55.671	55.704	55.745	55.648	55.594	55.576	55.672	55.696	55.756	55.653	55.596	
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 array 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:

- 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.
- 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.
- Calculation of wind energy index based on the PARK production (see below).
- 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.

Project:

EOS SERRA 2

Printed/Page

16/02/2024 17:17 / 25

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:

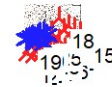
16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - WTG distances

Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2

WTG distances

	Z	Nearest WTG	Z	Horizontal distance	Distance in rotor diameters	Distance in rotor diameters
	[m]		[m]	[m]	(max)	(min)
1	185,1	8	190,4	958	5,9	5,9
2	162,4	3	133,2	1.023	6,3	6,3
3	133,2	7	150,2	859	5,3	5,3
4	105,9	5	90,6	861	5,3	5,3
5	90,6	4	105,9	861	5,3	5,3
6	76,9	5	90,6	955	5,9	5,9
7	150,2	3	133,2	859	5,3	5,3
8	190,4	1	185,1	958	5,9	5,9
9	163,4	21	214,0	504	5,0	3,1
10	117,0	25	114,3	536	5,4	3,3
11	99,1	25	114,3	780	7,8	4,8
12	85,4	11	99,1	1.004	6,2	6,2
13	121,1	25	114,3	744	7,4	4,6
14	81,7	17	71,5	817	5,0	5,0
15	27,3	16	48,9	797	4,9	4,9
16	48,9	15	27,3	797	4,9	4,9
17	71,5	14	81,7	817	5,0	5,0
18	132,6	14	81,7	1.660	10,2	10,2
19	185,6	20	206,6	507	5,1	5,1
20	206,6	21	214,0	432	4,3	4,3
21	214,0	20	206,6	432	4,3	4,3
22	158,1	23	161,0	411	4,1	4,1
23	161,0	22	158,1	411	4,1	4,1
24	135,5	23	161,0	529	5,3	5,3
25	114,3	24	135,5	530	5,3	5,3
26	119,2	10	117,0	771	7,7	4,8



New WTG

Scale 1:1.000.000
Existing WTG

Meteorological Data

Project:

EOS SERRA 2

Printed/Page

16/02/2024 17:17 / 26

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:

16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - Time varying AEP

Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2

Windfarm: 124,0 MW based on 26 turbines with 4,8 MW (in average).

Calculated mean yield per month and hour [MWh]. The result includes wake losses but no other losses.

Used wind distribution: mast RG - C1 50,00 m. 27/10/2006 - 07/10/2008 (711 days), 10 minutes, 100%

Hour/Month [MWh]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Grand Total
0	1.029	1.093	1.146	820	856	713	739	1.100	1.073	938	1.122	1.290	11.921
1	917	1.277	1.131	789	868	726	797	1.140	973	995	1.117	1.313	12.043
2	1.062	1.207	1.126	754	886	667	810	1.134	948	1.079	1.047	1.381	12.101
3	1.195	1.159	1.052	798	942	632	907	1.165	965	1.102	1.131	1.444	12.492
4	1.070	1.079	1.096	792	988	612	984	1.148	980	1.083	1.201	1.353	12.386
5	1.059	1.081	1.168	906	991	671	955	1.171	923	1.097	1.275	1.391	12.688
6	1.105	1.085	1.234	1.023	1.025	697	813	1.193	998	1.120	1.243	1.376	12.912
7	1.173	1.084	1.267	766	814	680	708	1.073	878	938	1.213	1.409	12.003
8	1.133	939	1.263	731	931	749	1.007	1.082	851	925	1.176	1.379	12.167
9	1.097	1.034	1.276	863	1.150	829	1.165	1.179	1.030	1.049	1.139	1.376	13.187
10	1.098	1.103	1.440	888	1.302	902	1.403	1.339	1.266	1.170	1.168	1.418	14.497
11	1.167	1.178	1.508	929	1.311	909	1.551	1.420	1.348	1.237	1.313	1.492	15.363
12	1.242	1.240	1.723	1.093	1.548	1.103	1.724	1.589	1.525	1.332	1.401	1.487	17.008
13	1.318	1.434	1.868	1.287	1.612	1.100	1.907	1.782	1.672	1.468	1.419	1.529	18.397
14	1.503	1.647	1.914	1.374	1.800	1.362	1.998	2.004	1.900	1.580	1.454	1.587	20.123
15	1.466	1.811	2.052	1.709	2.092	1.504	2.217	2.160	2.100	1.608	1.514	1.520	21.753
16	1.512	1.792	2.050	1.772	2.020	1.608	2.429	2.275	2.227	1.549	1.535	1.404	22.173
17	1.394	1.517	1.923	1.646	1.986	1.555	2.356	2.261	2.272	1.495	1.443	1.425	21.273
18	1.294	1.328	1.710	1.342	1.673	1.403	2.058	2.075	2.070	1.295	1.298	1.220	18.767
19	1.293	1.202	1.367	1.080	1.396	1.143	1.706	1.872	1.590	1.061	1.184	1.198	16.092
20	1.192	1.162	1.340	1.066	1.169	947	1.371	1.540	1.425	974	1.115	1.311	14.612
21	1.148	1.248	1.376	956	1.003	743	1.130	1.306	1.340	954	1.163	1.300	13.666
22	928	1.285	1.246	889	1.018	740	1.003	1.179	1.131	911	1.156	1.351	12.837
23	1.049	1.125	1.171	851	940	812	837	1.064	1.061	945	1.139	1.315	12.308
Grand Total	28.445	30.109	34.448	25.126	30.320	22.807	32.575	35.251	32.548	27.907	29.967	33.267	362.768

Hour/Month [MW]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Grand Total
0	33,2	39,0	37,0	27,3	27,6	23,8	23,8	35,5	35,8	30,3	37,4	41,6	32,7
1	29,6	45,6	36,5	26,3	28,0	24,2	25,7	36,8	32,4	32,1	37,2	42,3	33,0
2	34,2	43,1	36,3	25,1	28,6	22,2	26,1	36,6	31,6	34,8	34,9	44,5	33,2
3	38,5	41,4	33,9	26,6	30,4	21,1	29,3	37,6	32,2	35,6	37,7	46,6	34,2
4	34,5	38,5	35,4	26,4	31,9	20,4	31,7	37,0	32,7	34,9	40,0	43,6	33,9
5	34,2	38,6	37,7	30,2	32,0	22,4	30,8	37,8	30,8	35,4	42,5	44,9	34,8
6	35,6	38,7	39,8	34,1	33,1	23,2	26,2	38,5	33,3	36,1	41,4	44,4	35,4
7	37,8	38,7	40,9	25,5	26,3	22,7	22,9	34,6	29,3	30,3	40,4	45,4	32,9
8	36,6	33,5	40,7	24,4	30,0	25,0	32,5	34,9	28,4	29,8	39,2	44,5	33,3
9	35,4	36,9	41,2	28,8	37,1	27,6	37,6	38,0	34,3	33,8	38,0	44,4	36,1
10	35,4	39,4	46,5	29,6	42,0	30,1	45,3	43,2	42,2	37,7	38,9	45,8	39,7
11	37,6	42,1	48,6	31,0	42,3	30,3	50,0	45,8	44,9	39,9	43,8	48,1	42,1
12	40,1	44,3	55,6	36,4	49,9	36,8	55,6	51,3	50,8	43,0	46,7	48,0	46,6
13	42,5	51,2	60,3	42,9	52,0	36,7	61,5	57,5	55,7	47,4	47,3	49,3	50,4
14	48,5	58,8	61,7	45,8	58,1	45,4	64,5	64,6	63,3	51,0	48,5	51,2	55,1
15	47,3	64,7	66,2	57,0	67,5	50,1	71,5	69,7	70,0	51,9	50,5	49,0	59,6
16	48,8	64,0	66,1	59,1	65,2	53,6	78,4	73,4	74,2	50,0	51,2	45,3	60,7
17	45,0	54,2	62,0	54,9	64,1	51,8	76,0	73,0	75,7	48,2	48,1	46,0	58,3
18	41,8	47,4	55,2	44,7	54,0	46,8	66,4	66,9	69,0	41,8	43,3	39,4	51,4
19	41,7	42,9	44,1	36,0	45,0	38,1	55,0	60,4	53,0	34,2	39,5	38,6	44,1
20	38,4	41,5	43,2	35,5	37,7	31,6	44,2	49,7	47,5	31,4	37,2	42,3	40,0
21	37,0	44,6	44,4	31,9	32,3	24,8	36,5	42,1	44,7	30,8	38,8	41,9	37,4
22	29,9	45,9	40,2	29,6	32,8	24,7	32,3	38,0	37,7	29,4	38,5	43,6	35,2
23	33,9	40,2	37,8	28,4	30,3	27,1	27,0	34,3	35,4	30,5	38,0	42,4	33,7
Grand Total	38,2	44,8	46,3	34,9	40,8	31,7	43,8	47,4	45,2	37,5	41,6	44,7	41,4

Project:

EOS SERRA 2

Printed/Page

16/02/2024 17:17 / 27

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:

16/02/2024 17:08/2.7.490

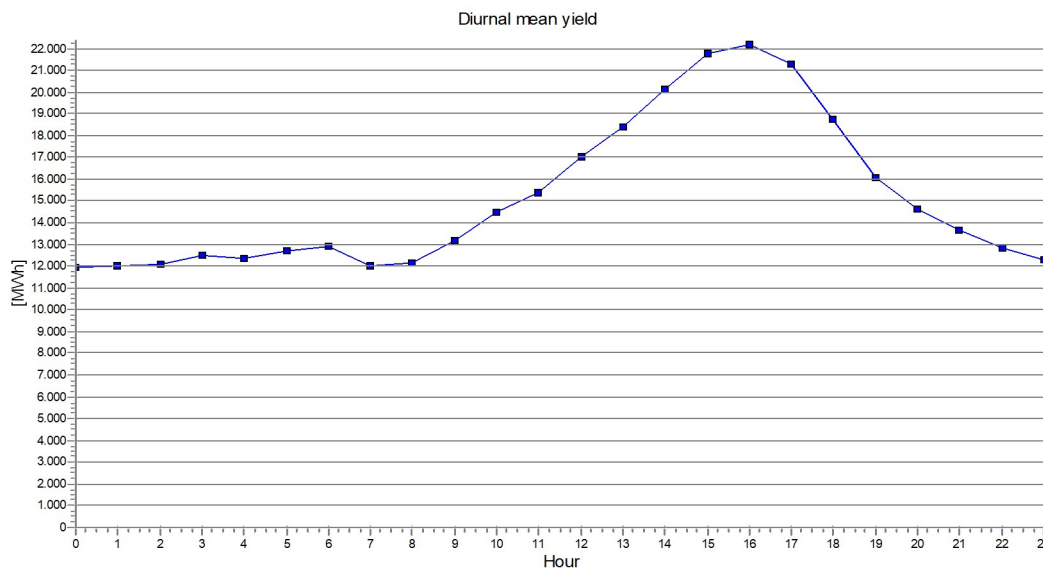
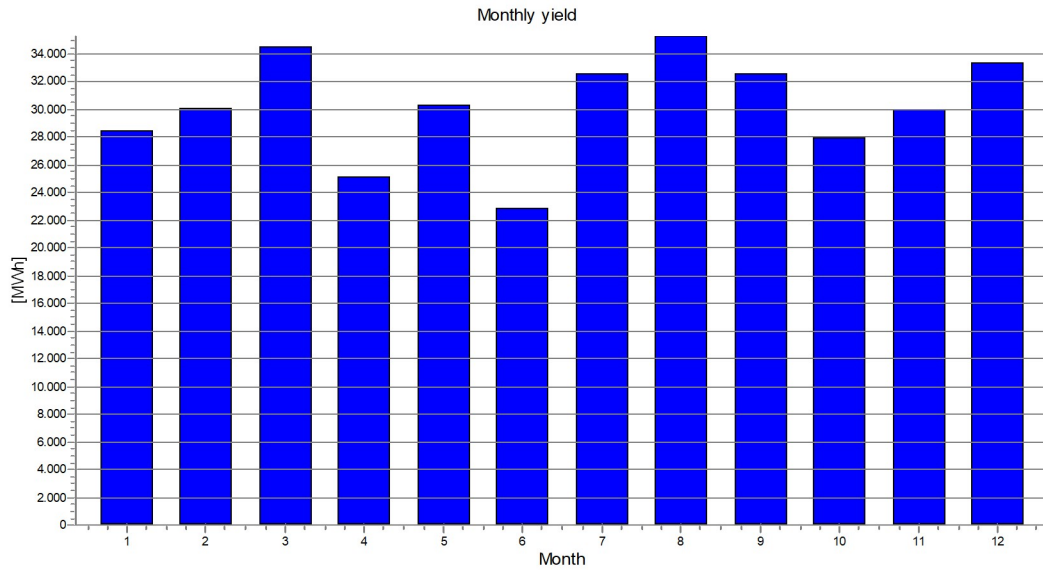
PARK - Time varying AEP

Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2

Windfarm: 124,0 MW based on 26 turbines with 4,8 MW (in average).

Calculated mean yield per month and hour [MWh]. The result includes wake losses but no other losses.

Used wind distribution: mast RG - C1 50,00 m. 27/10/2006 - 07/10/2008 (711 days), 10 minutes, 100%



Project:

EOS SERRA 2

Printed/Page

16/02/2024 17:17 / 28

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:

16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - Time varying AEP

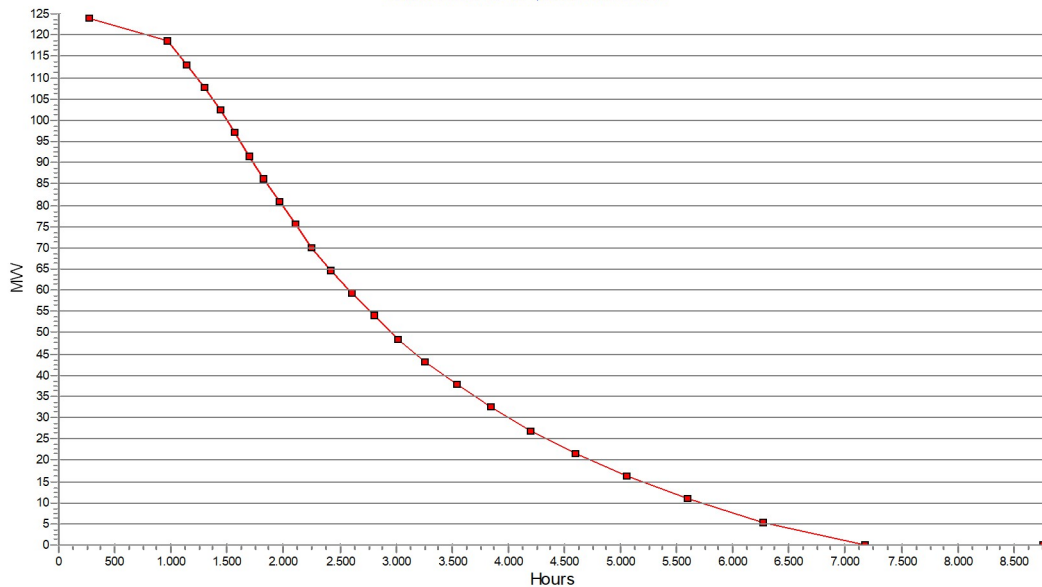
Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2

Windfarm: 124,0 MW based on 26 turbines with 4,8 MW (in average).

Used wind distribution: mast RG - C1 50,00 m. 27/10/2006 - 07/10/2008 (711 days), 10 minutes, 100%

Hours	Hours [%]	Hours accumulated	Rated power [MW]	Rated power (MW/WTG)
275	3,1	275	124,0	4,8
690	7,9	966	118,6 - 124,0	4,6 - 4,8
181	2,1	1146	113,2 - 118,6	4,4 - 4,6
145	1,7	1291	107,8 - 113,2	4,1 - 4,4
141	1,6	1432	102,4 - 107,8	3,9 - 4,1
132	1,5	1564	97,0 - 102,4	3,7 - 3,9
132	1,5	1696	91,7 - 97,0	3,5 - 3,7
129	1,5	1825	86,3 - 91,7	3,3 - 3,5
136	1,5	1961	80,9 - 86,3	3,1 - 3,3
142	1,6	2103	75,5 - 80,9	2,9 - 3,1
153	1,7	2255	70,1 - 75,5	2,7 - 2,9
170	1,9	2425	64,7 - 70,1	2,5 - 2,7
181	2,1	2606	59,3 - 64,7	2,3 - 2,5
195	2,2	2802	53,9 - 59,3	2,1 - 2,3
220	2,5	3022	48,5 - 53,9	1,9 - 2,1
247	2,8	3268	43,1 - 48,5	1,7 - 1,9
277	3,2	3545	37,7 - 43,1	1,5 - 1,7
301	3,4	3846	32,3 - 37,7	1,2 - 1,5
352	4,0	4198	27,0 - 32,3	1,0 - 1,2
397	4,5	4596	21,6 - 27,0	0,8 - 1,0
458	5,2	5054	16,2 - 21,6	0,6 - 0,8
549	6,3	5603	10,8 - 16,2	0,4 - 0,6
661	7,5	6264	5,4 - 10,8	0,2 - 0,4
920	10,5	7184	0,0 - 5,4	0,0 - 0,2
1576	18,0	8760	0,0	0,0

Duration curve 124,0 MW WindFarm



Project:

EOS SERRA 2

Printed/Page

16/02/2024 17:17 / 29

Licensed user:

IT-71100 Foggia

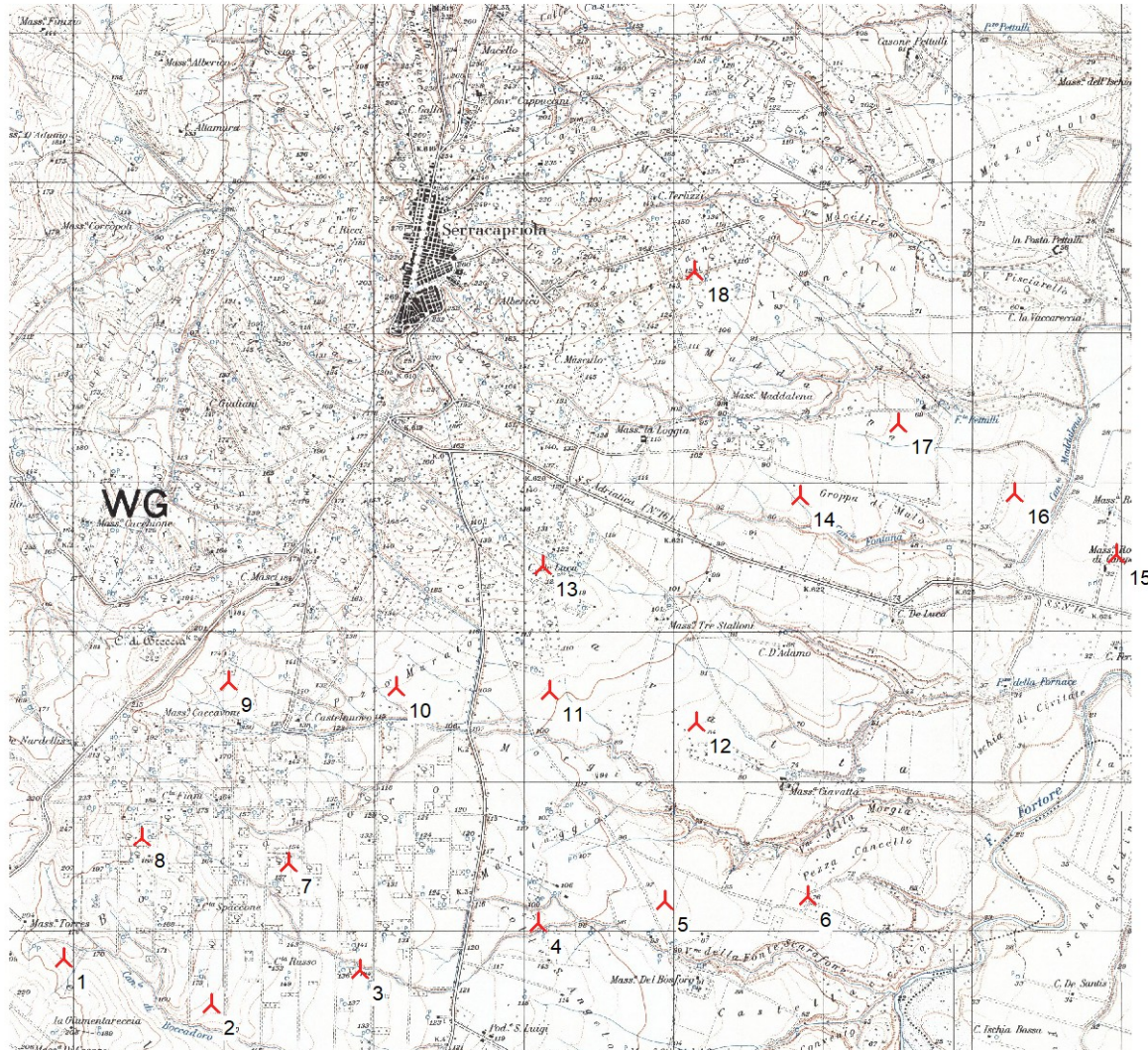
ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:

16/02/2024 17:08/2.7.490

PARK - Map

Calculation: PRODUCIBILITA' EOS SERRA 2



0 500 1000 1500 2000 m

Map: , Print scale 1:50.000, Map center UTM WGS 84 Zone: 33 East: 514.380,76 North: 4.625.763,89

▲ New WTG