

REPOWERING DI UN IMPIANTO EOLICO DI POTENZA PARI A 62,00 MW, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI POGGIO IMPERIALE E APRICENA (FG) IN LOCALITÀ ZANCARDI



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

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

Tecnico

ing. Danilo Pomponio

Collaborazioni

ing. Milena MIGLIONICO
ing. Giulia CARELLA
ing. Valentina SAMMARTINO
ing. Alessia NASCENTE
ing. Roberta ALBANESE
ing. Marco D'ARCANGELO
ing. Alessia DECARO
geol. Lucia SANTOPIETRO
ing. Tommaso MANCINI
ing. Fabio MASTROSERIO
ing. Martino LAPENNA
per. ind. Lamberto FANELLI
ing. Mariano MARSEGLIA
ing. Giuseppe Federico ZINGARELLI
ing. Dionisio STAFFIERI

Responsabile Commessa

ing. Danilo Pomponio

ELABORATO	TITOLO	COMMESSA	TIPOLOGIA		
V11	VALUTAZIONE DI PRODUCIBILITA'	23048	D		
		CODICE ELABORATO			
		DC23048D-V11			
REVISIONE	Tutte le informazioni tecniche contenute nel presente documento sono di proprietà esclusiva della Studio Tecnico BFP S.r.l e non possono essere riprodotte, divulgate o comunque utilizzate senza la sua preventiva autorizzazione scritta. All technical information contained in this document is the exclusive property of Studio Tecnico BFP S.r.l. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. (art. 2575 c.c.)	SOSTITUISCE	SOSTITUITO DA		
00		-	-		
		NOME FILE	PAGINE		
		DC23048D-V11.doc	36 + copertina		
REV	DATA	MODIFICA	Elaborato	Controllato	Approvato
00	27/10/23	Emissione	Carella	Miglionico	Pomponio
01					
02					
03					
04					
05					
06					

Il presente documento di analisi di producibilità è redatto da ERG Wind Energy che se ne assume ogni responsabilità circa i contenuti, per cui la società BFP S.r.l. declina ogni responsabilità circa i contenuti dello studio che rappresenta lo stato iniziale di sviluppo progettuale.



POGGIO IMPERIALE

STUDIO ANEMOLOGICO

Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità

2	31/10/2023	Prima emissione	EN	CDM	FC
REV.	DATA	ATTIVITÀ	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

CODICE DOCUMENTO					NOME FILE	PAGINA
PRG	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV	PGI-ENG-REL-0043-02	1 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	2 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	RAPPRESENTAZIONE DEL SITO	5
2.1	Descrizione del sito.....	5
2.2	Layout ripotenziato	7
2.3	Aerogeneratori adottati.....	8
2.4	Allacciamento alla rete elettrica	14
3	CARATTERIZZAZIONE ANEMOLOGICA	15
3.1	Strumenti utilizzati	15
3.2	Raccolta dei dati e validazione.....	16
3.3	Analisi anemologica e statistica dei dati	17
4	CURVA DI POTENZA	22
5	APPLICAZIONE DEL MODELLO CFD.....	25
5.1	Il modello digitale del terreno.....	25
5.2	La rugosità.....	27
5.3	La risorsa eolica.....	28
5.4	Risultati del modello	29
6	ANALISI DELLE PERDITE E DELLE INCERTEZZE.....	32

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	3 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

LISTA DELLE FIGURE

<i>Figura 1: Inquadramento del sito.....</i>	5
<i>Figura 2: Inquadramento del sito.....</i>	6
<i>Figura 3: Stazioni di misura in sito</i>	6
<i>Figura 4: Validazione anemometro</i>	16
<i>Figura 5: Profilo giornaliero di velocità PGI01</i>	17
<i>Figura 6: Profilo mensile di velocità PGI01.....</i>	17
<i>Figura 7: Profilo di velocità verticale.....</i>	18
<i>Figura 8: Rosa del vento PGI01_105m</i>	20
<i>Figura 9: Rosa del vento PGI07_105m.....</i>	21
<i>Figura 10: Aerogeneratore Enercon E175 6.0MW.....</i>	22
<i>Figura 11: Aerogeneratore Siemens Gamesa SG170 6.2MW</i>	22
<i>Figura 12: Aerogeneratore Vestas V162 6.2MW</i>	22
<i>Figura 13: Discretizzazione orizzontale del dominio di calcolo</i>	25
<i>Figura 14: Discretizzazione verticale del dominio di calcolo.....</i>	26
<i>Figura 15: Mappa di rugosità</i>	27
<i>Figura 16: Mappa di ventosità a 132m s.l.s.....</i>	28

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	4 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

1 INTRODUZIONE

La Stima della Producibilità Energetica rappresenta la previsione della produzione annuale di un progetto di impianto eolico, che potrebbe essere costruito una volta ottenute tutte le autorizzazioni del caso e verificata la remuneratività del progetto stesso.

Si tratta di uno studio volto a stimare la producibilità di un impianto esistente che viene ripotenziato grazie all'installazione di macchine innovative con potenza unitaria maggiore rispetto alle macchine attualmente installate.

La Stima della Producibilità Energetica è il frutto dell'integrazione fra la metodologia che ERG ha sviluppato riguardo al processo di analisi dei dati provenienti dalle torri anemometriche di riferimento e/o di micrositing, e una procedura di stima basata sulla modellazione del flusso di vento tramite fluidodinamica computazionale (CFD). In merito alla simulazione del flusso di vento, ci si è avvalsi dei software di modellazione del vento WindSim e Windpro, mediante i quali vengono implementate le seguenti fasi:

- Calcolo del flusso di vento
- Estrapolazione della V media a quota mozzo
- Calcolo dell'energia annua producibile
- Stima delle perdite per scia

Mentre per le fasi seguenti ci si è avvalsi della procedura di calcolo messa a punto internamente:

- Trattamento e validazione dei dati anemometrici
- Storicizzazione del dato
- Valutazione delle restanti perdite
- Analisi dell'incertezza a cui è sottoposta la stima

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	5 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

2 RAPPRESENTAZIONE DEL SITO

2.1 Descrizione del sito

L'impianto esistente è situato nella provincia di Foggia e comprende il comune di Poggio Imperiale. Il parco attuale è costituito da un'unità produttiva composta da 15 turbine eoliche Vestas V90 da 2000 kW, per una potenza complessiva di 30 MW.

Il nuovo layout ripotenziato si sviluppa nell'area del parco già esistente e prevede un numero totale di 10 macchine.

La zona presenta un'orografia piuttosto semplice e pianeggiante, con altezze che arrivano fino a 125 m s.l.m.

L'impianto si trova nelle vicinanze di Poggio Imperiale.

Nelle vicinanze dell'impianto non sono presenti aree boschive degne di nota.

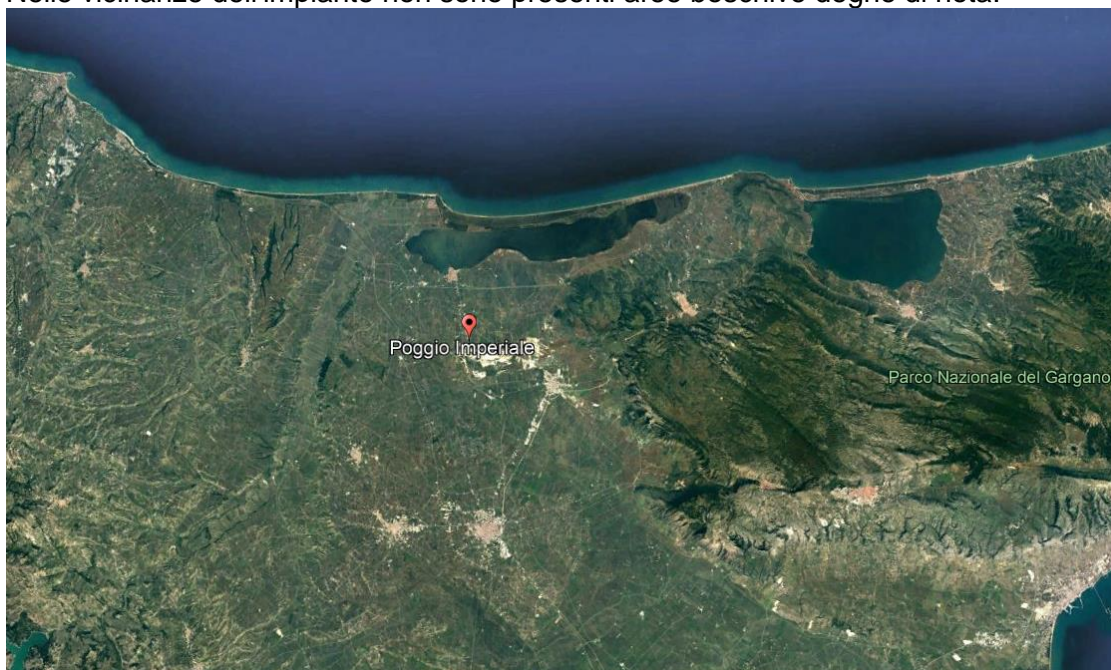


Figura 1: Inquadramento del sito

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	6 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

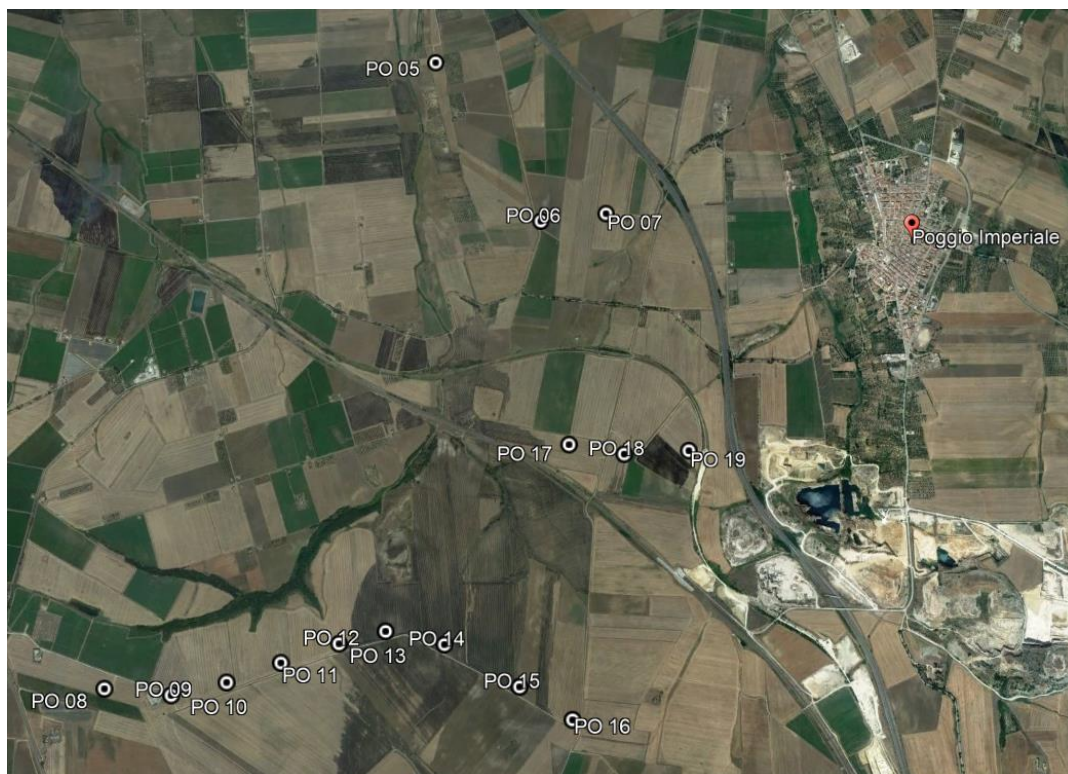


Figura 2: Inquadramento del sito

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	7 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

2.2 Layout ripotenziato

Il layout di impianto è composto da 10 aerogeneratori, dislocati all'interno dei territori comunali di Poggio Imperiale e Apricena (solo l'aerogeneratore R-PGI07).

Le coordinate (UTM WGS84) e le quote relative ad ogni postazione di macchina sono:

Coordinate UTM WGS 84 F33			
WTG	Est	Nord	Quota [m]
R-PGI01	525905	4627872	121.1
R-PGI02	526445.7	4627852	110.8
R-PGI03	526873.5	4627992.5	103
R-PGI04	527297.7	4628147	102.9
R-PGI05	527747.8	4628229	108.5
R-PGI06	528136.8	4627992	119.6
R-PGI07	528692	4627678	124.6
R-PGI08	528117	4629456	80.6
R-PGI09	528436	4630231	70
R-PGI10	527818.9	4631368.5	50

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	8 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

2.3 Aerogeneratori adottati

Per la stima di producibilità energetica di Poggio Imperiale vengono prese in esame tre diverse tipologie di aerogeneratori, di cui si riportano di seguito le relative caratteristiche e curve di potenza garantite dal costruttore a densità standard ($\rho=1.225 \text{ m}^3/\text{kg}$).

Il primo modello è la Enercon E175 6.0MW ad altezza mozzo 132.5 m la cui curva di potenza fornita dal costruttore alla densità media di sito è:

Manufacturer	ENERCON
Type/Version	E-175 EP5
Rated power	6,000.0 kW
Secondary generator	kW
Rotor diameter	175.0 m
Tower	!O! Tubular
Grid connection	50 Hz
Country (origin)	
Blade type	
Generator type	Variable
Rated	rpm
Initial	rpm
Default hub height	112.4 m
Alternative hub heights (m)	132.5 162.0
	Add Remove

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	9 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

Name
E175 6.0MW Auto

Source
Enercon D02772017/0.0-en / DA

Date (m/d/yyyy) Stop wind speed
10/10/2023 20.0 m/s

Air density Tip angle
1.225 kg/m³ 0.00 °

Measured on high voltage side of step up transformer

Power control
 Stall Pitch Active stall
 Ct curve
 Standard stall Standard pitch User defined
 Uncertainty
 None IEC cat A & IEC cat IEC combined

Remarks

Edit/show power curve
 Edit/show CT curve
 Edit/show uncertainty

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Cp
Click here to add a new row		
0.00	0.00	
0.50	0.00	
1.00	0.00	
1.50	0.00	
2.00	0.00	
2.50	61.00	0.265
3.00	147.00	0.370
3.50	272.00	0.431
4.00	438.00	0.465
4.50	649.00	0.483
5.00	901.00	0.489
5.50	1,204.00	0.491
6.00	1,565.00	0.492
6.50	1,985.00	0.491
7.00	2,463.00	0.487
7.50	2,990.00	0.481
8.00	3,543.00	0.470
8.50	4,091.00	0.452
9.00	4,597.00	0.428
9.50	5,031.00	0.398
10.00	5,373.00	0.365
10.50	5,624.00	0.330
11.00	5,793.00	0.295
11.50	5,900.00	0.263
12.00	5,964.00	0.234
12.50	5,999.00	0.208
13.00	6,000.00	0.185
13.50	6,000.00	0.166
14.00	6,000.00	0.148
14.50	6,000.00	0.134
15.00	6,000.00	0.121
15.50	6,000.00	0.109
16.00	6,000.00	0.099
16.50	6,000.00	0.091
17.00	6,000.00	0.083
17.50	6,000.00	0.076
18.00	6,000.00	0.070
18.50	6,000.00	0.064
19.00	6,000.00	0.059
19.50	6,000.00	0.055
20.00	6,000.00	0.051

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	10 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

Il secondo aereogeneratore preso in esame è il modello Siemens Gamesa SG170 da 6.2MW, altezza mozzo 135 m:

Manufacturer	Siemens Gamesa
Type/Version	SG 6.2-170
Rated power	6,200.0 kW
Secondary generator	kW
Rotor diameter	170.0 m
Tower	Tubular
Grid connection	50/60 Hz
Country (origin)	Spain
Blade type	
Generator type	Variable
Rated	8.8 rpm
Initial	5.1 rpm
Default hub height	115.0 m
Alternative hub heights (m)	165.0
	<input type="button" value="Add"/> <input type="button" value="Remove"/>
Maximum blade width	4.50 m *)
Blade width for 90% radius	1.50 m *)
Valid	<input checked="" type="checkbox"/>

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	11 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

Name (AM 0, 6.2MW) - 1.225 kg/m3 Auto		<input checked="" type="radio"/> Edit/show power curve <input type="radio"/> Edit/show CT curve <input type="radio"/> Edit/show uncertainty																																																																																																																																											
Source SGR		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Wind speed [m/s]</th> <th>Power [kW]</th> <th>Cp</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3.00</td><td>89.00</td><td>0.237</td></tr> <tr><td>3.50</td><td>178.00</td><td>0.299</td></tr> <tr><td>4.00</td><td>328.00</td><td>0.369</td></tr> <tr><td>4.50</td><td>522.00</td><td>0.412</td></tr> <tr><td>5.00</td><td>758.00</td><td>0.436</td></tr> <tr><td>5.50</td><td>1,040.00</td><td>0.450</td></tr> <tr><td>6.00</td><td>1,376.00</td><td>0.458</td></tr> <tr><td>6.50</td><td>1,771.00</td><td>0.464</td></tr> <tr><td>7.00</td><td>2,230.00</td><td>0.468</td></tr> <tr><td>7.50</td><td>2,758.00</td><td>0.470</td></tr> <tr><td>8.00</td><td>3,351.00</td><td>0.471</td></tr> <tr><td>8.50</td><td>3,988.00</td><td>0.467</td></tr> <tr><td>9.00</td><td>4,617.00</td><td>0.456</td></tr> <tr><td>9.50</td><td>5,166.00</td><td>0.433</td></tr> <tr><td>10.00</td><td>5,584.00</td><td>0.402</td></tr> <tr><td>10.50</td><td>5,862.00</td><td>0.364</td></tr> <tr><td>11.00</td><td>6,028.00</td><td>0.326</td></tr> <tr><td>11.50</td><td>6,117.00</td><td>0.289</td></tr> <tr><td>12.00</td><td>6,161.00</td><td>0.256</td></tr> <tr><td>12.50</td><td>6,183.00</td><td>0.228</td></tr> <tr><td>13.00</td><td>6,192.00</td><td>0.203</td></tr> <tr><td>13.50</td><td>6,197.00</td><td>0.181</td></tr> <tr><td>14.00</td><td>6,199.00</td><td>0.162</td></tr> <tr><td>14.50</td><td>6,199.00</td><td>0.146</td></tr> <tr><td>15.00</td><td>6,200.00</td><td>0.132</td></tr> <tr><td>15.50</td><td>6,200.00</td><td>0.120</td></tr> <tr><td>16.00</td><td>6,200.00</td><td>0.109</td></tr> <tr><td>16.50</td><td>6,200.00</td><td>0.099</td></tr> <tr><td>17.00</td><td>6,200.00</td><td>0.091</td></tr> <tr><td>17.50</td><td>6,200.00</td><td>0.083</td></tr> <tr><td>18.00</td><td>6,200.00</td><td>0.076</td></tr> <tr><td>18.50</td><td>6,200.00</td><td>0.070</td></tr> <tr><td>19.00</td><td>6,200.00</td><td>0.065</td></tr> <tr><td>19.50</td><td>6,200.00</td><td>0.060</td></tr> <tr><td>20.00</td><td>6,200.00</td><td>0.056</td></tr> <tr><td>20.50</td><td>6,080.00</td><td>0.051</td></tr> <tr><td>21.00</td><td>5,956.00</td><td>0.046</td></tr> <tr><td>21.50</td><td>5,832.00</td><td>0.042</td></tr> <tr><td>22.00</td><td>5,708.00</td><td>0.039</td></tr> <tr><td>22.50</td><td>5,584.00</td><td>0.035</td></tr> <tr><td>23.00</td><td>5,460.00</td><td>0.032</td></tr> <tr><td>23.50</td><td>5,336.00</td><td>0.030</td></tr> <tr><td>24.00</td><td>5,212.00</td><td>0.027</td></tr> <tr><td>24.50</td><td>5,088.00</td><td>0.025</td></tr> <tr><td>25.00</td><td>4,964.00</td><td>0.023</td></tr> </tbody> </table>		Wind speed [m/s]	Power [kW]	Cp	3.00	89.00	0.237	3.50	178.00	0.299	4.00	328.00	0.369	4.50	522.00	0.412	5.00	758.00	0.436	5.50	1,040.00	0.450	6.00	1,376.00	0.458	6.50	1,771.00	0.464	7.00	2,230.00	0.468	7.50	2,758.00	0.470	8.00	3,351.00	0.471	8.50	3,988.00	0.467	9.00	4,617.00	0.456	9.50	5,166.00	0.433	10.00	5,584.00	0.402	10.50	5,862.00	0.364	11.00	6,028.00	0.326	11.50	6,117.00	0.289	12.00	6,161.00	0.256	12.50	6,183.00	0.228	13.00	6,192.00	0.203	13.50	6,197.00	0.181	14.00	6,199.00	0.162	14.50	6,199.00	0.146	15.00	6,200.00	0.132	15.50	6,200.00	0.120	16.00	6,200.00	0.109	16.50	6,200.00	0.099	17.00	6,200.00	0.091	17.50	6,200.00	0.083	18.00	6,200.00	0.076	18.50	6,200.00	0.070	19.00	6,200.00	0.065	19.50	6,200.00	0.060	20.00	6,200.00	0.056	20.50	6,080.00	0.051	21.00	5,956.00	0.046	21.50	5,832.00	0.042	22.00	5,708.00	0.039	22.50	5,584.00	0.035	23.00	5,460.00	0.032	23.50	5,336.00	0.030	24.00	5,212.00	0.027	24.50	5,088.00	0.025	25.00	4,964.00	0.023
Wind speed [m/s]	Power [kW]	Cp																																																																																																																																											
3.00	89.00	0.237																																																																																																																																											
3.50	178.00	0.299																																																																																																																																											
4.00	328.00	0.369																																																																																																																																											
4.50	522.00	0.412																																																																																																																																											
5.00	758.00	0.436																																																																																																																																											
5.50	1,040.00	0.450																																																																																																																																											
6.00	1,376.00	0.458																																																																																																																																											
6.50	1,771.00	0.464																																																																																																																																											
7.00	2,230.00	0.468																																																																																																																																											
7.50	2,758.00	0.470																																																																																																																																											
8.00	3,351.00	0.471																																																																																																																																											
8.50	3,988.00	0.467																																																																																																																																											
9.00	4,617.00	0.456																																																																																																																																											
9.50	5,166.00	0.433																																																																																																																																											
10.00	5,584.00	0.402																																																																																																																																											
10.50	5,862.00	0.364																																																																																																																																											
11.00	6,028.00	0.326																																																																																																																																											
11.50	6,117.00	0.289																																																																																																																																											
12.00	6,161.00	0.256																																																																																																																																											
12.50	6,183.00	0.228																																																																																																																																											
13.00	6,192.00	0.203																																																																																																																																											
13.50	6,197.00	0.181																																																																																																																																											
14.00	6,199.00	0.162																																																																																																																																											
14.50	6,199.00	0.146																																																																																																																																											
15.00	6,200.00	0.132																																																																																																																																											
15.50	6,200.00	0.120																																																																																																																																											
16.00	6,200.00	0.109																																																																																																																																											
16.50	6,200.00	0.099																																																																																																																																											
17.00	6,200.00	0.091																																																																																																																																											
17.50	6,200.00	0.083																																																																																																																																											
18.00	6,200.00	0.076																																																																																																																																											
18.50	6,200.00	0.070																																																																																																																																											
19.00	6,200.00	0.065																																																																																																																																											
19.50	6,200.00	0.060																																																																																																																																											
20.00	6,200.00	0.056																																																																																																																																											
20.50	6,080.00	0.051																																																																																																																																											
21.00	5,956.00	0.046																																																																																																																																											
21.50	5,832.00	0.042																																																																																																																																											
22.00	5,708.00	0.039																																																																																																																																											
22.50	5,584.00	0.035																																																																																																																																											
23.00	5,460.00	0.032																																																																																																																																											
23.50	5,336.00	0.030																																																																																																																																											
24.00	5,212.00	0.027																																																																																																																																											
24.50	5,088.00	0.025																																																																																																																																											
25.00	4,964.00	0.023																																																																																																																																											
Date (m/d/yyyy) Stop wind speed 3/25/2020 25.0 m/s																																																																																																																																													
Air density Tip angle 1.225 kg/m3 0.00 °																																																																																																																																													
<input type="checkbox"/> Measured on high voltage side of step up transformer																																																																																																																																													
Power control <input type="radio"/> Stall <input checked="" type="radio"/> Pitch <input type="radio"/> Active stall																																																																																																																																													
Ct curve <input type="radio"/> Standard stall <input type="radio"/> Standard pitch <input checked="" type="radio"/> User defined																																																																																																																																													
Uncertainty <input checked="" type="radio"/> None <input type="radio"/> IEC cat A & IEC cat <input type="radio"/> IEC combined																																																																																																																																													
Remarks Rev. 0 Siemens Gamesa Renewable Energy and its affiliates reserve the right to change the above specifications without prior notice.																																																																																																																																													

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	12 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

Il terzo aereogeneratore preso in esame è il modello Vestas V162 6.2MW, altezza mozzo 125 m:

Manufacturer	VESTAS	
Type/Version	V162-6.2	
Rated power	6,200.0	kW
Secondary generator		kW
Rotor diameter	162.0	m
Tower	!O! Tubular	
Grid connection	50/60 Hz	
Country (origin)	Denmark	
Blade type		
Generator type	Variable	
Rated		rpm
Initial		rpm
Default hub height	119.0	m
Alternative hub heights (m)	125.0	^
	149.0	
	166.0	v
	<input type="button" value="Add"/>	
	<input type="button" value="Remove"/>	

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	13 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

Name
Level 0 - Calculated - Modes PO6200/PO6200-05 - 06 Auto

Source
Vestas

Date (m/d/yyyy) Stop wind speed
6/30/2021 24.0 m/s

Air density Tip angle
1.225 kg/m3 0.00 °

Measured on high voltage side of step up transformer

Power control
 Stall Pitch Active stall
 Standard stall Standard pitch User defined
 Uncertainty
 None IEC cat A & IEC cat IEC combined
 Remarks
 Document no.: 0107-3707 V00

[Edit/show power curve](#)
[Edit/show CT curve](#)
[Edit/show uncertainty](#)

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Cp
3.00	34.00	0.100
3.50	150.00	0.277
4.00	292.00	0.361
4.50	467.00	0.406
5.00	676.00	0.428
5.50	927.00	0.441
6.00	1,229.00	0.451
6.50	1,584.00	0.457
7.00	2,000.00	0.462
7.50	2,476.00	0.465
8.00	3,017.00	0.467
8.50	3,626.00	0.468
9.00	4,284.00	0.465
9.50	4,917.00	0.454
10.00	5,483.00	0.434
10.50	5,882.00	0.402
11.00	6,114.00	0.364
11.50	6,176.00	0.322
12.00	6,197.00	0.284
12.50	6,200.00	0.251
13.00	6,200.00	0.224
13.50	6,200.00	0.200
14.00	6,200.00	0.179
14.50	6,200.00	0.161
15.00	6,200.00	0.146
15.50	6,200.00	0.132
16.00	6,200.00	0.120
16.50	6,200.00	0.109
17.00	6,186.00	0.100
17.50	6,077.00	0.090
18.00	5,853.00	0.079
18.50	5,590.00	0.070
19.00	5,348.00	0.062
19.50	5,095.00	0.054
20.00	4,825.00	0.048
20.50	4,538.00	0.042
21.00	4,251.00	0.036
21.50	3,954.00	0.032
22.00	3,664.00	0.027
22.50	3,367.00	0.023
23.00	3,064.00	0.020
23.50	2,763.00	0.017
24.00	2,451.00	0.014

Per un ulteriore approfondimento delle curve utilizzate nel software si rimanda al capitolo 4.

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	14 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

2.4 Allacciamento alla rete elettrica

L'impianto attuale è connesso alla rete AT tramite l'adiacente sottostazione di proprietà Terna, situata a Poggio Imperiale (FG).

Anche il parco eolico in progetto rimarrà collegato nel medesimo luogo, previo adeguamento della stazione esistente così come previsto dal progetto.

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	15 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

3 CARATTERIZZAZIONE ANEMOLOGICA

3.1 Strumenti utilizzati

La campagna anemometrica è stata condotta in sito con due stazioni di misura:

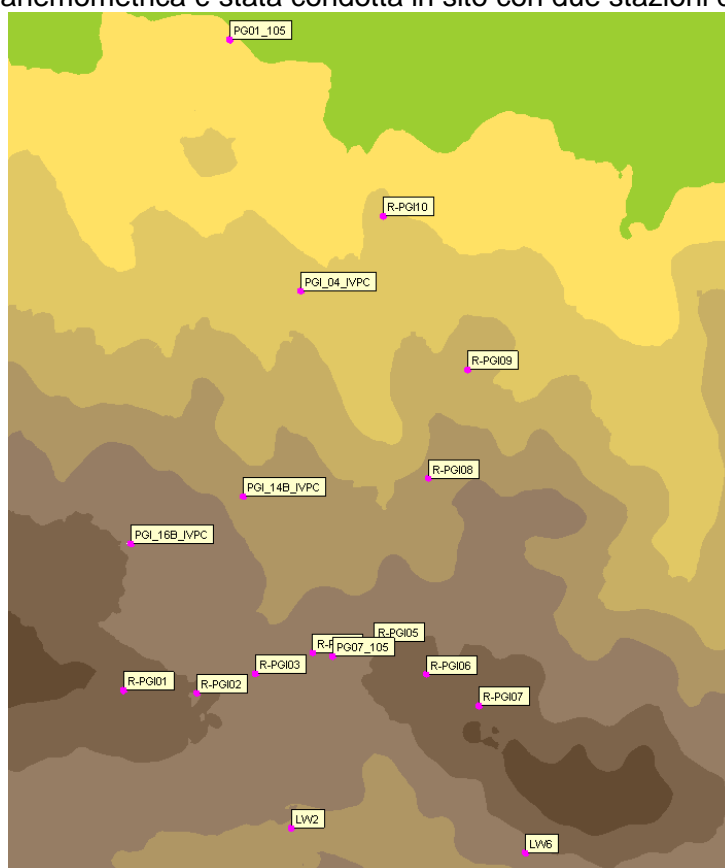


Figura 3: Stazioni di misura in sito

Stazione Anemometrica	Coord Est	Coord Nord	Quota [m]	Altezza [m]	dal	al
PGI01	526674	4632694	28	40	03/01/2008	01/09/2015
PGI07	527439	4628117	107	10	15/02/2008	01/09/2015

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	16 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

3.2 Raccolta dei dati e validazione

Il processo di validazione prevede un controllo manuale per via grafica dei dati grezzi di velocità, direzione e rispettive deviazioni standard tramite software dedicato.



Figura 4: Validazione anemometro

I dati validati vengono raccolti in database protetti, necessari per l'inserimento dei parametri anemometrici nel codice di calcolo CFD e per eventuali altre considerazioni avanzate.

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	17 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

3.3 Analisi anemologica e statistica dei dati

A seguito della validazione dei dati si possono stilare le statistiche sulle velocità medie di sito.

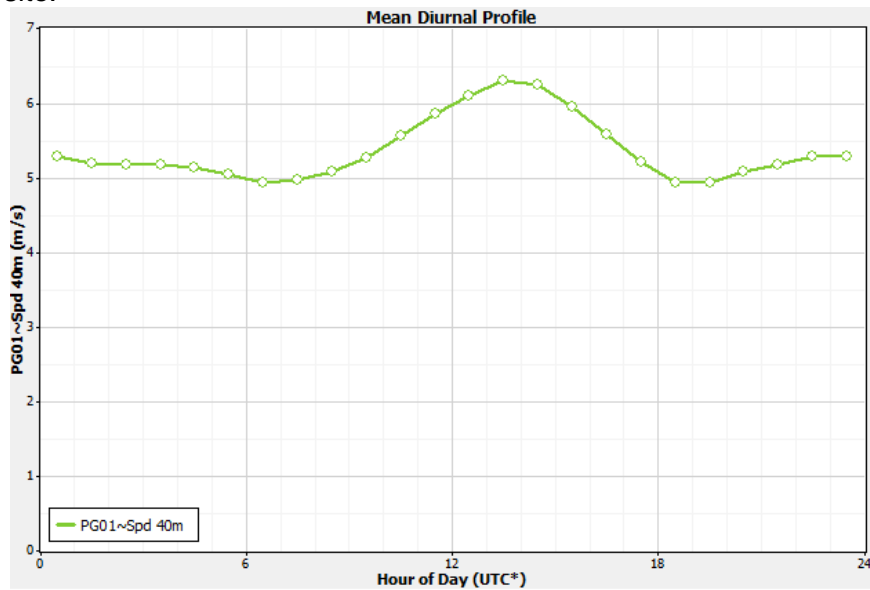


Figura 5: Profilo giornaliero di velocità PGI01

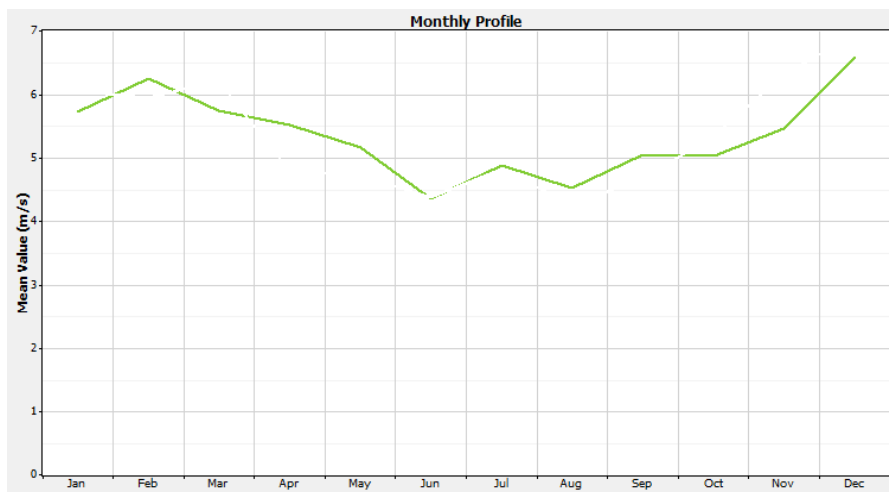


Figura 6: Profilo mensile di velocità PGI01

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	18 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

Inoltre, si è in grado di estrapolare il profilo verticale di velocità:

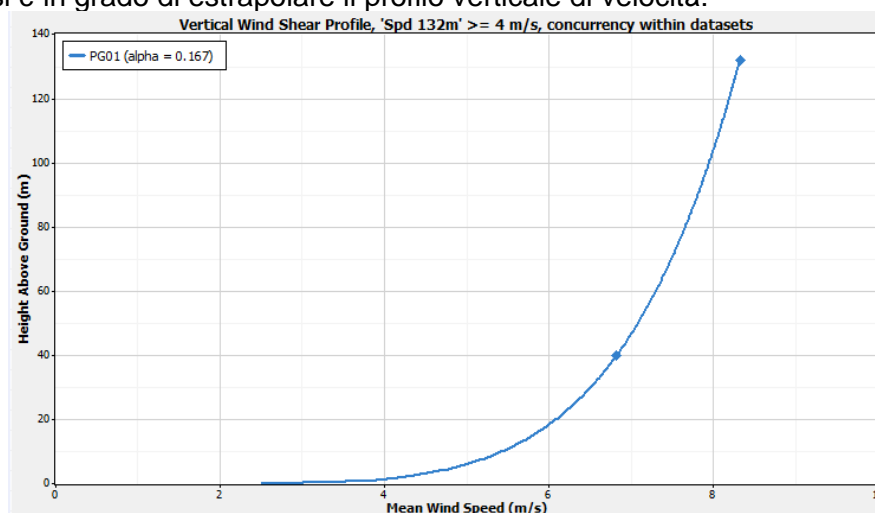


Figura 7: Profilo di velocità verticale

Definito il profilo verticale si è in grado di calcolare il gradiente al suolo della velocità (α : "wind shear exponent") utilizzando le velocità medie misurate ai diversi sensori.

$$\alpha = \frac{\ln \frac{v_{132m}}{v_{40m}}}{\ln \frac{132}{40}}$$

Il parametro alfa (α) consente poi di estrapolare la velocità del vento all'altezza mozzo delle macchine che:

$$v_{HH} = v_{132m} \left(\frac{HH}{132} \right)^\alpha$$

Le formule sono indicate a titolo esemplificativo e devono essere adattate alle specificità della misura disponibile.

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	19 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

Nel caso specifico di Poggio Imperiale, il valore del parametro α è stato misurato da sensori di velocità a 40m, 30m, e 10m.

Al fine di ridurre le incertezze di calcolo legate al processo di estrapolazione verticale della misura da quota anemometro ad altezza hub, è stato preso in considerazione anche il dato di energia da SCADA di impianto esistente.

A partire dal dato SCADA di energia estrapolato ai morsetti del generatore di turbina ad un'altezza di riferimento pari all'altezza mozzo delle Vestas V90, ovvero a 80m s.l.s., si è proceduto a determinare, sulla base dei dati storici di operation e quindi di tutti i tipi di downtime occorsi nel periodo oggetto di misura, la producibilità d'impianto, su base annuale.

In particolare, la serie storica di dati SCADA su base energia è stata rielaborata con la serie di dati di downtime (periodo: 2005-2016) per calcolare anno per anno la producibilità mensile e quindi definire il dato di producibilità annua storica.

Ci si è avvalsi di tale input in ambiente di modellazione CFD, approcciando in modo critico la precedente estrapolazione verticale della velocità, da quota misura fino all'altezza mozzo desiderata, disponendo questa volta di un riferimento noto in corrispondenza dell'altezza mozzo degli aerogeneratori esistenti.

A valle dell'applicazione di tale procedura di calcolo, è possibile determinare le tabelle di frequenza per bin di direzione e di velocità in corrispondenza dell'altezza mozzo degli aerogeneratori esistenti e del punto di installazione della torre anemometrica considerata nell'analisi.

Si ottengono le seguenti statistiche di ventosità (climatologie):

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	20 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

site name	PG01_105		
filename	PG01_105		
measurement period	03.01.08 - 01.09.15	# records = 66491	
position	x = 526674.0	y = 4632694.0	z (agl) = 105.0
Weibull param., average speed	k = 1.90	A = 7.49	average = 6.42

Table 1. Climatology characteristics, including Weibull (k, A) and average wind speed (m/s) of all sectors.

Frequency distribution

◀ ▶ Sector: all Sectors

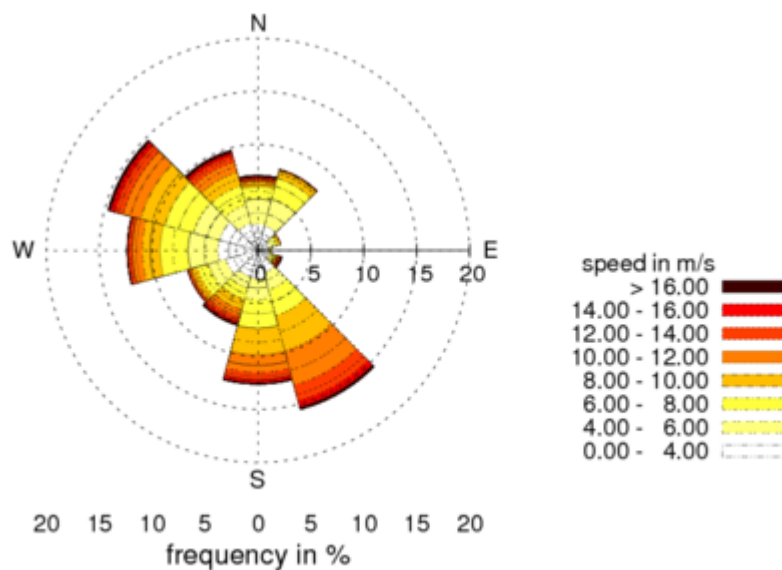


Figura 8: Rosa del vento PGI01_105m

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	21 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

site name	PG07-105		
filename	PG07_105		
measurement period	15.02.08 - 01.09.15	# records =	66491
position	x = 527439.0	y = 4628117.0	z (agl) = 105.0
Weibull param., average speed	k = 1.72	A = 7.52	average = 6.60

Table 1. Climatology characteristics, including Weibull (k, A) and average wind speed (m/s) of all sectors.

Frequency distribution

◀ ▶ Sector: all Sectors

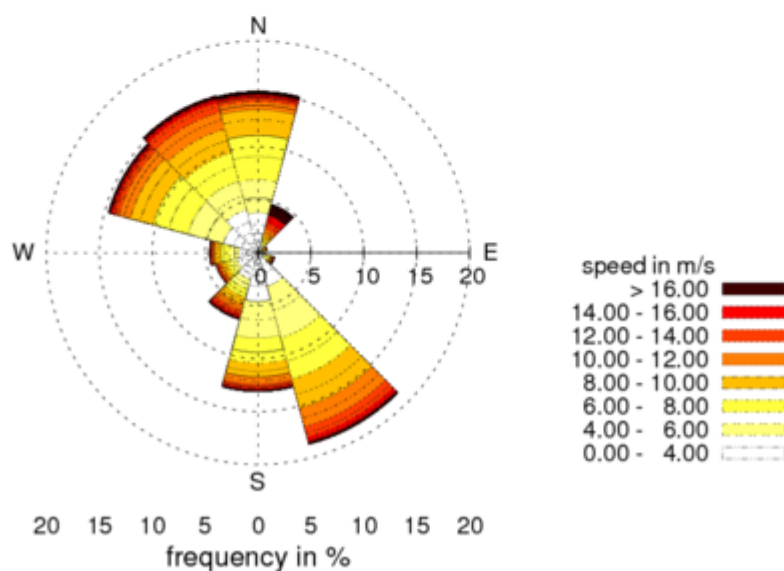


Figura 9: Rosa del vento PGI07_105m

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	22 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

4 CURVA DI POTENZA

La curva di potenza garantita fornita dal costruttore è valida per una densità dell'aria standard pari a $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$; risulta dunque necessario apportare una correzione in base alla densità prevista nelle zone dell'impianto, stimabili in funzione della quota media (c.a. 99 s.l.m. dell'area d'impianto). La densità di sito viene calcolata sulla base dei dati misurati dall'anemometro PGI01 e risulta pari a $\rho = 1,205 \text{ kg/m}^3$.

Il primo aerogeneratore analizzato è la Enercon E175 6.0MW ad altezza mozzo 132.5 m, la cui curva di potenza, alla densità media di sito risulta:

Wind speed [m/s]	Power [kW]
1.0	0.0
2.0	0.0
3.0	143.6
4.0	429.3
5.0	884.6
6.0	1,536.7
7.0	2,419.4
8.0	3,484.7
9.0	4,532.0
10.0	5,316.3
11.0	5,756.1
12.0	5,946.5
13.0	5,999.7
14.0	6,000.0
15.0	6,000.0
16.0	6,000.0
17.0	6,000.0
18.0	6,000.0
19.0	6,000.0
20.0	6,000.0

Figura 30: Aerogeneratore Enercon E175 6.0MW

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	23 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

Il secondo aerogeneratore analizzato è la Siemens Gamesa SG170 6.2MW ad altezza mozzo 135m, la cui curva di potenza, alla densità media di sito risulta:

Wind speed [m/s]	Power [kW]
1.0	0.0
2.0	0.0
3.0	85.5
4.0	320.1
5.0	742.4
6.0	1,349.4
7.0	2,187.5
8.0	3,287.7
9.0	4,535.1
10.0	5,513.8
11.0	5,991.3
12.0	6,148.8
13.0	6,189.2
14.0	6,198.3
15.0	6,199.6
16.0	6,200.0
17.0	6,200.0
18.0	6,200.0
19.0	6,200.0
20.0	6,200.0
21.0	5,956.0
22.0	5,708.0
23.0	5,460.0
24.0	5,212.0
25.0	4,964.0

Figura 41: Aerogeneratore Siemens Gamesa SG170 6.2MW

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	24 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

Il terzo aerogeneratore analizzato è la Vestas V162 6.2MW ad altezza mozzo 125m, la cui curva di potenza, alla densità media di sito risulta:

Wind speed [m/s]	Power [kW]
1.0	0.0
2.0	0.0
3.0	29.2
4.0	284.1
5.0	661.5
6.0	1,203.9
7.0	1,959.6
8.0	2,956.3
9.0	4,194.1
10.0	5,383.3
11.0	6,060.2
12.0	6,190.9
13.0	6,200.0
14.0	6,200.0
15.0	6,200.0
16.0	6,200.0
17.0	6,192.0
18.0	5,853.0
19.0	5,348.0
20.0	4,825.0
21.0	4,251.0
22.0	3,664.0
23.0	3,064.0
24.0	2,451.0

Figura 52: Aerogeneratore Vestas V162 6.2MW

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	25 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

5 APPLICAZIONE DEL MODELLO CFD

5.1 Il modello digitale del terreno

Lo studio delle caratteristiche eoliche del sito è stato affrontato con un modello CFD che, a fronte di un dominio di calcolo impostato utilizzando i dati di orografia relativi ad un DTM (Digital Terrain Model) con passo di 30 m, fornisce informazioni sul comportamento del vento nei vari settori di provenienza, nonché i profili verticali della velocità nei punti più significativi, quali anemometri e/o aerogeneratori. Di seguito è riportato il dominio di calcolo.

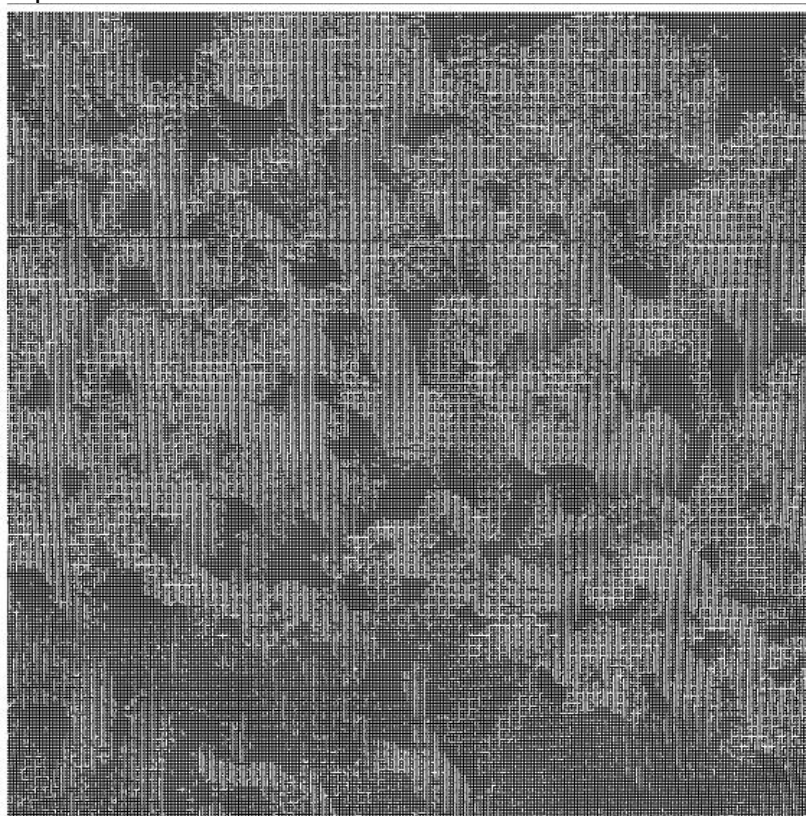


Fig 1. Digital terrain model - Grid (xy).

Body fitted co-ordinates (BFC) are used in grid generation. The above plot displays the resolution at ground level.

	x	y	z	total
Grid spacing (m)	30.0	30.0	Variable	-
Number of cells	245	245	50	3001250

Figura 63: Discretizzazione orizzontale del dominio di calcolo

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	26 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

Di seguito invece la discretizzazione verticale del dominio di calcolo e relativa distanza dal terreno dei primi dieci nodi

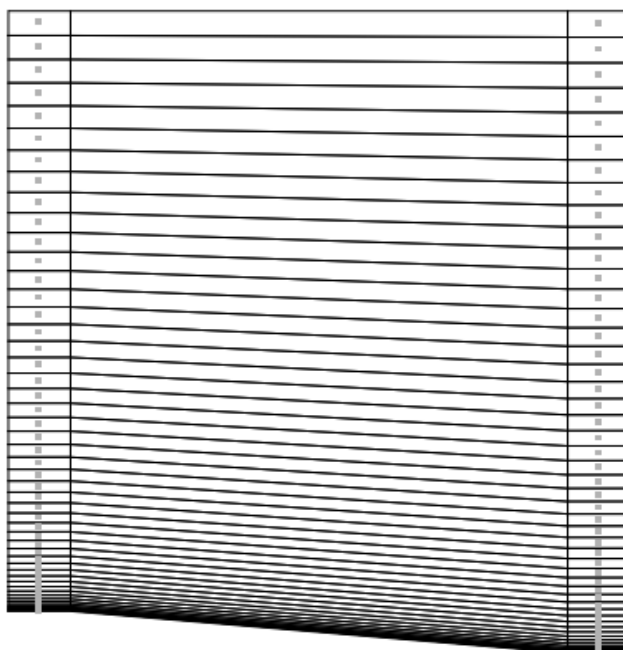


Fig 1. Digital terrain model - Grid (z).

The grid extends 1950.0 (m) above the point in the terrain with the highest elevation. The grid is refined towards the ground. The left and right columns display a schematic view of the distribution at the position with maximum and minimum elevation respectively. The nodes, where results from the simulations are available, are situated in the cell centers indicated by dots.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
z-dist. max (m)	1.3	4.0	6.7	9.6	13.6	19.3	26.6	35.6	46.2	58.5
z-dist. min (m)	1.3	4.0	6.7	9.7	14.0	20.1	27.9	37.5	48.9	62.1

Figura 74: Discretizzazione verticale del dominio di calcolo

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	27 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

5.2 La rugosità

La lunghezza di rugosità (z_0) è il parametro che caratterizza la superficie su cui spira il vento, maggiore è il suo valore maggiori saranno le asperità del terreno ed i disturbi creati dal suolo al flusso ventoso.

Fisicamente z_0 può essere immaginata come la dimensione del vortice turbolento che viene creato dall'interazione del vento con il suolo, per cui si tratta di una grandezza in grado di intervenire nella modifica della distribuzione verticale della velocità del vento.

Il valore di z_0 è stato standardizzato in base alle tipologie di terreno (categorie di riferimento) che si possono presentare nella realtà ed è riportato in diverse tipologie di classificazioni.

In questo caso, in particolare, si dispone di mappe di rugosità estrapolate da CLC (Corine Land Cover), che si sovrappongono ai DTM indicati in precedenza, in modo da coprire tutto il dominio.

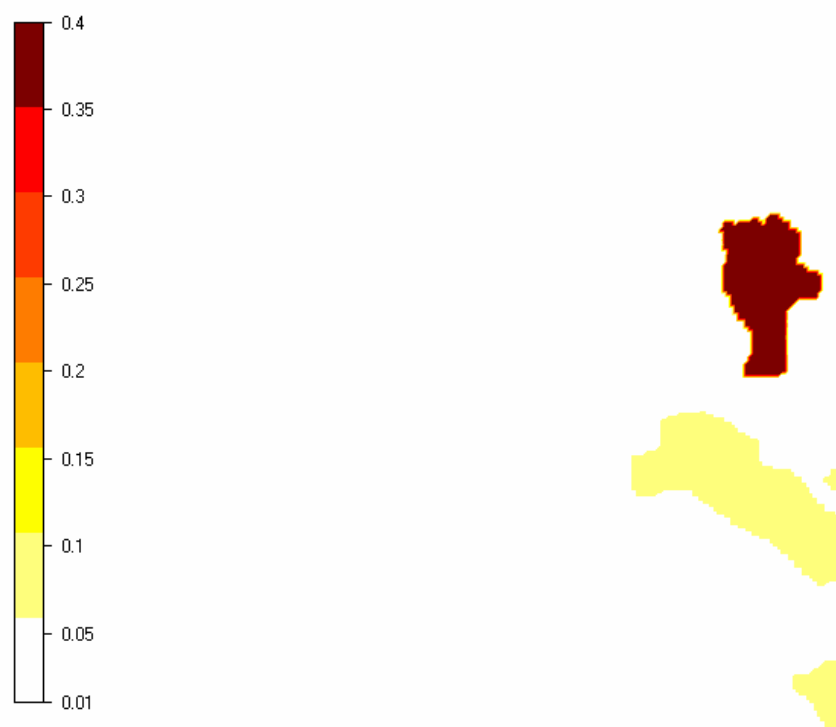


Figura 85: Mappa di rugosità

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	28 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

5.3 La risorsa eolica

Il calcolo CFD è stato effettuato sui 12 settori di direzione impostando una velocità di 10 m/s come vento geostrofico al di sopra dello strato limite; le rilevazioni anemometriche sono state poi utilizzate per scalare il campo di moto del vento e conseguentemente calcolare la mappa della ventosità media e la produzione attesa dalle singole turbine eoliche.

Di seguito si riporta la mappa di ventosità relativa all'area d'impianto, calcolata a 132 m s.l.s., cioè a quota mozzo della configurazione della Enercon E175 6.0MW.

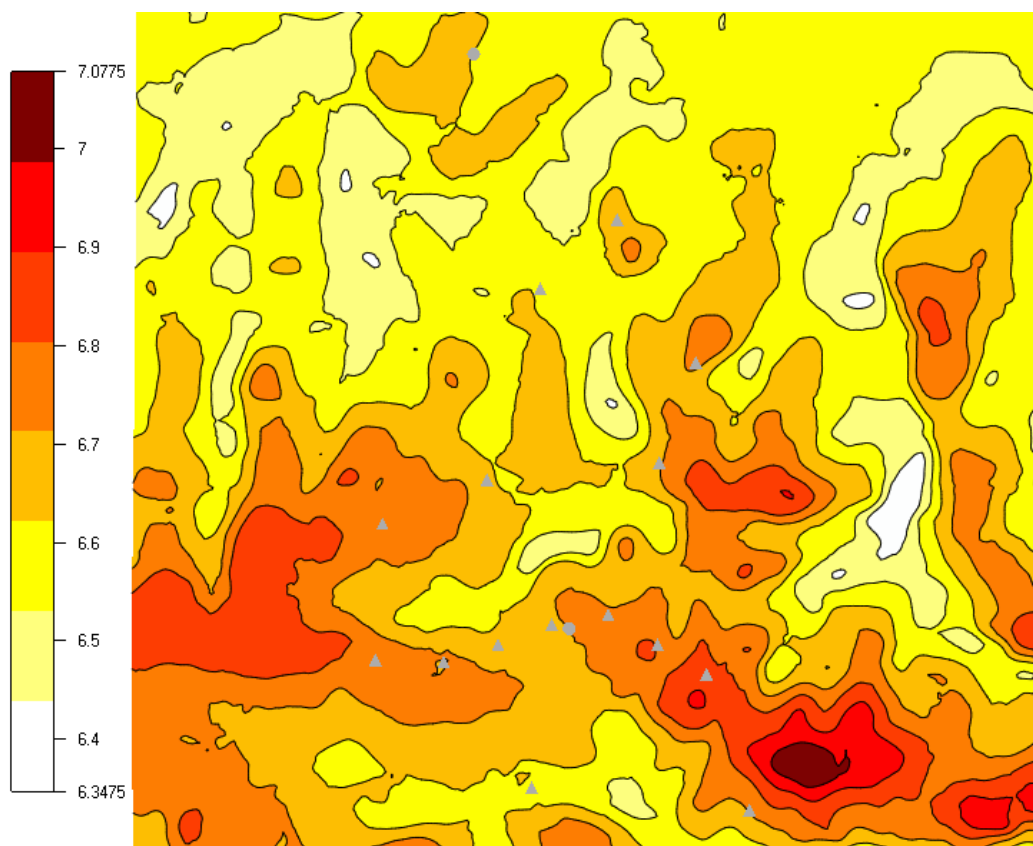


Figura 96: Mappa di ventosità a 132m s.l.s

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	29 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

5.4 Risultati del modello

A questo punto sono noti tutti gli elementi per avere una prima stima della producibilità energetica prevista per l'aerogeneratore che rappresenta la media dell'impianto, risultante dalla somma dei prodotti tra il numero di ore/anno e la potenza certificata per ogni bin di velocità del vento:

	Scenario		
	E175 6.0MW	SG170 6.2MW	V162 6.2MW
Numero WTG	10	10	10
Potenza Unitaria	6.0	6.2	6.2
Produzione media lorda attesa [MWh/anno]	213506	212998	200405

Le perdite per effetto scia sono calcolate dal software CFD. In questo caso si è preferito utilizzare il modello di Jensen, che è uno dei modelli di calcolo delle scie implementati.

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	30 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

Enercon E175 6.0MW					
WTG	Lordo		Netto Scia		Perdite Scia
	v [m/s]	MWh/y	v [m/s]	MWh/y	
R-PGI01	6.8	21503	6.7	21,176	1.5%
R-PGI02	6.8	21333	6.6	20,222	5.2%
R-PGI03	6.7	21024	6.5	19,797	5.8%
R-PGI04	6.7	21140	6.5	20,016	5.3%
R-PGI05	6.8	21085	6.5	19,873	5.7%
R-PGI06	6.8	21384	6.4	19,110	10.6%
R-PGI07	6.8	21633	6.6	19,876	8.1%
R-PGI08	6.7	21211	6.5	20,067	5.4%
R-PGI09	6.7	21600	6.6	20,758	3.9%
R-PGI10	6.7	21593	6.6	20,909	3.2%
All	6.8	21351	6.5	20,180	5.5%

Siemens Gamesa SG 170 6.2MW					
WTG	Lordo		Netto Scia		Perdite Scia
	v [m/s]	MWh/y	v [m/s]	MWh/y	
R-PGI01	6.8	21521	6.8	21,177	1.6%
R-PGI02	6.8	21259	6.6	20,060	5.6%
R-PGI03	6.7	20911	6.5	19,617	6.2%
R-PGI04	6.8	21019	6.6	19,837	5.6%
R-PGI05	6.8	21097	6.6	19,817	6.1%
R-PGI06	6.8	21396	6.4	19,020	11.1%
R-PGI07	6.9	21646	6.6	19,748	8.8%
R-PGI08	6.7	21100	6.5	19,881	5.8%
R-PGI09	6.8	21530	6.6	20,616	4.2%
R-PGI10	6.7	21520	6.6	20,766	3.5%
All	6.8	21300	6.6	20,054	5.9%

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	31 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

Vestas V162 6.2MW					
WTG	Lordo		Netto Scia		Perdite Scia
	v [m/s]	MWh/y	v [m/s]	MWh/y	
R-PGI01	6.8	20251	6.7	19,897	1.7%
R-PGI02	6.7	19996	6.5	18,856	5.7%
R-PGI03	6.7	19636	6.4	18,385	6.4%
R-PGI04	6.7	19743	6.5	18,713	5.2%
R-PGI05	6.7	19824	6.5	18,640	6.0%
R-PGI06	6.8	20132	6.4	17,911	11.0%
R-PGI07	6.8	20374	6.5	18,629	8.6%
R-PGI08	6.6	19854	6.5	18,729	5.7%
R-PGI09	6.7	20297	6.6	19,429	4.3%
R-PGI10	6.6	20299	6.5	19,581	3.5%
All	6.7	20041	6.5	18,877	5.8%

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	32 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

6 ANALISI DELLE PERDITE E DELLE INCERTEZZE

L'output del modello, in termini di energia annua producibile, deve essere decurtato di tutte le perdite esterne, al fine di poter determinare la producibilità annua netta, meglio nota come P50.

Le perdite esterne, oltre alle perdite per effetto scia di cui si è già parlato in precedenza, vengono suddivise in:

Perdite per mancata disponibilità (WTG e BOP)	3.5%
Perdite varie/performance	2.0%
Perdite elettriche	2.5%
Perdite ambientali	1.0%
Curtailments	1.0%
Totale perdite escluso scie	9.6%

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	33 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

La produzione netta attesa, ovvero quella che viene ritenuta più probabile, risulta quindi pari a:

Enercon E175 6.0MW	
Numero Aerogeneratori	10
Produzione netta per WTG P50 (MWh/y)	18237

Siemens Gamesa SG170 6.2MW	
Numero Aerogeneratori	10
Produzione netta per WTG P50 (MWh/y)	18123

Vestas V162 6.2MW	
Numero Aerogeneratori	10
Produzione netta per WTG P50 (MWh/y)	17059

Moltiplicando la produzione netta del WTG per il numero di WTG dell'impianto si ottiene la stima P50 della produzione netta dell'impianto:

$$Prod_{netta_tot} = Prod_{netta_WTG} \times N_{WTG}$$

Enercon E175 6.0MW	
Numero Aerogeneratori	10
Produzione netta P50 dell'intero impianto (MWh/y)	182371

Siemens Gamesa SG170 6.2MW	
Numero Aerogeneratori	10
Produzione netta P50 dell'intero impianto (MWh/y)	181227

Vestas V162 6.2MW	
Numero Aerogeneratori	10
Produzione netta P50 dell'intero impianto (MWh/y)	170593

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	34 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

Una volta ottenuto il valore P50, rappresentativo di tutto l'impianto, vengono individuati i relativi valori di producibilità P65.2 P75 e P90, a valle di una specifica analisi di incertezza (o analisi di confidenza).

Questo tipo di analisi, individua tre differenti macro-aree, per ognuna delle quali viene determinata la relativa incertezza di calcolo. Si riportano i valori per le diverse configurazioni:

Enercon E175 6.0MW	
Incertezza sulla storicizzazione del sito	5.5%
Incertezza sul processo di micrositing	14.8%
Incertezza sulla misura della pwc	5.0%
Incertezza complessiva	16.5%

Siemens Gamesa SG170 6.2MW	
Incertezza sulla storicizzazione del sito	5.5%
Incertezza sul processo di micrositing	15.0%
Incertezza sulla misura della pwc	5.0%
Incertezza complessiva	16.7%

Vestas V162 6.2MW	
Incertezza sulla storicizzazione del sito	5.5%
Incertezza sul processo di micrositing	14.3%
Incertezza sulla misura della pwc	5.0%
Incertezza complessiva	16.1%

CODICE DOCUMENTO					OGGETTO DELL' ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.	POGGIO IMPERIALE (FG) Studio Anemologico Valutazione risorsa eolica e analisi di producibilità	35 di 35
PGI	ENG	REL	0043	2		

Tale valore è ottenuto come somma statistica delle diverse componenti.
 Considerando proprio l'incertezza complessiva ottenuta, si possono infine determinare, a partire dal P50, i percentili P62.5, P75 e P90 della gaussiana.

Enercon E175 6.0MW		
P50 [GWh/y - heq]	182.371	3040
P62.5 [GWh/y - heq]	172.763	2879
P75 [GWh/y - heq]	162.032	2701
P90 [GWh/y - heq]	143.726	2395

Siemens Gamesa SG170 6.2MW		
P50 [GWh/y - heq]	181.227	2923
P62.5 [GWh/y - heq]	171.561	2767
P75 [GWh/y - heq]	160.765	2593
P90 [GWh/y - heq]	142.349	2296

Vestas V162 6.2MW		
P50 [GWh/y - heq]	170.593	2751
P62.5 [GWh/y - heq]	161.863	2611
P75 [GWh/y - heq]	152.114	2453
P90 [GWh/y - heq]	135.483	2185