



**COMUNE DI MATERA**

*PROVINCIA DI MATERA*

**Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 7 aerogeneratori con potenza complessiva pari a 47,6 MW e delle opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Matera (MT) in località "lesce".**

## PROGETTO DEFINITIVO

Studio anemologico

Livello prog.	Tipo documentazione	N. elaborato	Data	Scala
PD	Definitiva	A.5	LUGLIO 2024	

### REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	LUGLIO 2024	PRIMA EMISSIONE	GIACCHI	MAGNOTTA	MAGNOTTA

COMMITTENTE:

**MAXIMA RW1**

**MAXIMA RW1 S.R.L.**

Via Marco Partipilo n.48  
70124 Bari, Italia  
Partita IVA: 08959540728

PROGETTAZIONE:



**MAXIMA INGEGNERIA S.R.L.**

via Marco Partipilo n.48 - 70124 BARI  
pec: gpsd@pec.it  
P.IVA: 06948690729

CONSULENTI:

**Dott. Archeologo Antonio Mesisca**

e-mail: mesisca.antonio@virgilio.it

**Ing. Sabrina Scaramuzzi**

e-mail: ing.scaramuzzi@gmail.com

**Dott. Geol. Rocco Porsia**

e-mail: r.porsia@laboratorioterre.it

**Dott. Agronomo Marina D'Este**

e-mail: m.deste20@gmail.com

<p><b>MAXIMA RW1</b></p>	<p>Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 7 aerogeneratori con potenza complessiva pari a 47,6 MW e delle opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Matera (MT) in località "Iesce"</p>	<p>Giugno 2024</p>
--------------------------	---	--------------------

## STUDIO ANEMOLOGICO

### INDICE

---

1.	INFORMAZIONI INTRODUTTIVE .....	2
2.	CALCOLO PRODUCIBILITÀ IMPIANTO EOLICO.....	3
2.1	Metodologia di analisi.....	3
2.2	Dati in input.....	4
2.3	Caratteristiche di ventosità previste al sito .....	6
2.4	Dati tecnici aerogeneratore .....	8
3.	STIMA DI PRODUZIONE ENERGETICA .....	9
4.	REQUISITI TECNICI MINIMI .....	10
5.	CONCLUSIONI.....	12
6.	ALLEGATO: REPORT DI CALCOLO WINPRO .....	12

## 1. INFORMAZIONI INTRODUTTIVE

Il progetto, di cui il presente elaborato ne costituisce parte integrante, prevede la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica sito in agro del Comune di Matera, in provincia di Matera.

L'impianto in progetto si compone di 7 aerogeneratori del tipo Vestas V162-6.8 En Ventus o similare, della potenza di 6,8 MW ciascuno.

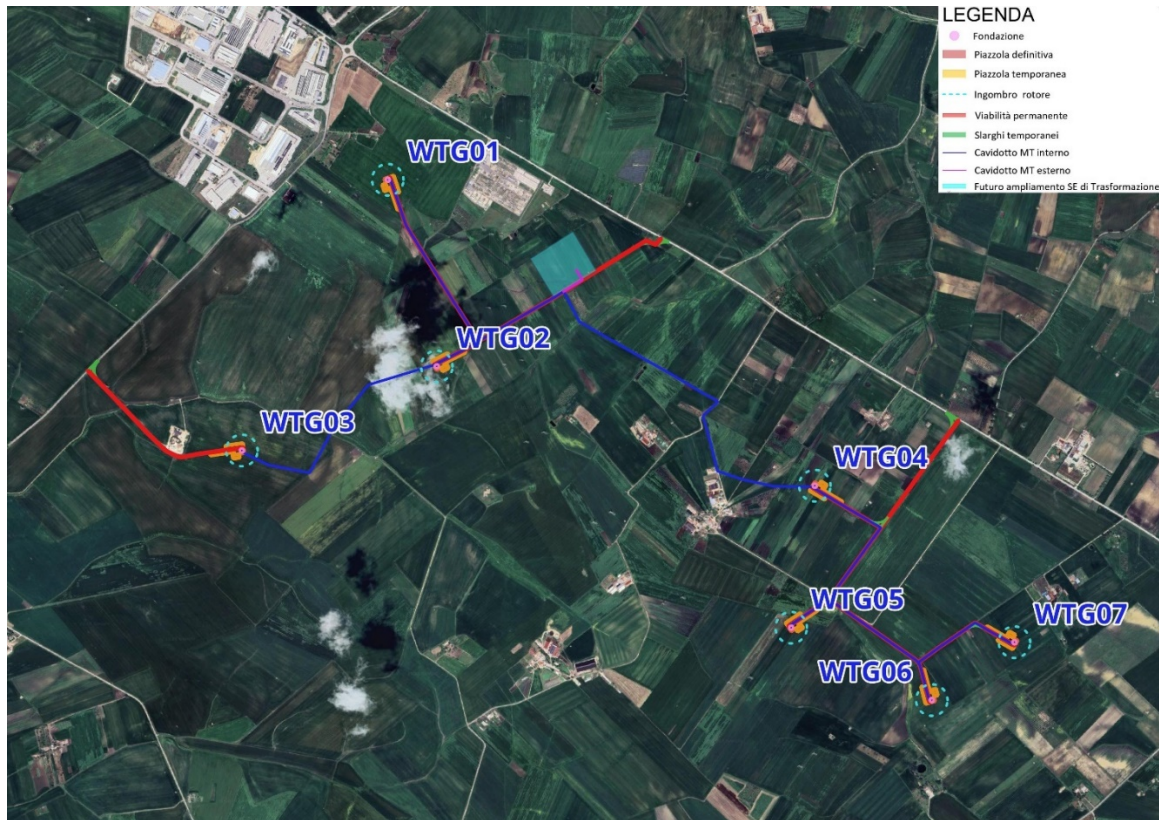
I 7 aerogeneratori costituenti il parco eolico in progetto sono di seguito nomenclati con sigle identificative da WTG01 a WTG07, così come individuati, tra l'altro, negli elaborati grafici di progetto.

Di seguito si riportano i riferimenti catastali e le coordinate relativamente a ciascun aerogeneratore.

WTG	Foglio	Particella	Comune
WTG01	19	330	Matera
WTG02	19	117	Matera
WTG03	19	159	Matera
WTG04	20	55	Matera
WTG05	40	112	Matera
WTG06	20	20	Matera
WTG07	20	294	Matera

Aerogeneratore	E	N
<b>WTG01</b>	641648.71	4510307.40
<b>WTG02</b>	641901.11	4509347.61
<b>WTG03</b>	640897.59	4508915.34
<b>WTG04</b>	643847.11	4508734.43
<b>WTG05</b>	643725.64	4508004.18
<b>WTG06</b>	644449.41	4507631.97
<b>WTG07</b>	644874.82	4507929.38

La connessione alla rete di trasmissione elettrica nazionale (RTN) avverrà sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione a 380/150/36 kV della RTN denominata "Matera".



Inquadramento su ortofoto

## 2. CALCOLO PRODUCIBILITÀ IMPIANTO EOLICO

### 2.1 Metodologia di analisi

L'analisi dei dati anemometrici disponibili e il modello di elaborazione e simulazione per stimare la produzione energetica attesa dell'impianto sono stati effettuati utilizzando il software specifico di settore WINDPRO. Questo software, che utilizza il motore e la metodologia WAsP, è tra i più apprezzati e affermati per le stime di resa energetica degli impianti eolici attraverso l'analisi dei flussi ventosi.

I dati di input del software prevedono l'iniziale costruzione di:

- un modello digitale del terreno (DTM) attraverso l'utilizzo di grid satellitari implementabili con eventuali CTR e/o rilievi puntuali;
- la definizione della rugosità superficiale;
- i dati di velocità e direzione del vento eventualmente disponibili per diverse altezze e/o differenti posizioni;

MAXIMA RW1	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 7 aerogeneratori con potenza complessiva pari a 47,6 MW e delle opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Matera (MT) in località "Iesce"	Giugno 2024
------------	--	-------------

- l'inserimento di eventuali ostacoli naturali o infrastrutturali che possono esercitare un sensibile effetto nei confronti del regime anemologico locale.

I dati utilizzati per le valutazioni anemologiche del sito sono elaborazioni di rianalisi alla mesoscala accessibili tramite il software di calcolo WindPro, in particolare della serie EMD-WRF Europe+ (ERA5), con coordinate N40,72103\_E016,65628 ad altezza 100 m dal suolo, considerando un arco temporale dall'anno 2014 al 2024. Dopo aver analizzato i dati anemometrici a partire dai dati di vento alla mesoscala è stato utilizzato il codice di simulazione anemologica WAsP 12. Questo codice applica un algoritmo specifico per estrapolare i dati sperimentali raccolti da una o più stazioni anemometriche, permettendo di calcolare e mappare a diverse altezze dal suolo i principali parametri anemologici dell'area intorno al punto di misura. I parametri anemologici calcolati per ciascuna delle posizioni previste per l'installazione delle turbine, insieme alle curve di potenza del modello di aerogeneratore scelto, consentono di stimare la produzione energetica media annua attesa dell'impianto, tenendo conto delle eventuali perdite dovute alle scie aerodinamiche causate dalle interferenze tra le turbine o dalla presenza di altri impianti.

L'integrazione del motore WAsP all'interno del software WINDPRO ottimizza ulteriormente il calcolo e la valutazione della resa energetica attesa dalle turbine, considerando le variazioni della curva di potenza degli aerogeneratori in base alla densità atmosferica dell'area in esame. Questo è possibile grazie all'accesso a database di stazioni meteorologiche, che permettono di estrapolare e ricalcolare la densità specifica del sito in funzione della quota altimetrica di riferimento e dell'altezza del mozzo degli aerogeneratori considerati.

## 2.2 Dati in input

### ➤ DTM

Per effettuare valutazioni dettagliate, è stato sviluppato un modello digitale del terreno (DTM). Questo modello è stato ottenuto da una griglia di dati satellitari, georeferenziati e verificati mediante sovrapposizione con le curve di livello della cartografia IGM in scala 1:25.000. Tale approccio consente una rappresentazione accurata della topografia dell'area di interesse. Il DTM è stato creato con una risoluzione di 10 metri.

### ➤ RUGOSITÀ

Per la valutazione della rugosità superficiale è stato sviluppato un modello digitale partendo dalle informazioni del progetto "CORINE Land Cover 2018", il quale, grazie ai dati satellitari, fornisce dettagli specifici su gran parte

MAXIMA RW1	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 7 aerogeneratori con potenza complessiva pari a 47,6 MW e delle opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Matera (MT) in località "Iesce"	Giugno 2024
------------	--	-------------

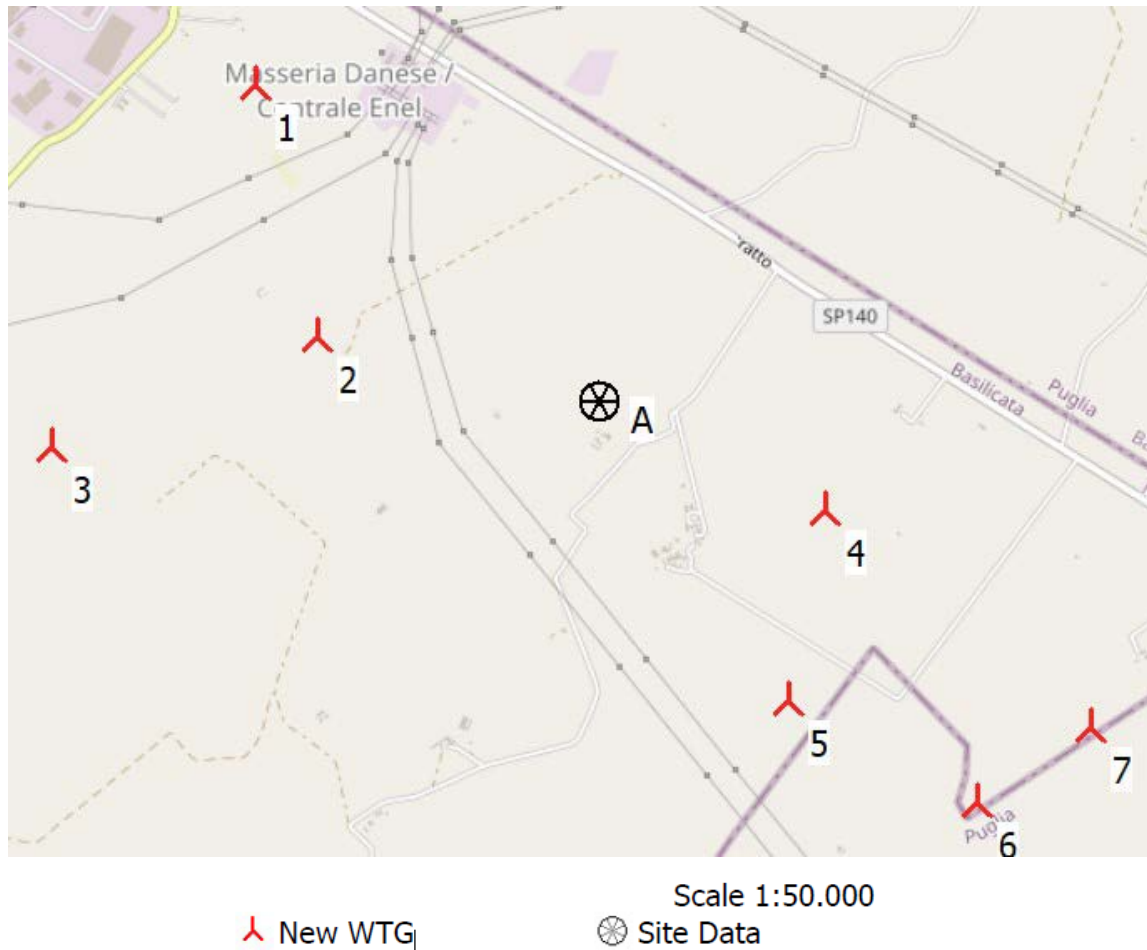
della superficie terrestre. Queste informazioni sono cruciali per le analisi, poiché la rugosità superficiale del terreno, inclusi il tipo di suolo e la varia distribuzione e altezza della copertura vegetale, influisce significativamente sulla frizione, distorsione e variabilità della velocità del vento.

➤ DENSITÀ DELL'ARIA

Il calcolo della densità dell'aria nel sito è stato effettuato utilizzando dati climatologici disponibili nel database del software windPRO, provenienti dalla stazione meteorologica più vicina all'area dell'impianto, situata nel Comune di Gioia del Colle in provincia di Bari (BA), denominata "GIOIA DEL COLLE V3 2014". La densità media dell'aria all'altezza del mozzo delle turbine è stata determinata in base alla loro posizione geografica e utilizzata per stimare il rendimento energetico del parco eolico. Il valore della densità è stato adattato considerando l'orografia, l'altitudine e l'altezza del mozzo, risultando in un valore di 1,164 kg/m<sup>3</sup>.

➤ RISORSA EOLICA

Lo studio è stato condotto utilizzando la statistica del vento denominata "IT EMD-WRF Europe+ (ERA5) N40,72103\_E016,65628 (58)", utilizzando i dati raccolti dal 2014 al 2024.



*Inquadramento impianto eolico e meteo object*

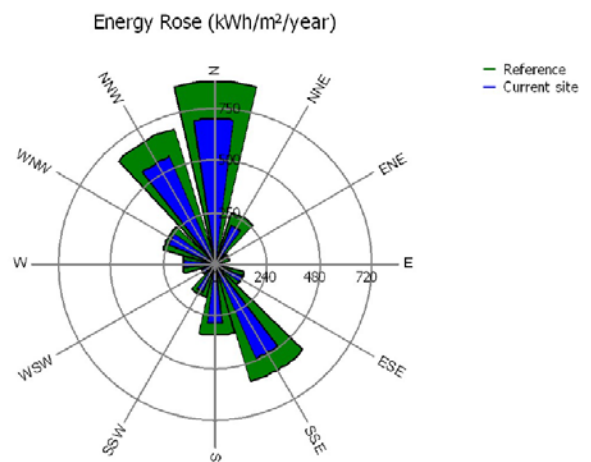
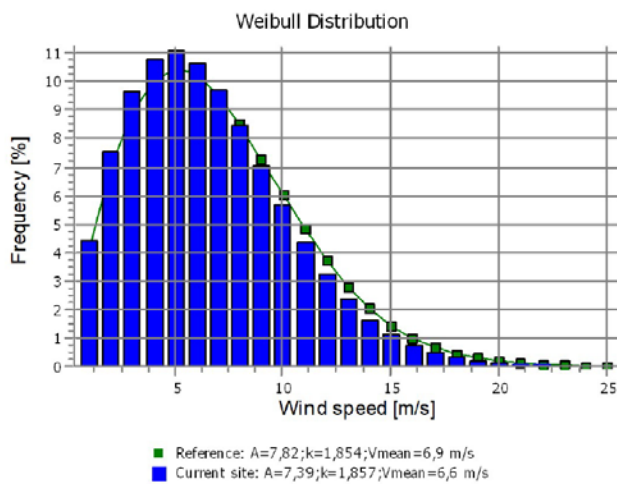
### **2.3 Caratteristiche di ventosità previste al sito**

Sulla base dei dati di input, ed in relazione alla orografia e rugosità del sito si riportano le caratteristiche anemologiche previste nel punto di installazione, al mozzo della turbina che può considerarsi quella mediamente rappresentativa.

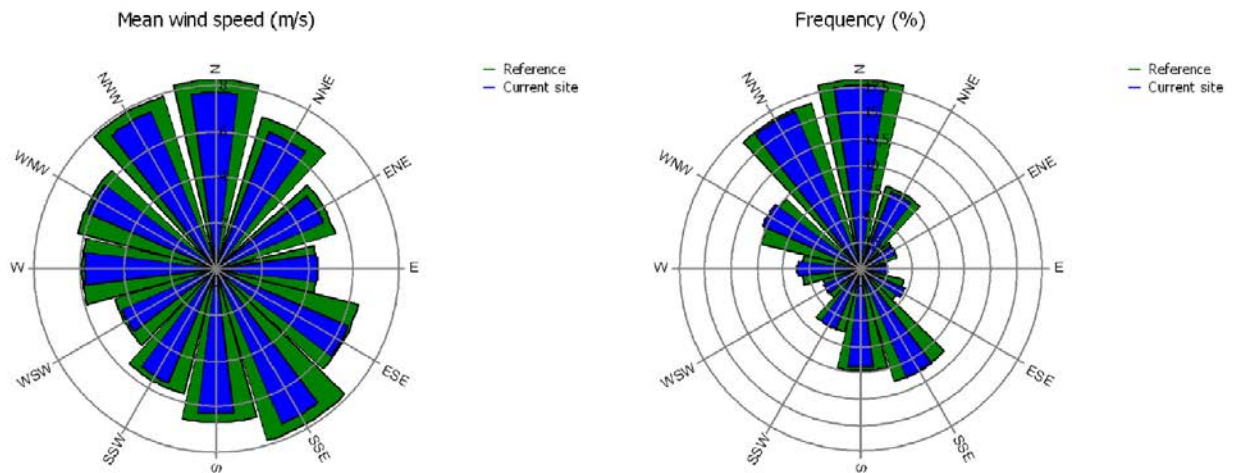
### Weibull Data

Sector	Current site			Frequency [%]	Reference: Roughness class 1		
	A-parameter [m/s]	Wind speed [m/s]	k-parameter		A-parameter [m/s]	k-parameter	Frequency [%]
0 N	8,65	7,66	2,330	17,6	9,27	2,354	18,1
1 NNE	7,21	6,38	2,080	7,9	7,79	2,107	8,3
2 ENE	5,68	5,08	1,650	3,6	6,04	1,698	3,7
3 E	4,83	4,40	1,408	2,6	4,79	1,433	2,5
4 ESE	7,00	6,26	1,639	4,6	7,12	1,629	4,3
5 SSE	8,24	7,32	1,822	11,3	8,77	1,836	11,3
6 S	7,08	6,31	1,721	9,5	7,47	1,729	9,8
7 SSW	5,93	5,38	1,455	6,3	6,19	1,467	6,3
8 WSW	4,84	4,49	1,271	3,9	4,98	1,277	3,8
9 W	6,43	5,77	1,584	6,1	6,52	1,560	5,6
10 WNW	6,86	6,08	1,928	10,3	7,06	1,903	9,9
11 NNW	8,33	7,39	2,443	16,4	8,84	2,443	16,6
All	7,39	6,56	1,857	100,0	7,82	1,854	100,0

Dati anemometro







Caratteristiche ventosità del sito

I venti prevalenti sono nei quadranti N-NNO e con frequenza minore da SO, ma in particolare i venti provenienti dal quadrante N e NNO hanno una velocità media più elevata. Risultante è la rosa dell'energia, che riporta la più elevata potenzialità energetica dal quadrante N con un valore approssimativo di 750 [kWh/m<sup>2</sup>/anno].

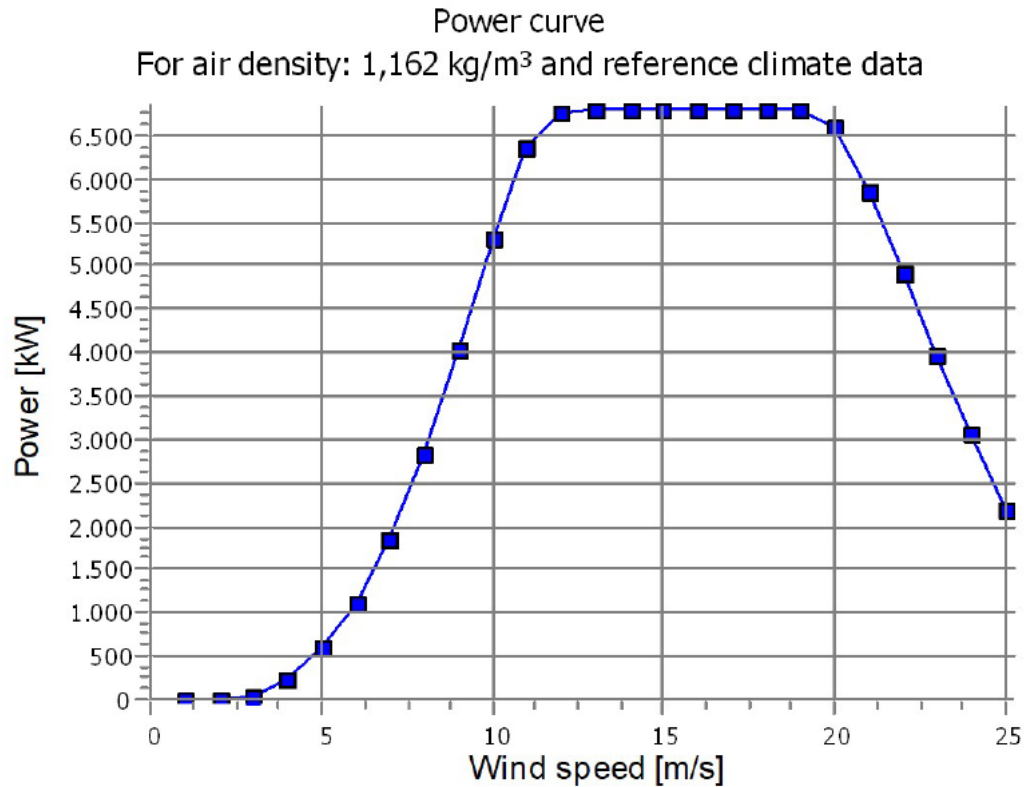
## 2.4 Dati tecnici aerogeneratore

A seguire, si riportano le caratteristiche tecniche dell'aerogeneratore di progetto con evidenza della curva di potenza utilizzata nel modello di simulazione:

POTENZA NOMINALE	6,8 MW
NUMERO DI PALE	3
DIAMETRO	162 m
ALTEZZA MOZZO	119 m
VELOCITA' NOMINALE GENERATORE	circa 12,1 rpm
AREA DI SPAZZAMENTO	20.602 m <sup>2</sup>
TIPO DI TORRE	Tubolare
TENSIONE NOMINALE	690 V
FREQUENZA	50/60 Hz

**VESTAS V162 6.8**

Curva di potenza della turbina Vestas V162-6.8 con altezza del mozzo 119 m utilizzata nella stima della produzione energetica:



*Curva di potenza aerogeneratore*

### 3. STIMA DI PRODUZIONE ENERGETICA

La producibilità annua di energia elettrica dell'impianto è stata effettuata con il software WindPro 4.0 tramite il modulo "PARK", utilizzando il modello di calcolo "N.O. Jensen (RISØ / EMD) Park 2 2018" con una costante di decadimento della scia caratteristica per gli impianto onshore pari a  $\alpha = 0,090$ . È stata automaticamente applicata dal software una correzione della densità dell'aria al centro del sito, in funzione dell'altezza e della temperatura della stazione climatica più vicina (GIOIA DEL COL V3 2014), al fine di correggere le curve di potenza degli aerogeneratori, utilizzando per il centro del sito una densità dell'aria  $\rho = 1.164$  [kg/m<sup>3</sup>].

Nella tabella seguente sono riportate, per ognuna delle turbine di progetto, le informazioni relative a:

<b>MAXIMA RW1</b>	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 7 aerogeneratori con potenza complessiva pari a 47,6 MW e delle opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Matera (MT) in località "Iesce"	Giugno 2024
-------------------	--	-------------

- **v<sub>avg</sub> [m/s]**: velocità media del vento stimata ad altezza mozzo (119,0 m s.l.t.);
- **ANNUAL ENERGY [MWh/y]**: produzione lorda attesa ad altezza mozzo (119,0 m s.l.t.);
- **WAKE LOSS [%]**: valore di perdita percentuale di produzione dovuto all'effetto scia.

<b>WTG</b>	<b>V<sub>avg</sub> [m/s]</b>	<b>ANNUAL ENERGY [MWh/y]</b>	<b>WAKE LOSS [%]</b>
WTG01	6,61	19.290,7	2,0
WTG02	6,50	18.384,9	3,5
WTG03	6,58	19.325,6	1,0
WTG04	6,62	18.995,6	3,6
WTG05	6,60	18.602,4	5,3
WTG06	6,61	18.684,8	5,1
WTG07	6,59	19.053,5	2,5
<b>WIND FARM</b>	<b>6,60</b>	<b>18.905,4</b>	<b>3,3</b>

*Produzione attesa dalle turbine di progetto.*

Per il singolo aerogeneratore è stata calcolata una resa energetica certamente soddisfacente che prevede una produzione media netta pari a 18.905,7 MWh annui corrispondenti a 2780 ore equivalenti/anno.

#### **4. REQUISITI TECNICI MINIMI**

Il seguente paragrafo è dedicato al confronto dei risultati della stima di producibilità con alcune linee prescritte dall'Allegato A del PiEAR, Piano di Indirizzo Energetico Ambientale Regionale, relativamente al paragrafo 1.2.1.3. - "Requisiti tecnici minimi" dell'appendice A del PiEAR. Mediante software WindPro è stato possibile verificare che:

- la velocità media del vento a 25 m è pari a 4,54 m/s (superiore dunque a 4,0 m/s, conformemente all'allegato A – 1.2.1.3. – "Requisiti tecnici minimi" - punto a)
- le ore equivalenti relative al parco eolico risultano pari a 2780 ore/anno. Più precisamente, le ore equivalenti dei singoli aerogeneratori sono sempre superiori ai 2.000 MWh/MW

(conformemente all'allegato A – 1.2.1.3. – “Requisiti tecnici minimi” - punto b), come si evince dalla tabella seguente

WTG	ANNUAL ENERGY [MWh/y]	FLEOH [MWh/MW]
WTG01	19.290,7	2836
WTG02	18.384,9	2703
WTG03	19.325,6	2842
WTG04	18.995,6	2793
WTG05	18.602,4	2735
WTG06	18.684,8	2747
WTG07	19.053,5	2801
<u>WIND FARM</u>	<u>132.337,5</u>	<u>2780</u>

- la densità volumetrica di energia annua unitaria pari a 1,4 kWh/(anno·m<sup>3</sup>), non inferiore a 0,15 kWh/(anno·m<sup>3</sup>), conformemente all'allegato A – 1.2.1.3. – “Requisiti tecnici minimi” - punto c, come riportato nella formula seguente:

$$Ev = \frac{E}{18D^2H} \geq 0,2 \text{ [kWh/(anno} \cdot \text{m}^3\text{)]}$$

dove:

E è l'energia prodotta dalla turbina (espressa in kWh/anno);

D è il diametro del rotore (espresso in metri);

H è l'altezza totale dell'aerogeneratore (espressa in metri), somma del raggio del rotore e dell'altezza da terra del mozzo).

WTG	ANNUAL ENERGY [MWh/y]	Ev [kWh/(anno·m <sup>3</sup> )]
WTG01	19.290,7	0,20
WTG02	18.384,9	0,19
WTG03	19.325,6	0,20
WTG04	18.995,6	0,20
WTG05	18.602,4	0,20
WTG06	18.684,8	0,20

<b>MAXIMA RW1</b>	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 7 aerogeneratori con potenza complessiva pari a 47,6 MW e delle opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Matera (MT) in località "Iesce"	Giugno 2024
-------------------	--	-------------

WTG07	19.053,5	0,20
-------	----------	------

- l'impianto previsto e in oggetto rispetta la prescrizione dell'allegato A – 1.2.1.3. – *“Requisiti tecnici minimi” - punto d, ovvero “Numero massimo di aerogeneratori: 30 (10 nelle aree di valore naturalistico, paesaggistico ed ambientale)”*.

## **5. CONCLUSIONI**

La stima della producibilità attesa per l'impianto eolico situato nel Comune di Matera (MT), in località “Iesce”, è stata effettuata utilizzando il software specifico windPRO 4.0 e il motore di calcolo WASP. La valutazione della risorsa eolica attesa al mozzo delle turbine di progetto (7 aerogeneratori modello Vestas V162 di potenza nominale 6,8 MW ciascuno) è stata condotta utilizzando dati satellitari, nello specifico le statistiche del vento relative a *IT EMD-WRF Europe+ (ERA5) N40,72103\_E016,65628 (58)*. La produzione media annuale derivante dall'analisi e dalla calibrazione del modello fisico di simulazione per le 7 turbine è risultata soddisfacente, attestandosi su un valore medio di 18.905,4 MWh/anno (equivalenti a 2780 ore di funzionamento a piena capacità annue).

## **6. ALLEGATO: REPORT DI CALCOLO WINPRO**

Si riporta in allegato il report di calcolo di producibilità mediante software WindPro 4.0.

Project:

Impianto eolico Iesce

Licensed user:

MAXIMA Ingegneria srl  
 Business Center Fara One, Via Marco Partipilo, 48  
 IT-70124 Bari  
 +39 080 5052189  
 Maxima Ingegneria / info@maximaingegneria.com  
 Calculated:  
 11/07/2024 15:03/4.0.531



## PARK - Main Result

Calculation: Calcolo PARK

Wake Model N.O. Jensen (RISØ/EMD) Park 2 2018

Calculation performed in UTM (north)-WGS84 Zone: 33  
 At the site centre the difference between grid north and true north is: 1,1°

Power curve correction method  
 New windPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>  
 Air density calculation method  
 Height dependent, temperature from climate station  
 Station: GIOIA DEL COL V3 2014  
 Base temperature: 13,8 °C at 350,0 m  
 Base pressure: 1013,3 hPa at 0,0 m  
 Air density for Site center in key hub height: 388,3 m + 100,0 m = 1,164 kg/m³ -> 95,1 % of Std  
 Relative humidity: 0,0 %

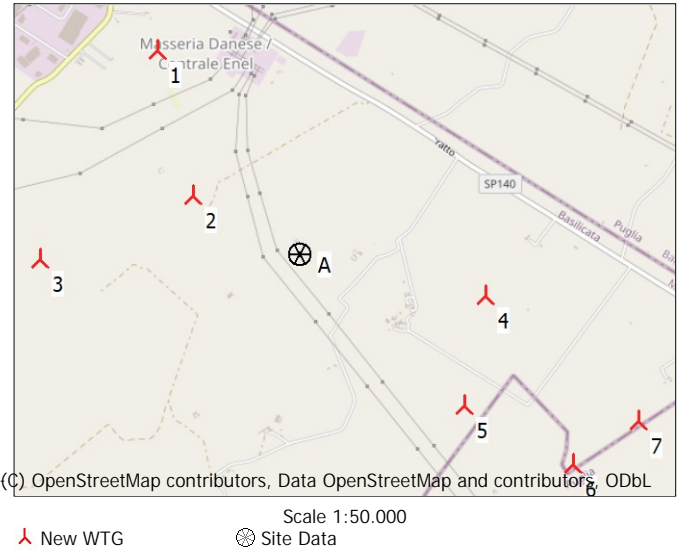
Wake Model Parameters  
 Wake decay constant 0,090 DTU default onshore  
 Hub height independent

Omnidirectional displacement height from objects

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

Wind statistics IT EMD-WRF Europe+ (ERA5)\_N40,72103\_E016,65628 (58) (C) OpenStreetMap contributors, Data OpenStreetMap and contributors, ODbL

WASP version WASP 12 Version 12.09.0034



### Key results for height 100,0 m above ground level

Terrain Geo [deg]-WGS84

Longitude	Latitude	Name of wind distribution	Type	Wind energy [kWh/m²]	Mean wind speed [m/s]	Equivalent roughness
A 16,688576° E	40,719420° N	Site data: WASP (-1)	WASP (WASP 12 Version 12.09.0034)	2.487	6,2	1,7

### Calculated Annual Energy for Wind Farm

WTG combination	Result [MWh/y]	GROSS (no loss) [MWh/y]	Wake loss [%]	Specific results <sup>a)</sup>			
				Capacity factor [%]	Mean WTG result [MWh/y]	Full load hours [Hours/year]	Mean wind speed @hub height [m/s]
Wind farm	132.337,5	136.830,4	3,3	31,7	18.905,4	2.780	6,6

<sup>a)</sup> Based on wake reduced results and any curtailments.

### Calculated Annual Energy for each of 7 new WTGs with total 47,6 MW rated power

Links	WTG type		Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Power curve Creator Name	Annual Energy		
	Valid	Type-generator					Result [MWh/y]	Wake loss [%]	Free mean wind speed [m/s]
1 A	Yes	VESTAS V162-6.8-6.800	6.800	162,0	119,0	USER Level 0 & OS - Calculated - PO6800 - 07-2022	19.290,7	2,0	6,61
2 A	Yes	VESTAS V162-6.8-6.800	6.800	162,0	119,0	USER Level 0 & OS - Calculated - PO6800 - 07-2022	18.384,9	3,5	6,50
3 A	Yes	VESTAS V162-6.8-6.800	6.800	162,0	119,0	USER Level 0 & OS - Calculated - PO6800 - 07-2022	19.325,6	1,0	6,58
4 A	Yes	VESTAS V162-6.8-6.800	6.800	162,0	119,0	USER Level 0 & OS - Calculated - PO6800 - 07-2022	18.995,6	3,6	6,62
5 A	Yes	VESTAS V162-6.8-6.800	6.800	162,0	119,0	USER Level 0 & OS - Calculated - PO6800 - 07-2022	18.602,4	5,3	6,60
6 A	Yes	VESTAS V162-6.8-6.800	6.800	162,0	119,0	USER Level 0 & OS - Calculated - PO6800 - 07-2022	18.684,8	5,1	6,61
7 A	Yes	VESTAS V162-6.8-6.800	6.800	162,0	119,0	USER Level 0 & OS - Calculated - PO6800 - 07-2022	19.053,5	2,5	6,59

Annual Energy results includes shown losses. For expected NET AEP (expected sold production), see report Loss & Uncertainty.

### WTG siting

Geo [deg]-WGS84

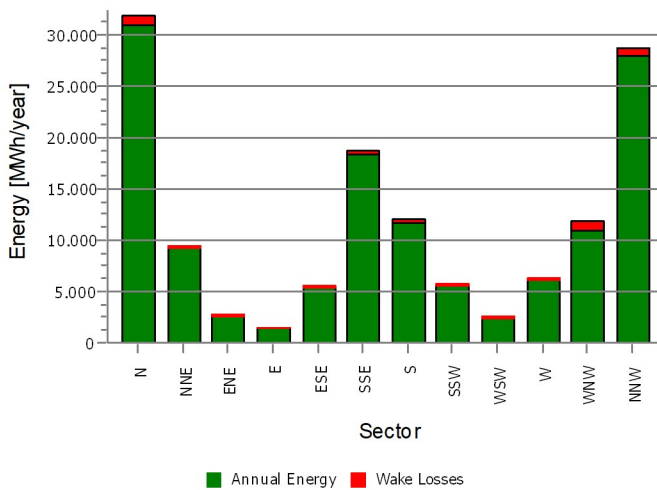
	Longitude	Latitude	Z [m]	Row data/Description
1 New	16,677430° E	40,731522° N	390,0	VESTAS V162-6.8 6800 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (1)
2 New	16,680204° E	40,722836° N	380,0	VESTAS V162-6.8 6800 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (2)
3 New	16,668230° E	40,719116° N	374,4	VESTAS V162-6.8 6800 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (3)
4 New	16,703096° E	40,716977° N	390,0	VESTAS V162-6.8 6800 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (4)
5 New	16,701491° E	40,710423° N	390,0	VESTAS V162-6.8 6800 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (5)
6 New	16,709970° E	40,706944° N	388,6	VESTAS V162-6.8 6800 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (6)
7 New	16,715072° E	40,709548° N	383,9	VESTAS V162-6.8 6800 162.0 !O! hub: 119,0 m (TOT: 200,0 m) (7)

## PARK - Production Analysis

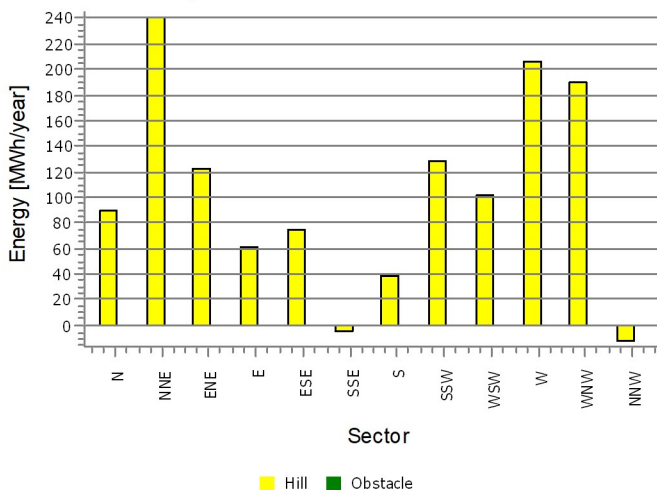
Calculation: Calcolo PARK WTG: All new WTGs, Air density varies with WTG position 1,162 kg/m<sup>3</sup> - 1,164 kg/m<sup>3</sup>  
 Directional Analysis

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]	31.736,5	9.209,3	2.610,8	1.469,8	5.542,6	18.711,6	11.947,9	5.649,8	2.483,9	6.021,4	11.568,5	28.646,1	135.598,2
+Increase due to hills	[MWh]	89,1	240,7	122,8	61,3	74,5	-5,7	37,9	127,6	101,3	205,8	189,6	-12,7	1.232,3
-Decrease due to wake losses	[MWh]	896,4	249,8	176,3	47,9	335,2	407,8	363,4	138,6	148,3	153,6	831,0	744,5	4.492,9
Resulting energy	[MWh]	30.929,2	9.200,2	2.557,3	1.483,2	5.281,9	18.298,0	11.622,4	5.638,8	2.436,8	6.073,7	10.927,0	27.888,9	132.337,5
Specific energy	[kWh/m <sup>2</sup> ]													917
Specific energy	[kWh/kW]													2.780
Increase due to hills	[%]	0,3	2,6	4,7	4,2	1,3	0,0	0,3	2,3	4,1	3,4	1,6	0,0	0,91
Decrease due to wake losses	[%]	2,8	2,6	6,4	3,1	6,0	2,2	3,0	2,4	5,7	2,5	7,1	2,6	3,28
Utilization	[%]	31,1	35,1	33,5	33,4	27,0	25,5	29,2	28,7	28,0	29,7	32,6	33,3	30,4
Operational	[Hours/year]	1.429	619	281	204	366	917	768	495	305	477	823	1.336	8.021
Full Load Equivalent	[Hours/year]	650	193	54	31	111	384	244	118	51	128	230	586	2.780

Energy vs. sector



Impact of hills and obstacles vs. sector



## PARK - Power Curve Analysis

Calculation: Calcolo PARK WTG: 1 - VESTAS V162-6.8 6800 162.0 IO!, Hub height: 119,0 m

Name: Level 0 & OS - Calculated - PO6800 - 07-2022  
 Source: Manufacturer

Source/Date	Created by	Created	Edited	Stop wind speed [m/s]	Power control	CT curve type	Generator type	Specific power kW/m <sup>2</sup>
01/07/2022	USER	25/02/2022	10/07/2024	25,0	Pitch	User defined	Variable	0,33

Based Vestas Document no.: 0114-3777 V03.

### HP curve comparison - Note: For standard air density

Vmean	[m/s]	5	6	7	8	9	10
HP value Pitch, variable speed (2013)	[MWh]	10.586	16.316	21.957	27.058	31.411	34.931
VESTAS V162-6.8 6800 162.0 IO! Level 0 & OS - Calculated - PO6800 - 07-2022	[MWh]	10.621	16.512	22.271	27.374	31.564	34.740
Check value	[%]	0	-1	-1	-1	0	1

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/m<sup>2</sup>) and single/dual speed or stall/pitch decides the calculated values. Productions are without wake losses.

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

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

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

### Power curve

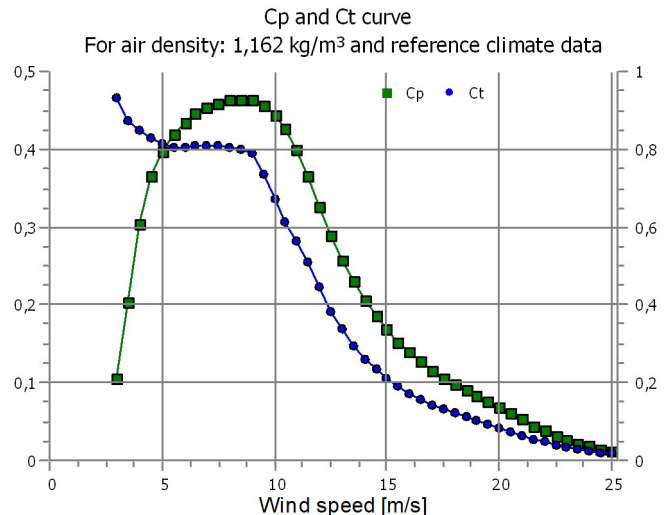
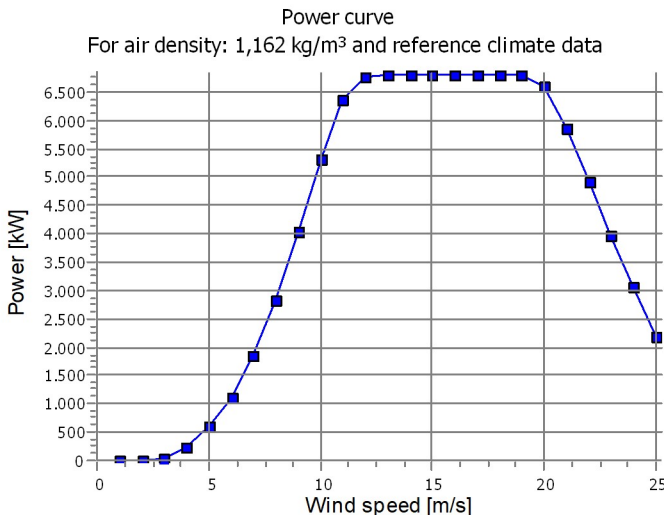
Original data, Air density: 1,225 kg/m<sup>3</sup>

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Cp	Wind speed [m/s]	Ct curve
3,0	42,0	0,12	3,0	0,93
3,5	113,0	0,21	3,5	0,87
4,0	254,0	0,31	4,0	0,85
4,5	426,0	0,37	4,5	0,83
5,0	633,0	0,40	5,0	0,81
5,5	883,0	0,42	5,5	0,81
6,0	1.189,0	0,44	6,0	0,81
6,5	1.549,0	0,45	6,5	0,81
7,0	1.969,0	0,45	7,0	0,81
7,5	2.449,0	0,46	7,5	0,81
8,0	2.993,0	0,46	8,0	0,80
8,5	3.605,0	0,46	8,5	0,80
9,0	4.272,0	0,46	9,0	0,79
9,5	4.944,0	0,46	9,5	0,73
10,0	5.613,0	0,44	10,0	0,67
10,5	6.191,0	0,42	10,5	0,62
11,0	6.613,0	0,39	11,0	0,57
11,5	6.761,0	0,35	11,5	0,51
12,0	6.789,0	0,31	12,0	0,44
12,5	6.798,0	0,28	12,5	0,38
13,0	6.800,0	0,25	13,0	0,34
13,5	6.800,0	0,22	13,5	0,30
14,0	6.800,0	0,20	14,0	0,26
14,5	6.800,0	0,18	14,5	0,23
15,0	6.800,0	0,16	15,0	0,21
15,5	6.800,0	0,14	15,5	0,19
16,0	6.800,0	0,13	16,0	0,17
16,5	6.800,0	0,12	16,5	0,16
17,0	6.800,0	0,11	17,0	0,14
17,5	6.800,0	0,10	17,5	0,13
18,0	6.800,0	0,09	18,0	0,12
18,5	6.800,0	0,09	18,5	0,11
19,0	6.800,0	0,08	19,0	0,10
19,5	6.759,0	0,07	19,5	0,09
20,0	6.595,0	0,07	20,0	0,08
20,5	6.283,0	0,06	20,5	0,07
21,0	5.864,0	0,05	21,0	0,06
21,5	5.397,0	0,04	21,5	0,06
22,0	4.928,0	0,04	22,0	0,05
22,5	4.459,0	0,03	22,5	0,04
23,0	3.983,0	0,03	23,0	0,04
23,5	3.514,0	0,02	23,5	0,03
24,0	3.049,0	0,02	24,0	0,03
24,5	2.598,0	0,01	24,5	0,02
25,0	2.202,0	0,01	25,0	0,02

### Power, Efficiency and energy vs. wind speed

Data used in calculation, Air density: 1,162 kg/m<sup>3</sup> New windPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Cp	Interval [m/s]	Energy [MWh]	Acc. Energy [MWh]	Relative [%]
1,0	0,0	0,00	0,50- 1,50	0,0	0,0	0,0
2,0	0,0	0,00	1,50- 2,50	0,0	0,0	0,0
3,0	34,3	0,11	2,50- 3,50	43,5	43,5	0,2
4,0	233,7	0,30	3,50- 4,50	222,0	265,4	1,4
5,0	595,7	0,40	4,50- 5,50	555,4	820,8	4,3
6,0	1.122,9	0,43	5,50- 6,50	1.010,2	1.831,0	9,5
7,0	1.863,1	0,45	6,50- 7,50	1.546,4	3.377,4	17,5
8,0	2.835,0	0,46	7,50- 8,50	2.080,2	5.457,6	28,3
9,0	4.038,2	0,46	8,50- 9,50	2.497,0	7.954,6	41,2
10,0	5.314,2	0,44	9,50-10,50	2.661,1	10.615,7	55,0
11,0	6.367,7	0,40	10,50-11,50	2.475,8	13.091,5	67,9
12,0	6.768,5	0,33	11,50-12,50	1.995,1	15.086,6	78,2
13,0	6.798,3	0,26	12,50-13,50	1.447,5	16.534,1	85,7
14,0	6.800,0	0,21	13,50-14,50	999,8	17.533,9	90,9
15,0	6.800,0	0,17	14,50-15,50	666,2	18.200,1	94,3
16,0	6.800,0	0,14	15,50-16,50	430,3	18.630,5	96,6
17,0	6.800,0	0,12	16,50-17,50	270,9	18.901,3	98,0
18,0	6.800,0	0,10	17,50-18,50	167,1	19.068,5	98,8
19,0	6.800,0	0,08	18,50-19,50	101,4	19.169,9	99,4
20,0	6.595,0	0,07	19,50-20,50	59,3	19.229,3	99,7
21,0	5.864,0	0,05	20,50-21,50	32,2	19.261,5	99,8
22,0	4.928,0	0,04	21,50-22,50	16,4	19.277,9	99,9
23,0	3.983,0	0,03	22,50-23,50	8,0	19.285,8	100,0
24,0	3.049,0	0,02	23,50-24,50	3,7	19.289,5	100,0
25,0	2.202,0	0,01	24,50-25,50	1,1	19.290,7	100,0





Project:

Impianto eolico Iesce

Licensed user:

MAXIMA Ingegneria srl  
Business Center Fara One, Via Marco Partipilo, 48  
IT-70124 Bari  
+39 080 5052189  
Maxima Ingegneria / info@maximaingegneria.com  
Calculated:  
11/07/2024 15:03/4.0.531



## PARK - Terrain

Calculation: Calcolo PARK Site Data: A - Site data: WAsP (-1)

Obstacles:

0 Obstacles used

Roughness:

Terrain data files used in calculation:

\\...\nas-archivio\ITALIA\Basilicata\Matera\EO\EO226 Matera Iesce\EO226\_PROGETTAZIONE DEFINITIVA\WindPro\ROUGHNESSLINE\_ONLINEDATA\_3.wpo  
Min X: 632.675, Max X: 652.621, Min Y: 4.498.572, Max Y: 4.519.301, Width: 19.946 m, Height: 20.729 m

Orography:

Terrain data files used in calculation:

\\...\ITALIA\Basilicata\Matera\EO\EO226 Matera Iesce\EO226\_PROGETTAZIONE DEFINITIVA\WindPro\Studio anemologico\CONTOURLINE\_ONLINEDATA\_0.w  
Min X: 627.858, Max X: 657.267, Min Y: 4.493.879, Max Y: 4.524.336, Width: 29.409 m, Height: 30.457 m

## PARK - Wind Data Analysis

Calculation: Calcolo PARK Wind data: A - Site data: WAsP (-1); Hub height: 50,0

Site coordinates

Geo WGS84

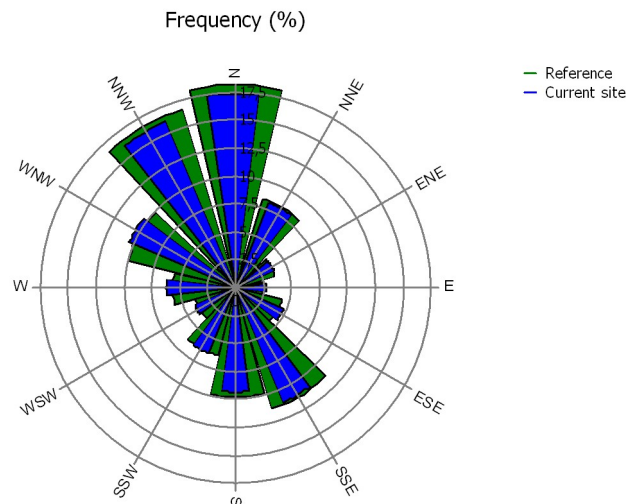
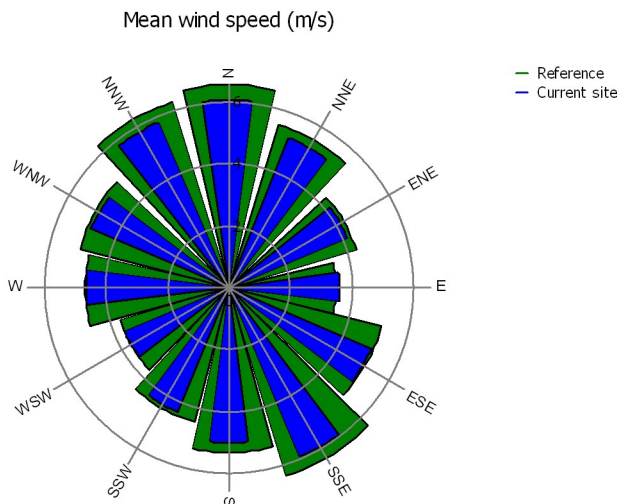
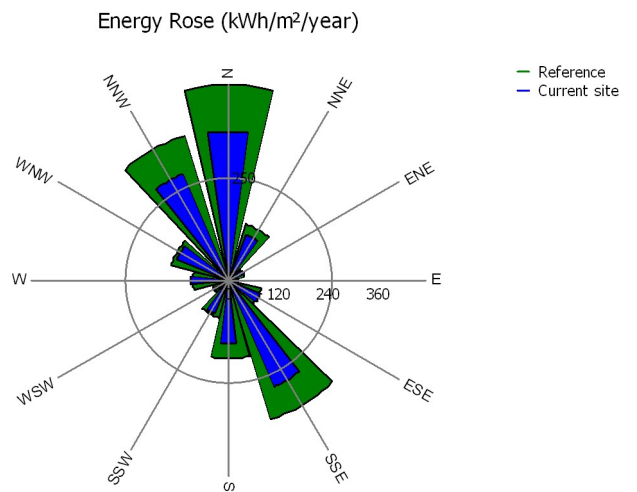
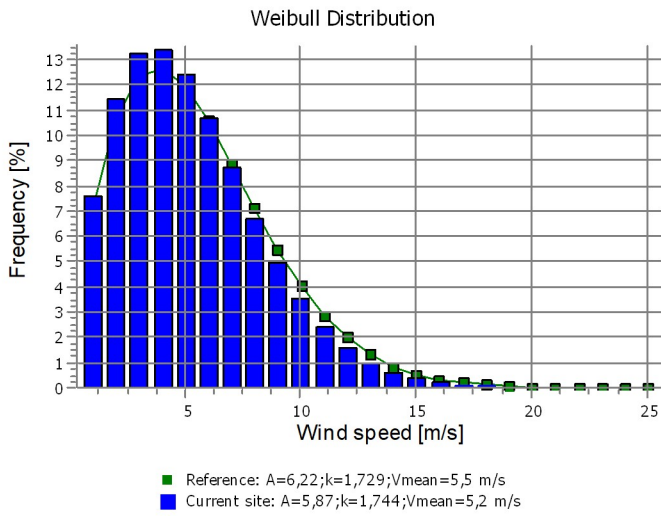
East: 16,688576° E North: 40,719420° N

Wind statistics

IT EMD-WRF Europe+ (ERA5)\_N40,72103\_E016,65628 (58) - 100.00 m.wvs

### Weibull Data

Sector	Current site			Frequency [%]	Reference: Roughness class 1		
	A- parameter [m/s]	Wind speed [m/s]	k- parameter		A- parameter [m/s]	k- parameter	Frequency [%]
0 N	6,84	6,05	2,178	17,3	7,39	2,186	18,1
1 NNE	5,87	5,20	1,963	8,1	6,20	1,959	8,3
2 ENE	4,63	4,16	1,561	3,7	4,79	1,580	3,7
3 E	3,89	3,58	1,322	2,7	3,78	1,334	2,5
4 ESE	5,58	5,02	1,537	4,7	5,63	1,514	4,3
5 SSE	6,63	5,91	1,697	11,1	7,10	1,697	11,3
6 S	5,58	5,00	1,611	9,3	5,92	1,611	9,8
7 SSW	4,74	4,34	1,369	6,3	4,88	1,369	6,3
8 WSW	3,90	3,67	1,201	4,0	3,91	1,189	3,8
9 W	5,14	4,64	1,490	6,2	5,15	1,451	5,6
10 WNW	5,47	4,86	1,811	10,3	5,61	1,771	9,9
11 NNW	6,54	5,80	2,283	16,1	7,05	2,271	16,6
All	5,87	5,23	1,744	100,0	6,22	1,729	100,0



## PARK - Wind Data Analysis

Calculation: Calcolo PARK Wind data: A - Site data: WAsP (-1); Hub height: 119,0

Site coordinates

Geo WGS84

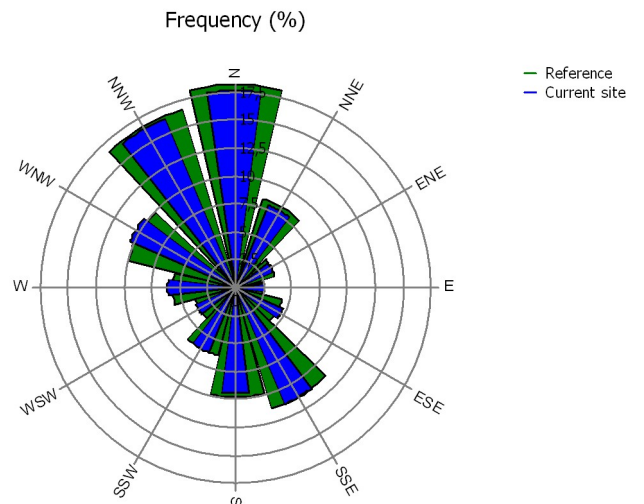
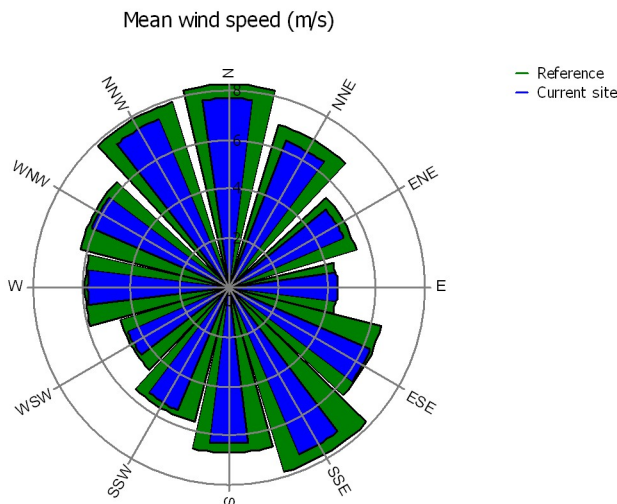
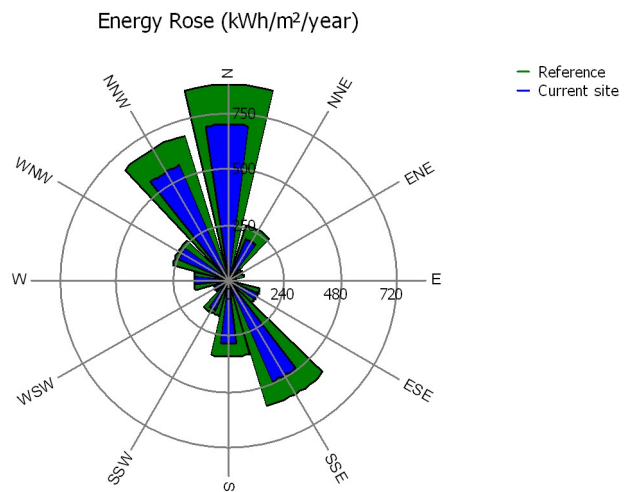
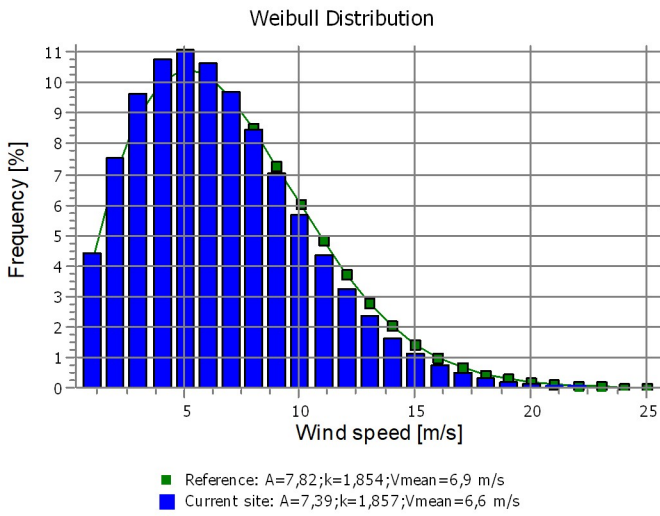
East: 16,688576° E North: 40,719420° N

Wind statistics

IT EMD-WRF Europe+ (ERA5)\_N40,72103\_E016,65628 (58) - 100.00 m.wws

### Weibull Data

Sector	Current site			Frequency [%]	Reference: Roughness class 1		
	A- parameter [m/s]	Wind speed [m/s]	k- parameter		A- parameter [m/s]	k- parameter	Frequency [%]
0 N	8,65	7,66	2,330	17,6	9,27	2,354	18,1
1 NNE	7,21	6,38	2,080	7,9	7,79	2,107	8,3
2 ENE	5,68	5,08	1,650	3,6	6,04	1,698	3,7
3 E	4,83	4,40	1,408	2,6	4,79	1,433	2,5
4 ESE	7,00	6,26	1,639	4,6	7,12	1,629	4,3
5 SSE	8,24	7,32	1,822	11,3	8,77	1,836	11,3
6 S	7,08	6,31	1,721	9,5	7,47	1,729	9,8
7 SSW	5,93	5,38	1,455	6,3	6,19	1,467	6,3
8 WSW	4,84	4,49	1,271	3,9	4,98	1,277	3,8
9 W	6,43	5,77	1,584	6,1	6,52	1,560	5,6
10 WNW	6,86	6,08	1,928	10,3	7,06	1,903	9,9
11 NNW	8,33	7,39	2,443	16,4	8,84	2,443	16,6
All	7,39	6,56	1,857	100,0	7,82	1,854	100,0



## PARK - Wind Data Analysis

Calculation: Calcolo PARK Wind data: A - Site data: WAsP (-1); Hub height: 100,0

Site coordinates

Geo WGS84

East: 16,688576° E North: 40,719420° N

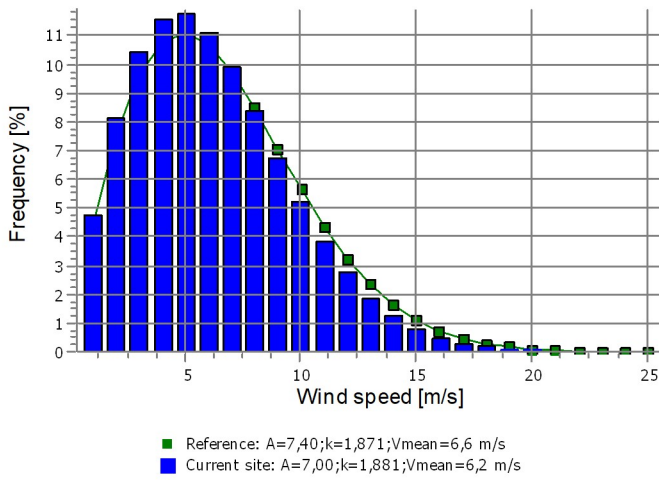
Wind statistics

IT EMD-WRF Europe+ (ERA5)\_N40,72103\_E016,65628 (58) - 100.00 m.wvs

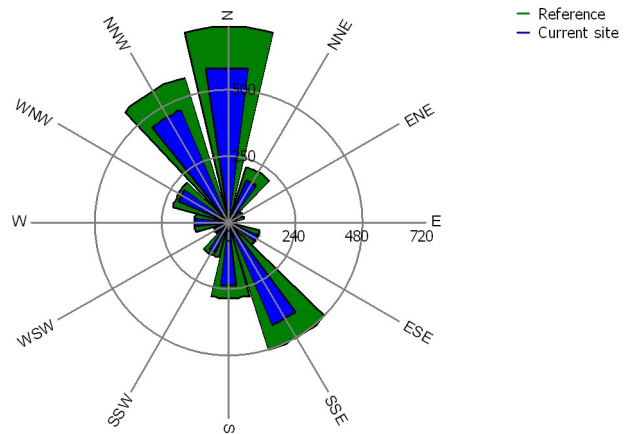
### Weibull Data

Sector	Current site			Frequency [%]	Reference: Roughness class 1		
	A- parameter [m/s]	Wind speed [m/s]	k- parameter		A- parameter [m/s]	k- parameter	Frequency [%]
0 N	8,18	7,25	2,361	17,6	8,76	2,381	18,1
1 NNE	6,86	6,08	2,107	8,0	7,37	2,131	8,3
2 ENE	5,41	4,83	1,674	3,6	5,72	1,717	3,7
3 E	4,60	4,18	1,428	2,6	4,54	1,447	2,5
4 ESE	6,64	5,94	1,662	4,6	6,74	1,646	4,3
5 SSE	7,84	6,97	1,846	11,2	8,35	1,854	11,3
6 S	6,70	5,97	1,744	9,4	7,07	1,748	9,8
7 SSW	5,64	5,10	1,475	6,3	5,86	1,482	6,3
8 WSW	4,62	4,27	1,291	3,9	4,73	1,291	3,8
9 W	6,11	5,47	1,607	6,1	6,18	1,576	5,6
10 WNW	6,50	5,76	1,955	10,3	6,68	1,924	9,9
11 NNW	7,83	6,94	2,475	16,3	8,36	2,471	16,6
All	7,00	6,21	1,881	100,0	7,40	1,871	100,0

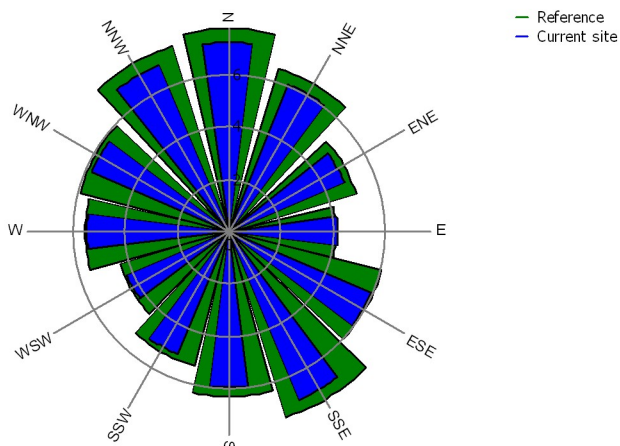
Weibull Distribution



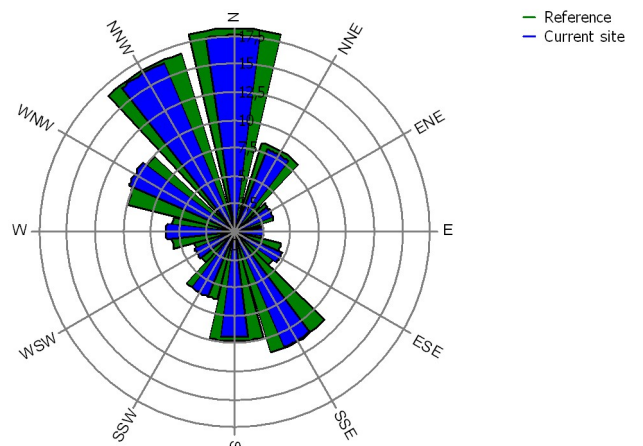
Energy Rose (kWh/m<sup>2</sup>/year)



Mean wind speed (m/s)



Frequency (%)



## PARK - Park power curve

Calculation: Calcolo PARK

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	729	647	654	673	607	671	579	665	654	673	607	671	579	665
4,5	2.789	2.562	2.586	2.633	2.448	2.624	2.374	2.610	2.586	2.633	2.448	2.625	2.381	2.610
5,5	5.837	5.460	5.501	5.576	5.268	5.563	5.147	5.541	5.501	5.576	5.268	5.564	5.159	5.541
6,5	10.258	9.623	9.695	9.819	9.305	9.794	9.099	9.758	9.695	9.819	9.305	9.795	9.117	9.757
7,5	16.243	15.273	15.382	15.574	14.784	15.533	14.478	15.479	15.382	15.575	14.784	15.535	14.494	15.478
8,5	23.890	22.521	22.673	22.948	21.823	22.890	21.399	22.813	22.673	22.949	21.823	22.892	21.420	22.812
9,5	32.772	31.222	31.380	31.724	30.381	31.670	29.942	31.578	31.380	31.725	30.380	31.670	29.939	31.578
10,5	41.292	40.030	40.133	40.456	39.245	40.429	38.993	40.345	40.133	40.456	39.244	40.429	38.996	40.347
11,5	46.651	46.072	46.073	46.291	45.555	46.311	45.632	46.253	46.072	46.289	45.556	46.311	45.617	46.263
12,5	47.536	47.494	47.492	47.514	47.427	47.517	47.471	47.514	47.492	47.514	47.428	47.517	47.456	47.514
13,5	47.600	47.598	47.598	47.599	47.595	47.599	47.597	47.599	47.598	47.599	47.595	47.599	47.596	47.599
14,5	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600
15,5	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600
16,5	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600
17,5	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600
18,5	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600	47.600
19,5	47.313	47.340	47.337	47.331	47.354	47.332	47.361	47.334	47.337	47.331	47.354	47.332	47.362	47.333
20,5	43.981	44.107	44.095	44.066	44.181	44.070	44.211	44.078	44.095	44.066	44.181	44.070	44.211	44.078
21,5	37.779	37.931	37.916	37.881	38.019	37.886	38.054	37.895	37.916	37.881	38.019	37.886	38.054	37.895
22,5	31.213	31.329	31.318	31.291	31.397	31.295	31.424	31.302	31.318	31.291	31.397	31.295	31.424	31.302
23,5	24.598	24.687	24.678	24.657	24.738	24.660	24.759	24.666	24.678	24.657	24.738	24.660	24.759	24.666
24,5	18.186	18.251	18.245	18.230	18.289	18.232	18.304	18.236	18.245	18.230	18.289	18.232	18.304	18.236
25,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

### Description:

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

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

The park power curve can be used for:

- 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:

Impianto eolico Iesce

Licensed user:

MAXIMA Ingegneria srl  
Business Center Fara One, Via Marco Partipilo, 48  
IT-70124 Bari  
+39 080 5052189  
Maxima Ingegneria / info@maximaingegneria.com  
Calculated:  
11/07/2024 15:03/4.0.531

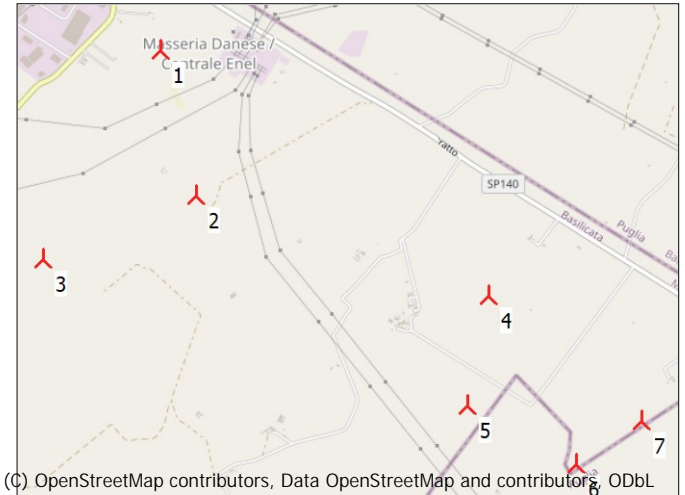


## PARK - WTG distances

Calculation: Calcolo PARK

WTG distances

Z	Nearest WTG	Z	Horizontal distance	Distance in rotor diameters	
[m]	[m]	[m]	[m]		
1	390,0	2	380,0	992	6,1
2	380,0	1	390,0	992	6,1
3	374,4	2	380,0	1.093	6,7
4	390,0	5	390,0	740	4,6
5	390,0	4	390,0	740	4,6
6	388,6	7	383,9	519	3,2
7	383,9	6	388,6	519	3,2
Min	374,4		380,0	519	3,2
Max	390,0		390,0	1.093	6,7



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

Scale 1:50.000

New WTG

Project:

Impianto eolico Ilesce

Licensed user:

MAXIMA Ingegneria srl  
Business Center Fara One, Via Marco Partipilo, 48  
IT-70124 Bari  
+39 080 5052189  
Maxima Ingegneria / info@maximaingegneria.com  
Calculated:  
11/07/2024 15:03/4.0.531



## PARK - Wind statistics info

Calculation: Calcolo PARK

### Main data for wind statistic

File \...\EQ226\_PROGETTAZIONE DEFINITIVA\WindPro\Studio anemologico\IT EMD-WRF Europe+ (ERA5)\_N40,72103\_E016,65628 (58) - 100.00 m.wws  
Name EMD-WRF Europe+ (ERA5)\_N40,72103\_E016,65628 (58) - 100.00 m  
Country Italy  
Source USER  
Mast coordinates Geo WGS84 East: 16,656280° E North: 40,721030° N  
Created 10/07/2024  
Edited 10/07/2024  
Sectors 12  
WASP version WASP 12 Version 12.09.0034  
Coordinate system UTM (north)-WGS84 Zone: 33  
Displacement height None

### Additional info for wind statistic

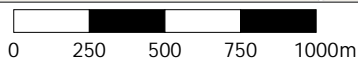
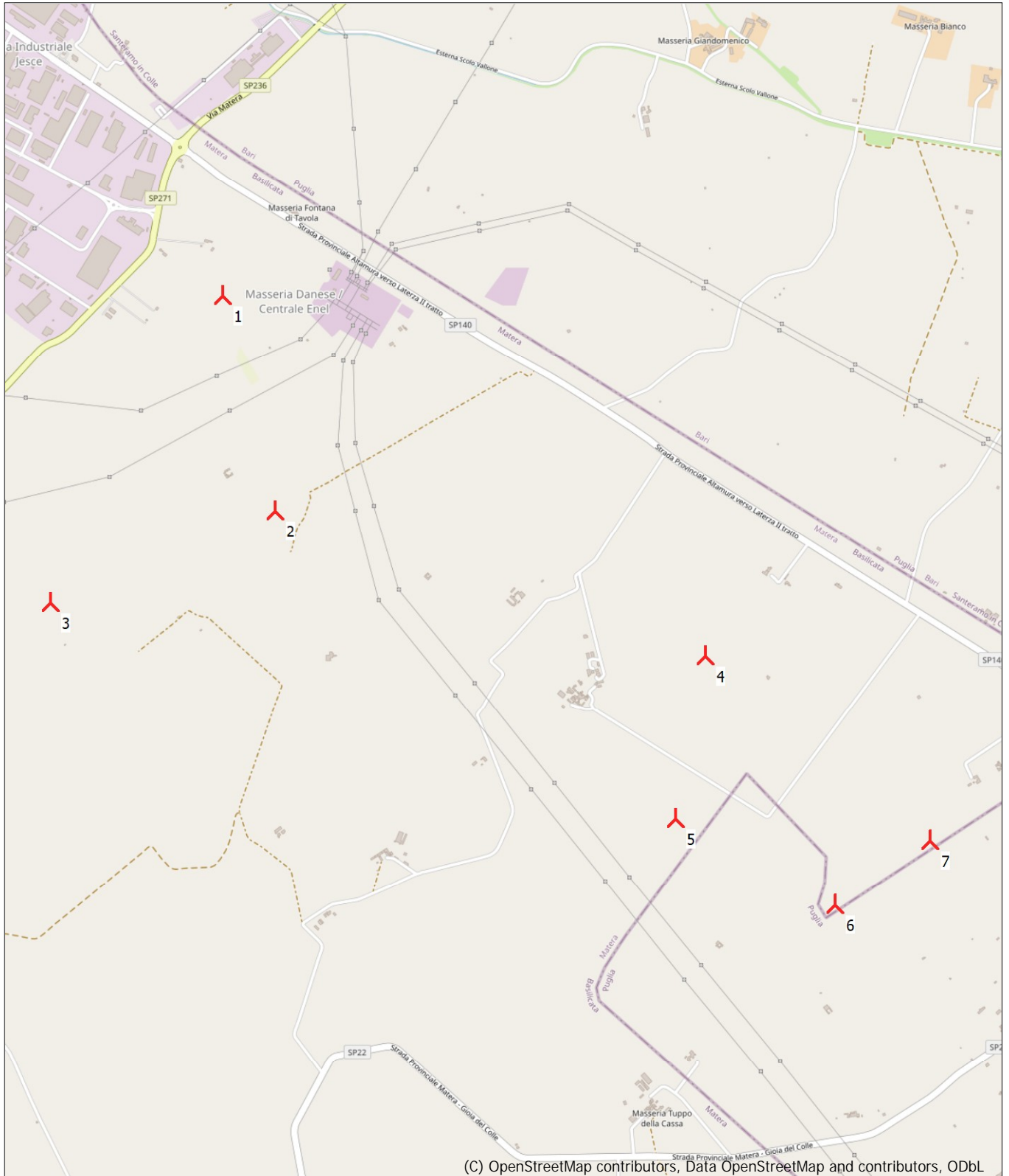
Source data EMD-WRF Europe+ (ERA5)\_N40,72103\_E016,65628 (58)  
Data from 01/01/2014  
Data to 01/06/2024  
Measurement length 125,0 Months  
Recovery rate 100,0 %  
Effective measurement length 125,0 Months

### Note

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

## PARK - Map

Calculation: Calcolo PARK



Map: EMD OpenStreetMap , Print scale 1:25.000, Map center Geo WGS84 East: 16,691651° E North: 40,719233° N

 New WTG