

REGIONE: PUGLIA  
PROVINCIA: BRINDISI  
Comune di Brindisi

ELABORATO:

OGGETTO:

Parco Eolico "Brindisi Interplan"  
Composto da 8 WTG con potenza nominale di 49.6 MW  
Analisi ANEMOLOGICA

PROPONENTE:

Cubico Lidia S.r.l  
Via Alessandro Manzoni, 43  
20121, Milano (MI)

DATA	REV	DESCRIZIONE	ELABORATO da:	APPROVATO da:
10/11/2023	01		Francesca Limonta	Umberto Preda
22/11/2023	02		Francesca Limonta	Umberto Preda

## **1. Introduzione**

La Società Cubico Lidia S.R.L. con sede legale in via Alessandro Manzoni, n. 43 – Milano (MI) intende installare un Impianto Eolico di potenza elettrica pari a circa 49.6 MW nel comune di Brindisi denominato: “152 Brindisi”.

La presente valutazione anemologica e di producibilità si pone come obiettivo la quantificazione delle potenzialità eoliche del sito nel comune di Brindisi e la stima di producibilità delle 8 turbine previste con l’elaborazione di una serie di dati acquisiti a mesoscala.

I dati anemologici, hanno permesso di ottenere la caratterizzazione del sito, sia da un punto di vista di intensità che di direzionalità del vento.

Questo studio ha valutato il potenziale di risorsa eolica del sito per il parco eolico situato nel comune di Brindisi, utilizzando dati su scala mesometrica a lungo termine, da cui è stata calcolata una stima del rendimento previsto di energia eolica.

Secondo i dati del vento su mesoscala analizzati, la direzione del vento predominante è NNW.

L’affidabilità dei dati del vento è garantita dalla presenza di un aeroporto nelle vicinanze con una serie storica di dati certificati di oltre trent’anni. Per un’ulteriore conferma, vicino alla WTG 2 verrà installato un anemometro.

La presente analisi si basa sui dati di una simulazione atmosferica numerica. Il modello utilizzato a questo scopo è il WRF (Weather Research and Forecast), che è un modello mesoscala in grado di affinare la scala dei dati del modello di previsione globale. Il sistema WRF è un sistema di modellazione atmosferica su mesoscala all'avanguardia, progettato per servire sia la ricerca atmosferica che le previsioni meteorologiche numeriche. Risolve le equazioni di Eulero non idrostatico, completamente comprimibile, con conservazione della massa, dello slancio e dell'energia.

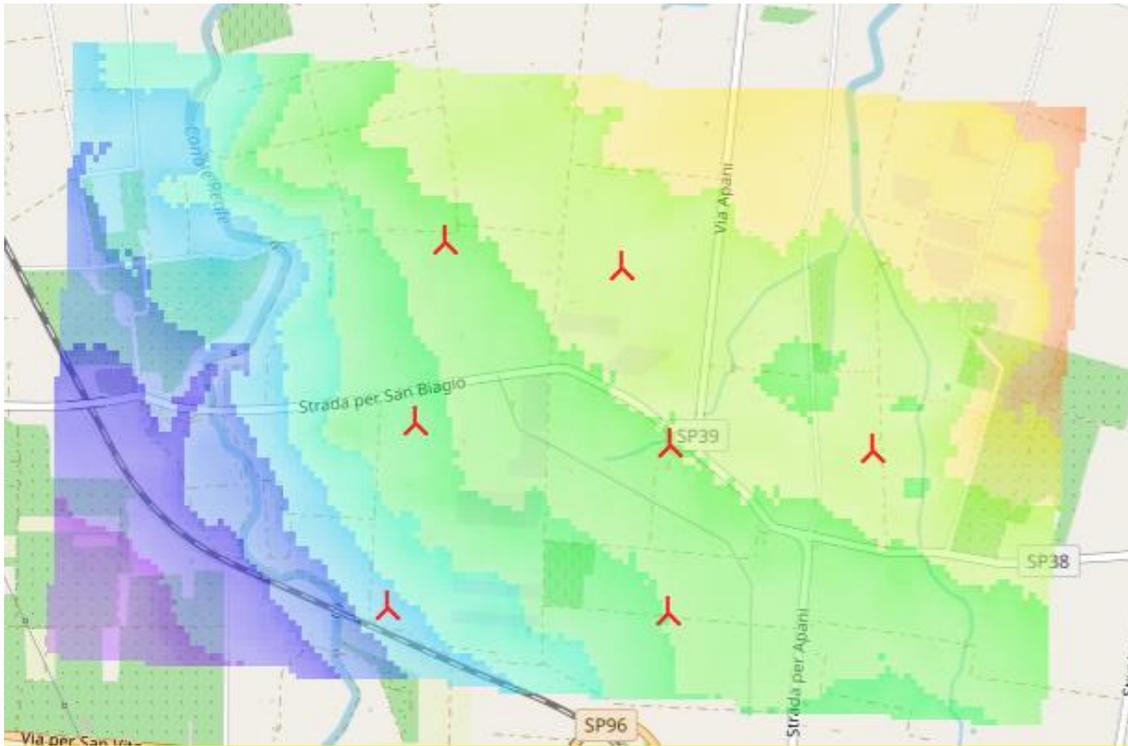
Nel caso del progetto in esame, la previsione WRF si basa su una mesh mesoscala prodotta da VORTEX FDC, utilizzando la Virtual Met Mast che consiste nella definizione dei dati del vento in un punto. Dai risultati ottenuti da Vortex, è stata generata una mesh di risorse in formato \*.WRG (Wind Resource Grid), la quale è stata successivamente integrata da DNV per avere un ulteriore livello di dettaglio sui dati. Il WRG è un formato di file che fornisce i valori della velocità media del vento e i parametri di Weibull. Successivamente il WRG viene può essere caricato in WindPro per calcolare la velocità e la risorsa in ciascuna delle turbine eoliche.

Le analisi di seguito riportate si basano su rilevazioni di durata largamente superiore ad un anno.

## **2. Anemometria**

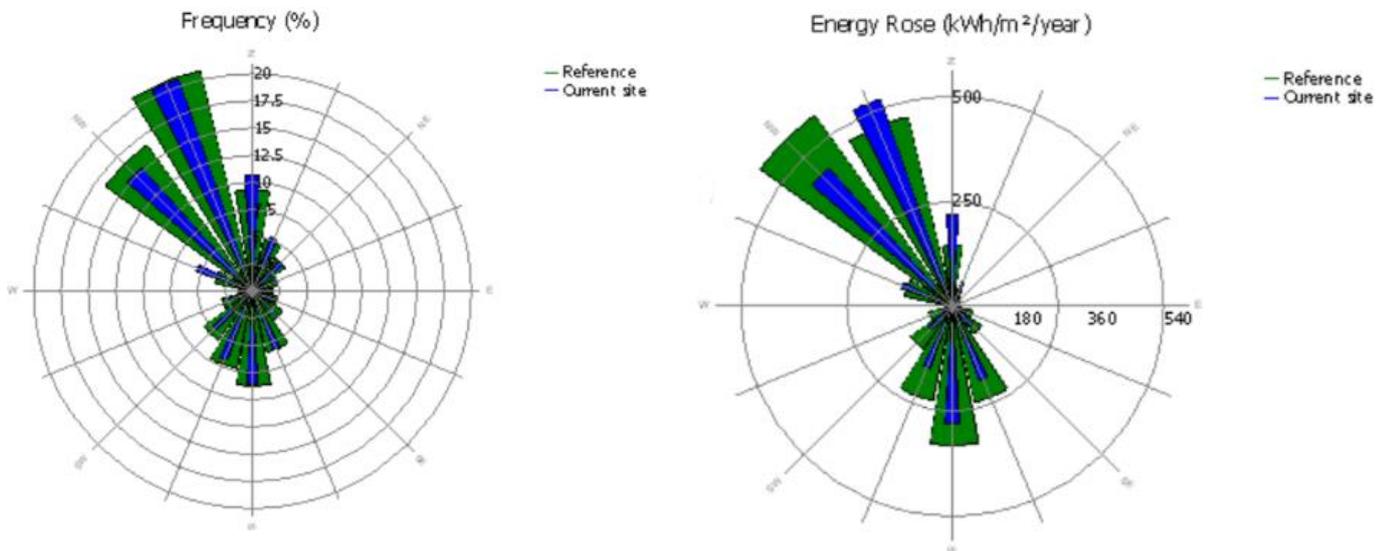
La mappa mesoscala generata per la stima della risorsa eolica ha un'estensione di circa 9 km<sup>2</sup>. Le coordinate dei vertici della poligonale sono:

- Coord 1: 40.675131 , 17.836921
- Coord 2: 40.656249 , 17.789403
- Coord 3: 40.677613 , 17.79059
- Coord 4: 40.65395 , 17.828335



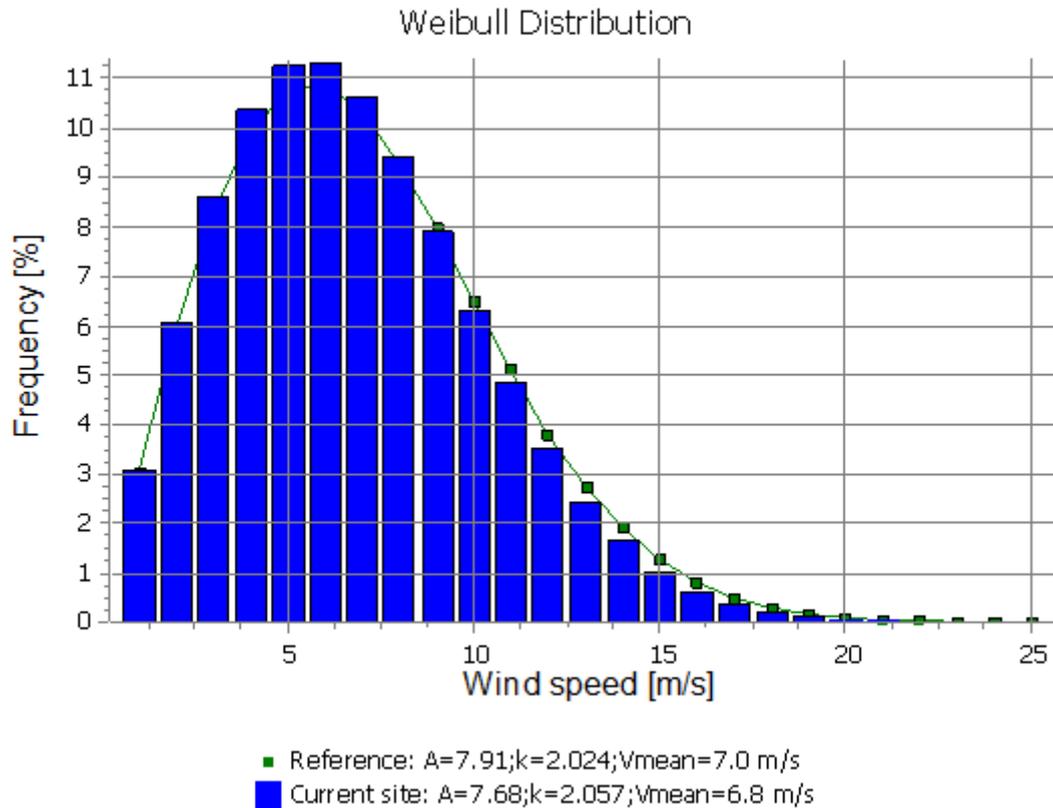
*Risorsa eolica a 119 metri dal livello del suolo*

Di seguito si riportano le rose dei venti (sia su base energetica che su base tempo).



Si riporta qui di seguito anche la distribuzione di Weibull ed i suoi parametri della zona identificata:

Velocità media annua del vento:..... 6,8 m/s  
 Fattore di forma k della distribuzione di Weibull: ..... 2,057  
 Velocità caratteristica A della distribuzione di Weibull:.....7.68 m/s

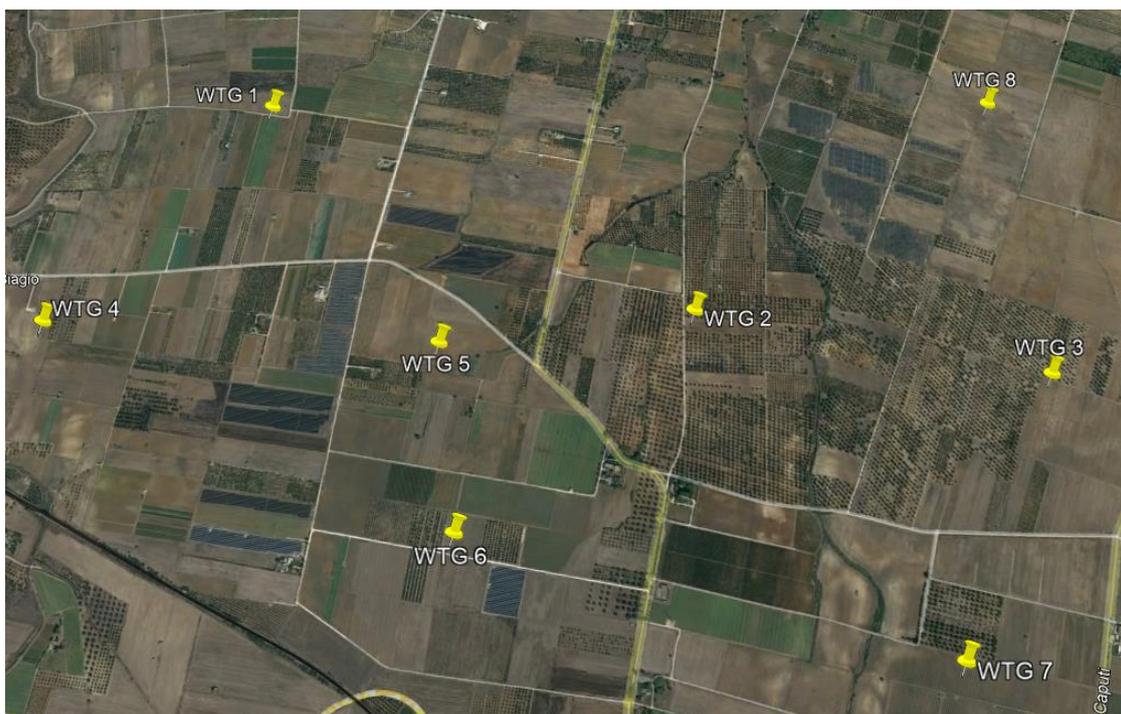


### 3. Centrale Eolica

#### 3.1 Configurazione d'impianto

L'impianto in progetto insiste nel territorio del comune di Brindisi ad un'altitudine media pari a circa 30 m slm. Il parco eolico è composto da 8 turbine eoliche da 6.2 MW . La potenza totale installata del parco eolico è 49.6 MW.

Nella figura sotto riportata sono indicate le locazioni di tutte le turbine.



Posizione delle 8 turbine eoliche

Nella tabella sottostante sono riportate le singole posizioni puntuali degli aerogeneratori, in coordinate geografiche UTM:

Turbina	UTM – WGS84, 33		Altitudine [m]
	Long. E	Lat. N	
WGT 01	737287.4	4506008.7	32
WGT 02	738786.1	4505408.2	23
WGT 03	739906.5	4505324.0	30
WGT 04	736745.5	4505106.8	36
WGT 05	737988.4	4505189.4	34
WGT 06	738147.7	4504572.9	38
WGT 07	739647.4	4504379.3	34
WGT 08	739850.2	4506351.2	16

### 3.2 Aerogeneratore di potenza unitaria 6.2 MW

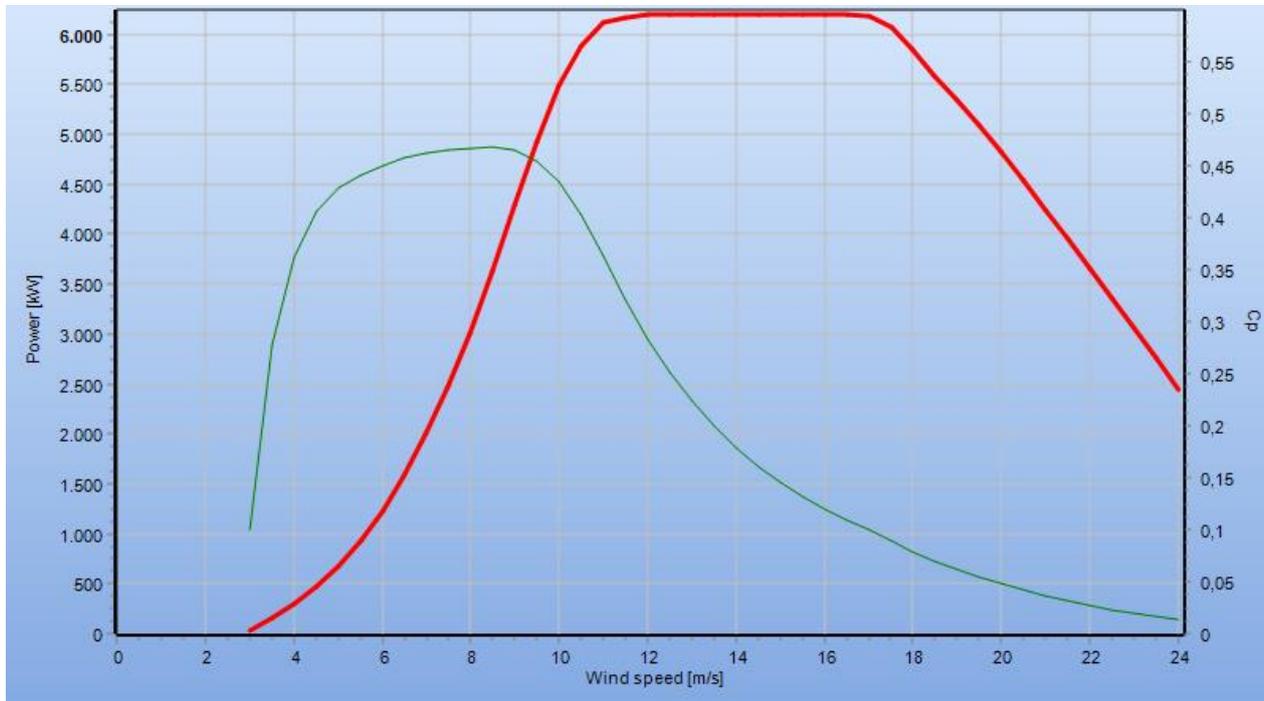
Le principali caratteristiche tecniche dell'aerogeneratore selezionato Vestas V162 – 6.2 MW , in condizioni standard al livello del mare, sono riassunte di seguito:

<b>Potenza nominale</b>	6200 kW
<b>Fabbricante/modello</b>	Vestas
<b>n°pale</b>	3
<b>Diametro rotore</b>	162 m
<b>Altezza mozzo rotore</b>	119 m
<b>Tipologia rotore</b>	Tubolare
<b>Velocità di avvio (cut-in)</b>	3 m/s
<b>Velocità vento di stacco (cut-out)</b>	24 m/s

Si riporta di seguito la Power Curve resa disponibili dal costruttore considerata ad una densità dell'aria di 1.225 kg/m<sup>3</sup>.

La producibilità attesa è stata calcolata tenendo conto di un fattore correttivo riferito alla densità dell'area di sito.

### V162 6.2 MW



Per il calcolo delle perdite di energia da interferenza aerodinamica tra le macchine (effetto scia) è stata inoltre considerata la curva del coefficiente di spinta aerodinamica (Ct) sul rotore in funzione della velocità vento relativa allo stesso valore di densità dell'aria.

<u>Wind speed [m/s]</u>	<u>Power [kW]</u>	<u>Ct</u>
3.00	34	0.908
3.50	150	0.882
4.00	292	0.853
4.50	467	0.837
5.00	676	0.819
5.50	927	0.813
6.00	1229	0.812
6.50	1584	0.81
7.00	2000	0.807
7.50	2476	0.804
8.00	3017	0.799
8.50	3626	0.794
9.00	4284	0.775
9.50	4917	0.722
10.00	5483	0.657
10.50	5882	0.582
11.00	6114	0.504

11.50	6176	0.43
12.00	6197	0.37
12.50	6200	0.322
13.00	6200	0.283
13.50	6200	0.25
14.00	6200	0.223
14.50	6200	0.2
15.00	6200	0.18
15.50	6200	0.163
16.00	6200	0.148
16.50	6200	0.135
17.00	6186	0.124
17.50	6077	0.113
18.00	5853	0.1
18.50	5590	0.089
19.00	5348	0.078
19.50	5095	0.07
20.00	4825	0.062
20.50	4538	0.054
21.00	4251	0.048
21.50	3954	0.042
22.00	3664	0.037
22.50	3367	0.033
23.00	3064	0.029
23.50	2763	0.025
24.00	2451	0.022

## **4. Analisi di Producibilità**

### **4.1 Modello orografico digitale**

È stato realizzato un modello orografico digitale che descrive l'andamento altimetrico dell'area geografica interessata dalla simulazione del campo di vento. Il modello digitale è stato utilizzato come input per la simulazione del campo di vento sul sito, eseguita con il codice di calcolo WASP.

Per la definizione del livello di rugosità superficiale del terreno è stato assunto un valore uniforme per  $z_0$  (lunghezza di rugosità) pari a 0.029; il modello è stato implementato da una mappa di rugosità risultante dalla post-elaborazione delle immagini satellitari e il modello di copertura del suolo Corine Land Cover 2018 con una risoluzione di 50 m.

Per quanto riguarda le curve di livello, invece, è stato implementato il modello da TINITALY 2023 con una risoluzione a 10m.

### **4.2 Risultati dell'analisi anemologica**

La stima della resa energetica d'impianto è stata eseguita calcolando la producibilità per ciascuna delle turbine costituenti l'impianto.

La velocità vento su ogni posizione è stata calcolata attraverso l'applicazione WindPRO/WasP e la mesh di risorse in formato \*.WRG generata dai dati di Vortex integrati da DNV.

Per il calcolo della resa energetica, al netto delle perdite per effetto scia da interferenza aerodinamica, è stata applicata, secondo un modello conservativo di scia, una costante k di decadimento (wake decay constant) secondo il modello Ainslie con una Deep Array Correction classe 1 (0.03 - 0.1).

Turbina	Potenza unitaria aerogeneratore [MW]	h mozzo [m]	Velocità vento al mozzo [m/s]	Resa energetica annua		
				Perdite di scia [%]	Lorda [MWh/a]	Netta [MWh/a]
WTG 1	6.2	119	6.79	2.6	19,940.8	19,422.3
WTG 2	6.2	119	6.59	1.2	19,123.7	18,894.2
WTG 3	6.2	119	6.78	7.4	18,872.7	17,476.1
WTG 4	6.2	119	6.74	11.3	17,882.4	15,861.7
WTG 5	6.2	119	6.78	6.0	19,238.2	18,083.9
WTG 6	6.2	119	6.80	3.5	19,798.6	19,105.6
WTG 7	6.2	119	6.93	5.5	20,065.1	18,961.5
WTG 8	6.2	119	6.91	3.5	20,381.0	19,667.7
<b>Totali</b>	<b>49.6</b>	-	-	-	<b>155,302.5</b>	<b>147,343.2</b>
<b>Medie</b>	-	-	<b>6.79</b>	<b>5.125</b>	<b>19,421.8</b>	<b>18,434.1</b>

### 4.3 Producibilità netto di impianto

Ai fini del calcolo della producibilità netta di impianto, ovvero quella effettivamente messa in rete e dunque fatturata ai fini della vendita dell'energia, sono stati considerati i seguenti fattori di perdita:

Fattore	Perdita
Disponibilità turbine eoliche	4%
Efficienza elettrica	3%
Prestazioni turbine non ottimali	2%
Ambientali	1%
Disponibilità della rete	0%

Nelle vicinanze delle presenti turbine non sono presenti parchi eolici, quindi non vi è associata una perdita.

Pertanto, sulla base delle suddette considerazioni, si può stimare che la producibilità netta media annua della centrale eolica, sia la seguente:

Turbina	Potenza unitaria aerogeneratore [MW]	Producibilità netta media annua [MWh/anno]	Ore equivalenti medie unitarie a potenza nominale [h]
WTG 1	6.2	17480.1	2819
WTG 2	6.2	17004.8	2743
WTG 3	6.2	15728.5	2537
WTG 4	6.2	14275.5	2303
WTG 5	6.2	16275.5	2625
WTG 6	6.2	17195.1	2773
WTG 7	6.2	17065.4	2752
WTG 8	6.2	17700.9	2855
<b>Totali</b>	<b>49.6</b>	<b>132725.8</b>	
<b>Medie</b>			<b>2,676</b>