



PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA MEDIANTE LO SFRUTTAMENTO DEL VENTO NEL TERRITORIO COMUNALE DI SAN GIULIANO DI PUGLIA (CB) E SANTA CROCE DI MAGLIANO (CB)

## PROGETTO DEFINITIVO

prima emissione: luglio 2021

REV.	DATA	DESCRIZIONE:
1	mag 2022	

### PROGETTAZIONE



via Volga c/o Fiera del Levante Pad.129 - BARI (BA)  
ing. Sebanino GIOTTA - ing. Fabio PACCAPELO  
ing. Francesca SACCAROLA - geom. Raffaella TISTI



### ARCHITETTURA E PAESAGGIO

VIRUSDESIGN®  
arch. Vincenzo RUSSO  
via Puglie n.8 - Cerignola (FG)



### IMPIANTI ELETTRICI

ing. Roberto DI MONTE



### GEOLOGIA

geol. Pietro PEPE

### ACUSTICA

ing. Francesco PAPEO

### ARCHEOLOGIA

dr.ssa archeol. Domenica CARRASSO

DOMENICA CARRASSO  
Via G. Marconi, 19  
70017 PUTIGNANO (BA)  
C. F. CRR DNC 89144 A148J  
P. IVA 08138180724

### STUDIO PEDO-AGRONOMICO

dr.ssa Lucia PESOLA - dr. Rocco LABADESSA



### ASPETTI FAUNISTICI

dott. nat. Fabio MASTROPASQUA



SIA.ES. STUDI SPECIALISTICI

ES.1 ANALISI DI PRODUCIBILITÀ DELL'IMPIANTO



**PROGETTO SAN GIULIANO**  
**COMUNE DI SAN GIULIANO DI PUGLIA, PROVINCIA DI CAMPOBASSO**  
**ITALIA**

**VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA RISORSA EOLICA**

## LIBERATORIA

I dati e le prescrizioni contenuti nel presente rapporto sono stati redatti secondo le norme della Buona Tecnica e controllati con la massima accuratezza possibile. WINDFOR s.r.l. in ogni caso non può essere ritenuta responsabile per le conseguenze che possano derivare, danni o la perdita di profitti, da un uso non corretto delle informazioni riportate o da possibili errori di interpretazione da parte di Terzi.

## DIFFUSIONE DEL DOCUMENTO

Il presente documento viene consegnato esclusivamente al Cliente.

Revisione	Descrizione	Data	Preparata da	Approvata da
00	Versione iniziale	13/07/2021		
01	Versione in italiano	16/07/2021	Chiara Pavani	Marco Guarneroli
02	Nuovo layout e modello turbina	18/02/2022		
03				

## INDICE

1. Premessa .....	4
2. Layout e aerogeneratori.....	5
2.1 Area di interesse.....	5
2.2 Layout d'impianto .....	6
2.3 Modello aerogeneratore .....	8
3. Valutazione della risorsa eolica.....	9
4. Valutazione preliminare della produzione attesa .....	12
5. Conclusioni .....	14

## 1. PREMESSA

---

**Fred Olsen Renewable Italy S.r.l.** (il “**Ciente**”) ha incaricato la Società Windfor S.r.l. (“**Windfor**” o il “**Consulente**”, ora Vector Renewables Italia Srl) di svolgere un’analisi preliminare allo scopo di determinare la potenzialità di un impianto eolico denominato San Giuliano (il “**Progetto**”) in Italia, nel territorio di San Giuliano di Puglia, provincia di Campobasso, nella regione Molise.

L’attività è consistita nella valutazione in via preliminare della produzione attesa dell’impianto, sulla base di studi effettuati dal **Consulente** circa il regime di ventosità in quota, calcolato sull’area con modelli matematici.

Il presente documento rappresenta la Rev.02 del Report RWF 89-21 emesso a Luglio 2021 e ora aggiornato con un layout modificato e l’utilizzo di una diversa configurazione di progetto, come richiesto dal **Ciente**:

**Tabella 1: Configurazione del Progetto**

Configurazione	Modello aerogeneratore	Altezza mozzo [m]	Potenza totale [MW]
1	11 Vestas V162-6.2 MW	125.0	68.2

Tutta l’attività è stata svolta con approccio e strumenti professionali, secondo quanto previsto dalle metodologie internazionali per la valutazione preventiva della produzione attesa dagli impianti eolici.



## 2. LAYOUT E AEROGENERATORI

Essendo il progetto in fase preliminare, gli elementi di riferimento ai fini della presente valutazione della produzione attesa si compongono dei seguenti elementi:

- Area di interesse
- Ipotesi di layout di impianto consistente in 11 posizioni
- n° 1 modello di aerogeneratore da utilizzare nella valutazione

Non sono state fornite informazioni su parchi eolici di terzi esistenti o in fase di sviluppo in prossimità del **Progetto**, da immagini aeree pubblicamente disponibili online si rileva che nell'area sono in funzione aerogeneratori ma a una distanza di oltre 20 diametri di rotore, per cui l'impatto è stato ritenuto trascurabile.

Si segnala che non è stato al momento condotto un sopralluogo al sito al fine di verificare le condizioni quali l'orografia, le asperità o la presenza di eventuali ostacoli che potrebbero influenzare il **Progetto**.

### 2.1 AREA DI INTERESSE

L'Area di interesse fornita per il **Progetto** è presentata nella figura seguente. L'Area proposta si estende approssimativamente 7 km per 3 km, come presentato con contorno rosso in Figura 1.

Il terreno consiste in un crinale, orientato NordOvest/SudEst e decrescente in elevazione da circa 580 m a 400 m sul livello del mare, nella parte sud del sito, mentre il resto dell'area si estende a valle di questo crinale. La rugosità del sito è stata considerata bassa. La città di San Giuliano di Puglia è localizzata a Ovest ad una distanza di circa 5 km dal centro dell'Area.



**Figura 1: Area di interesse**

## 2.2 LAYOUT D'IMPIANTO

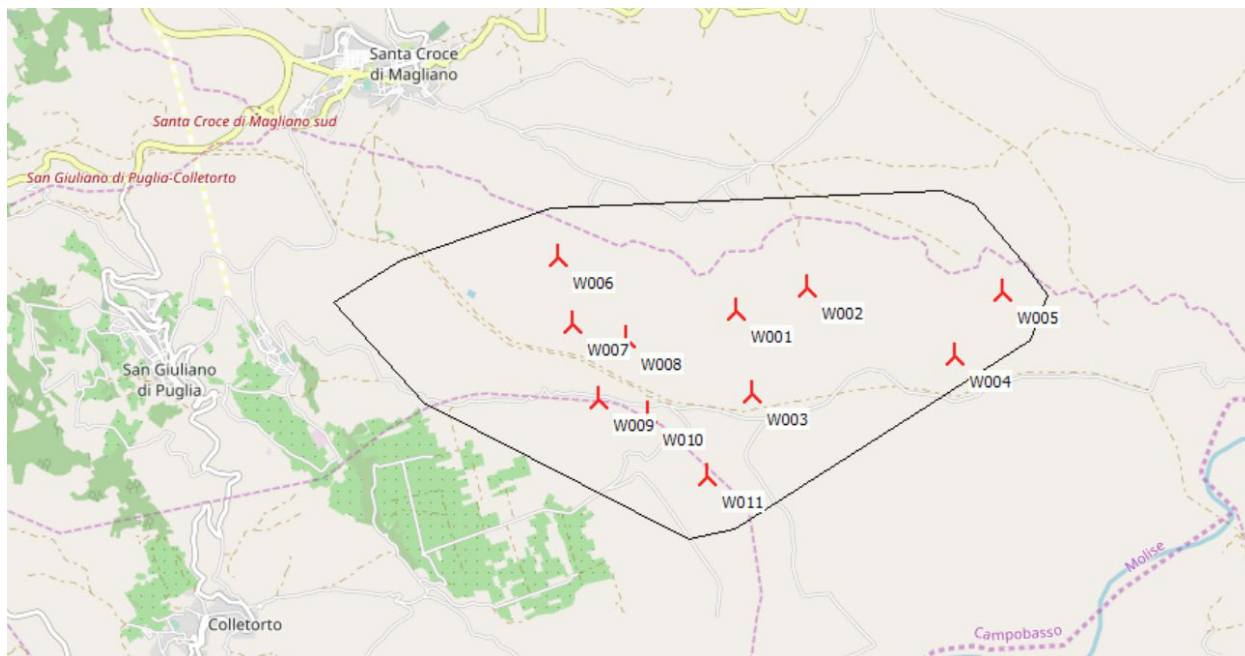
Ai fini della valutazione preliminare della produzione attesa dell'impianto è stato preso a riferimento il seguente layout composto da n° 11 posizioni, come fornito dal **Cliente**.

Si segnala che tutte le posizioni sono situate all'interno dei confini amministrativi del comune di San Giuliano di Puglia.

**Tabella 2: San Giuliano coordinate**

UTM WGS84 – Zona 33			
WTG	Longitudine [m]	Latitudine [m]	Elevazione [m]
W001	502618	4615430	320.9
W002	503323	4615647	307.4
W003	502787	4614620	350.1
W004	504778	4614985	237.3
W005	505256	4615608	181.3
W006	500869	4615950	391.1
W007	501005	4615300	413.3
W008	501541	4615149	373.9
W009	501269	4614552	384.7
W010	501759	4614408	355.8
W011	502333	4613799	331.6

Le posizioni proposte per gli aerogeneratori sono visualizzate in rosso in Figura 2.



**Figura 2: Posizioni proposte per gli aerogeneratori**

Di norma, l'inter-distanza tra le macchine di impianto deve essere di almeno 3 diametri di rotore tra le macchine allineate perpendicolarmente alla direzione prevalente del vento e di almeno 5 diametri di rotore tra le macchine posizionate in scia alla direzione prevalente. La seguente tabella mostra le distanze tra le posizioni in metri (lato destro della tabella) e in diametri considerando un rotore di 162 m. Si evidenzia che non sono presenti inter-distanze inferiori ai 3 diametri di rotore, mentre alcune posizioni sono spaziate da meno di 5 diametri.

**Tabella 3: Inter-distanze in termini di metri e di rotori (RD = 162 m \ Metri)**

RD=162m\Meter	W001	W002	W003	W004	W005	W006	W007	W008	W009	W010	W011
W001	-	738	827	2205	2644	1825	1618	1113	1610	1335	1656
W002	4.6	-	1158	1599	1933	2473	2344	1850	2328	1995	2096
W003	5.1	7.2	-	2024	2659	2334	1907	1354	1520	1050	938
W004	13.6	9.9	12.5	-	785	4026	3786	3241	3536	3074	2717
W005	16.3	11.9	16.4	4.8	-	4400	4262	3743	4124	3697	3438
W006	11.3	15.3	14.4	24.9	27.2	-	664	1046	1454	1780	2602
W007	10.0	14.5	11.8	23.4	26.3	4.1	-	557	793	1168	2004
W008	6.9	11.4	8.4	20.0	23.1	6.5	3.4	-	656	772	1565
W009	9.9	14.4	9.4	21.8	25.5	9.0	4.9	4.0	-	511	1303
W010	8.2	12.3	6.5	19.0	22.8	11.0	7.2	4.8	3.2	-	837
W011	10.2	12.9	5.8	16.8	21.2	16.1	12.4	9.7	8.0	5.2	-

Considerando la direzione prevalente del vento dell'area geografica, i settori NordOvest e SudOvest, nella zona Ovest dell'area sono presenti alcuni aerogeneratori al di sotto della spaziatura consigliata. Pertanto, i requisiti di cui sopra non sono pienamente soddisfatti e ciò potrebbe causare sovraccarichi sulle turbine interessate, oltre a maggiori perdite nella produzione di energia dovute alle scie. Per ulteriori fasi di sviluppo del progetto si raccomanda di ottenere la valutazione del carico meccanico e l'analisi di idoneità del sito (MLA) da parte del costruttore aerogeneratori, al fine di garantire che i carichi di fatica, derivanti dalle condizioni del vento in loco e agenti sui componenti principali della turbina, rientrino nell'involuppo di carico di progetto.

Inoltre, si raccomanda di verificare che il modello di turbina eolica desiderato e il layout proposto siano adatti al sito secondo la norma IEC 61400-1 Ed.3.

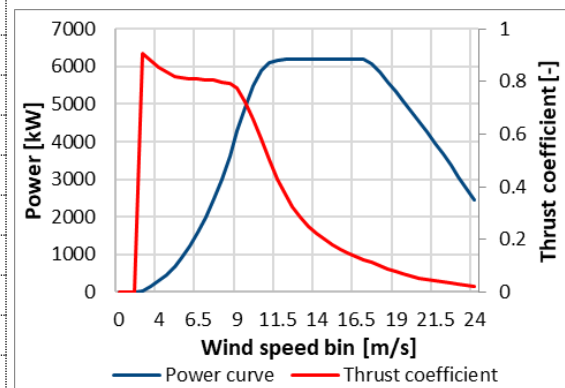


### 2.3 MODELLO AEROGENERATORE

La valutazione della produzione attesa è stata effettuata con il modello di aerogeneratore richiesto Vestas V162-6.2 MW. La curva di potenza è stata recuperata dal database di WindPRO alla densità standard di 1.225 kg/m<sup>3</sup> e regolata alla densità dell'aria del sito di 1.16 kg/m<sup>3</sup> secondo la correzione del metodo IEC 61400-12.

**Tabella 4: Vestas V162-6.2 MW**

Turbine type		Vestas V162-6.2 MW	Diameter [m]	162.0
Rated power [MW]		6.2	Hub height [m]	125.0
Rated wind speed [m/s]		12.5	IEC class	IEC S
Cut-in/Cut-out wind speed [m/s]		3.0/24.0	Air density [kg/m <sup>3</sup> ]	1.225
Bin wind speed [m/s]	Power, P <sub>c</sub> [kW]	Thrust coefficient, C <sub>t</sub> [-]		
0	0	0		
1	0	0		
2	0	0		
3	34	0.908		
4	292	0.853		
5	676	0.819		
6	1229	0.812		
7	2000	0.807		
8	3017	0.799		
9	4284	0.775		
10	5483	0.657		
11	6114	0.504		
12	6197	0.370		
13	6200	0.283		
14	6200	0.223		
15	6200	0.180		
16	6200	0.148		
17	6186	0.124		
18	5853	0.1		
19	5348	0.078		
20	4825	0.062		
21	4251	0.048		
22	3664	0.037		
23	3064	0.029		
24	2451	0.022		



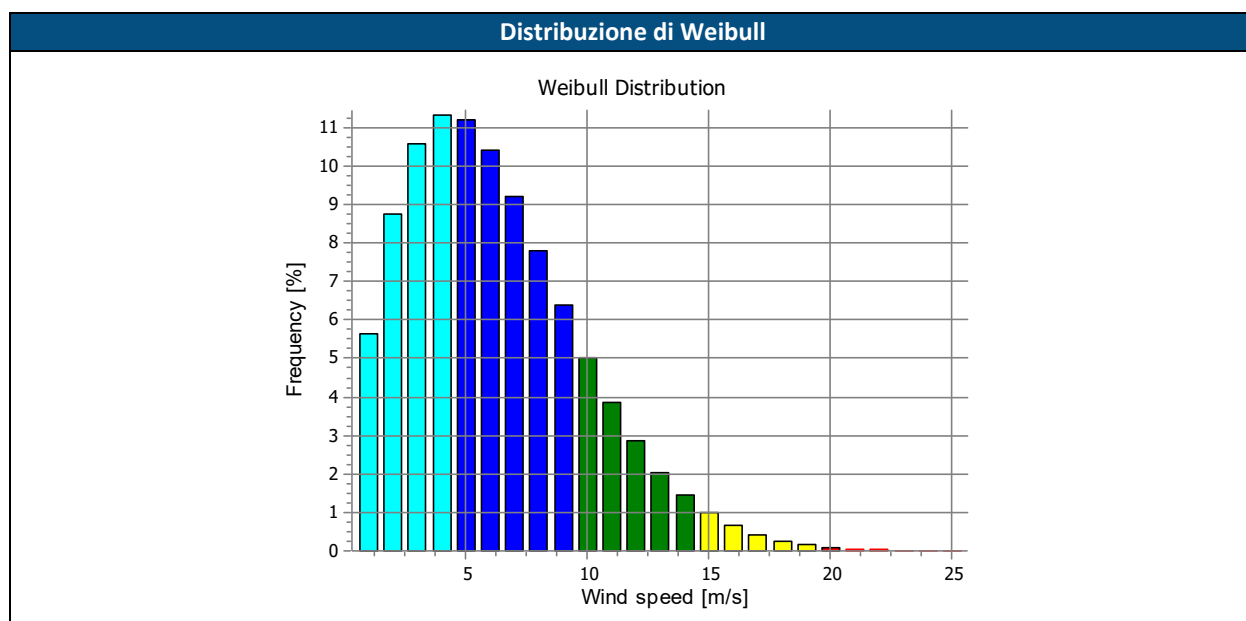
### 3. VALUTAZIONE DELLA RISORSA EOLICA

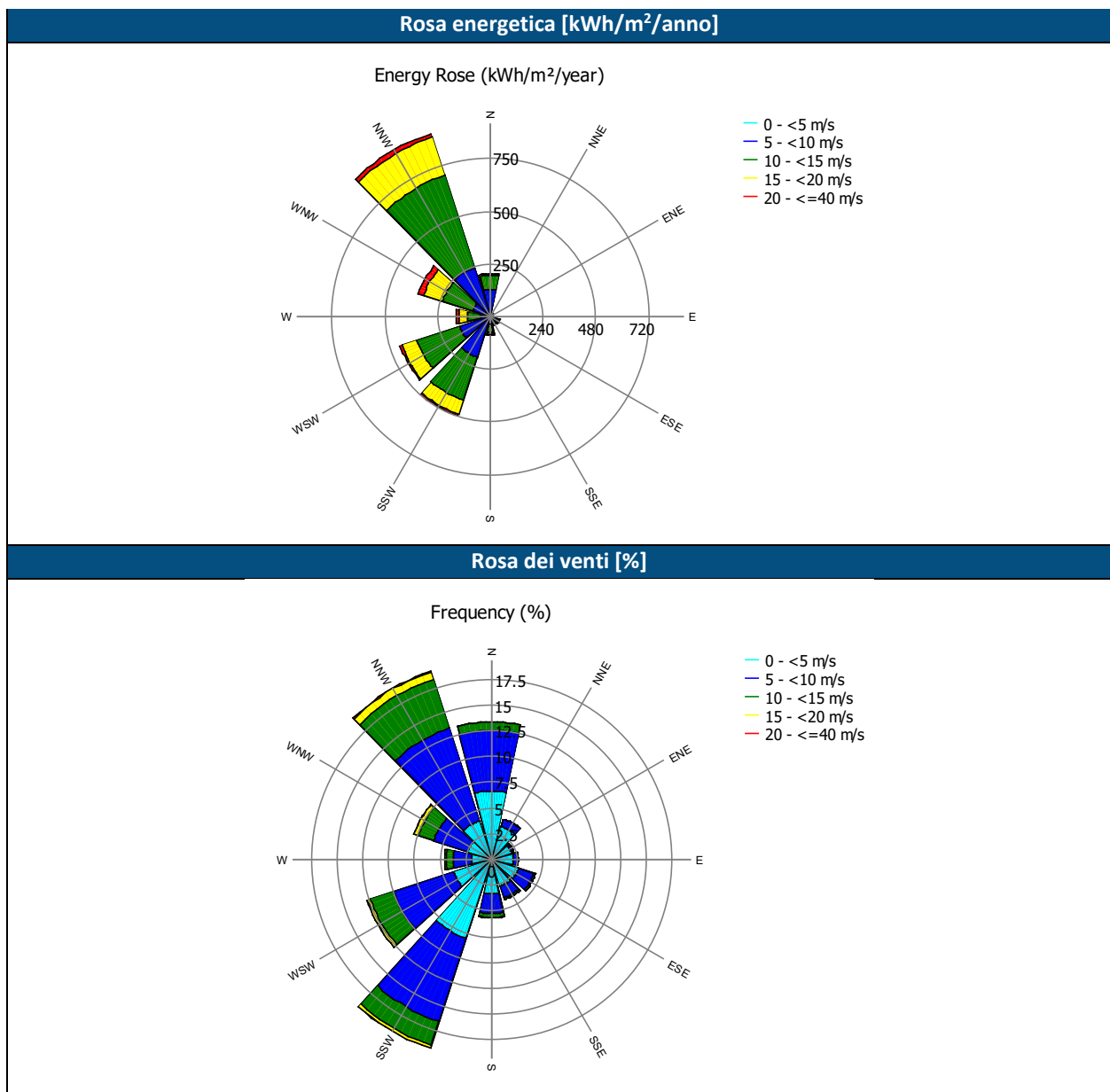
La stima preliminare della risorsa eolica al sito è estrapolata da un Anemometro Virtuale scalato ad una località ritenuta rappresentativa dell'Area di interesse. Le statistiche dell'Anemometro Virtuale sono ottenute utilizzando le fonti disponibili in un intorno considerato rappresentativo dell'Area di interesse, come i dati di vento misurati e i dati di mesoscala.

Occorre comunque evidenziare che l'Anemometro Virtuale non sostituisce una torre di misura tradizionale al sito e quindi qualsiasi valutazione sulla produzione di energia implica necessariamente un elevato grado di incertezza. Per questo i risultati devono intendersi come una sola **stima preliminare**.

Il regime di vento di lungo termine atteso al sito è stato valutato usando un nodo di rianalisi su un periodo di 20 anni (ERA5 Rectangular Grid) e attraverso correlazioni mensili la velocità media di lungo termine è stata estrapolata all'Anemometro Virtuale. Le figure sottostanti riproducono, per l'Anemometro Virtuale creato in sito e per l'altezza richiesta pari a 125 m:

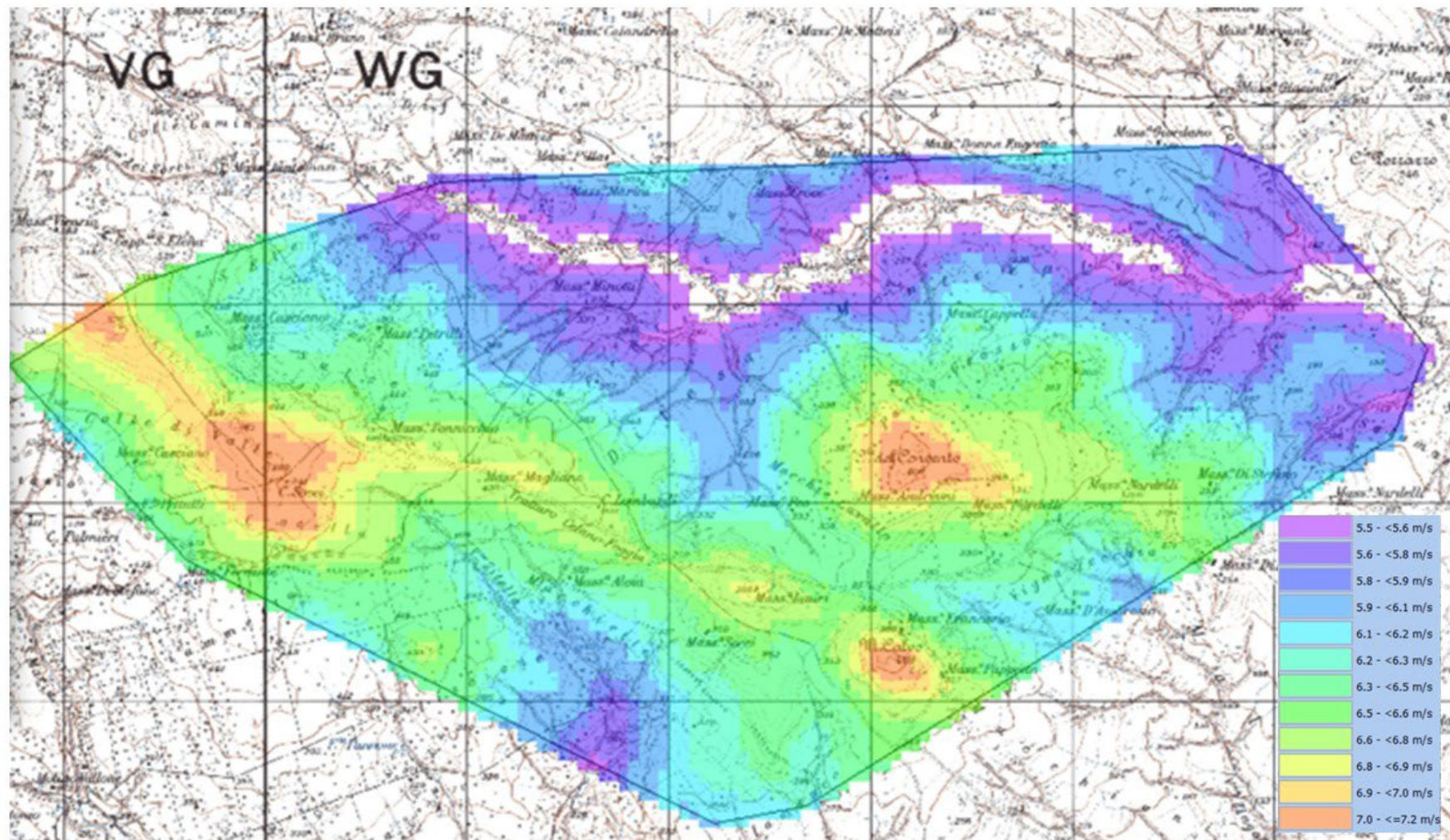
- Distribuzione di Weibull per classi di velocità
- Rosa energetica, per classi di velocità, suddivisa per i 12 settori di provenienza
- Rosa dei venti, per classi di velocità, suddivisa per i 12 settori di provenienza





**Figura 3: Parametri caratteristici dell'Anemometro Virtuale a 125 m**

La velocità di lungo-termine all'Anemometro Virtuale a 125 m è pari a 6.3 m/s. Al fine di valutare la velocità del vento nell'area di interesse è stata utilizzata la modellazione WAsP e la mappa della risorsa eolica risultante è riportata in Figura 4.



**Figura 4: Mappa della risorsa eolica nell'area di interesse**



#### 4. VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA PRODUZIONE ATTESA

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti dalla valutazione preliminare della produzione attesa dell'impianto, stimata con la configurazione richiesta, usando la distribuzione di frequenza di lungo periodo ottenuta all'altezza mozzo proposta e adottando il modello WAsP come incorporato in WindPRO 3.5. Il modello di scia implementato nell'analisi è il N.O. Jensen (RISO/EMD) basato sul decadimento della scia standard onshore di 0.075, costante per tutti i settori.

Le produzioni tengono conto delle perdite per effetto della scia che si genera internamente tra gli aerogeneratori dell'impianto, nonché delle perdite dovute alla densità dell'aria alla quota del sito.

In particolare, le tabelle riportano le seguenti informazioni:

**Site ID:** numero identificativo dell'aerogeneratore nelle tavole

**Site X [m]:** longitudine E in coordinate UTM-WGS84, Fuso 33

**Site Y [m]:** latitudine N in coordinate UTM-WGS84, Fuso 33

**Elev. [m]:** quota sul livello del mare in m

**HH [m]:** altezza del mozzo in m

**V [m/s]:** velocità media del vento stimata dal modello all'altezza del mozzo

**Gross [GWh]:** produzione lorda attesa

**Net [GWh]:** produzione attesa al netto delle perdite per effetto scia

**Loss [%]:** perdita percentuale di produzione per effetto scia

**Net Hours [h]:** produzione specifica attesa al netto delle perdite per scia (ore/anno)

**Tabella 5: Vestas V162-6.2 MW**

ID	X [m]	Y [m]	Elev. [m]	HH [m]	V [m/s]	Gross [GWh]	Net [GWh]	Loss [%]	Net Hours [h]
W001	502618	4615430	321	125.0	6.13	17.06	16.06	5.86	2590
W002	503323	4615647	307	125.0	6.12	16.95	15.98	5.73	2578
W003	502787	4614620	350	125.0	6.30	17.75	16.42	7.48	2649
W004	504778	4614985	237	125.0	6.25	17.72	17.58	0.79	2836
W005	505256	4615608	181	125.0	5.82	15.60	14.74	5.52	2377
W006	500869	4615950	391	125.0	5.83	15.47	15.27	1.32	2462
W007	501005	4615300	413	125.0	6.28	17.65	16.54	6.26	2668
W008	501541	4615149	374	125.0	6.24	17.54	15.99	8.85	2579
W009	501269	4614552	385	125.0	6.26	17.63	16.52	6.34	2664
W010	501759	4614408	356	125.0	6.29	17.78	16.31	8.27	2631
W011	502333	4613799	332	125.0	6.20	17.36	15.90	8.39	2564
<b>Media</b>					<b>6.16</b>	<b>17.14</b>	<b>16.12</b>	<b>5.89</b>	<b>2600</b>
<b>Totale</b>						<b>188.52</b>	<b>177.31</b>		



Si evidenzia che la produzione di energia sopra presentata tiene conto solo delle perdite dovute agli effetti scia e non sono incluse altre perdite. In questa fase preliminare, una ragionevole ipotesi delle perdite aggiuntive relative alla turbina, B.O.P. e disponibilità di rete, impianto elettrico, ambiente, prestazioni delle turbine ed escludendo ogni potenziale limitazione (rete, WSM...) è pari a circa il 10%. Una valutazione più dettagliata potrebbe essere eseguita quando sono in essere accordi di fornitura o O&M o anche in fase di discussione.

La tabella seguente riassume i valori preliminari ottenuti per il **Progetto**.

**Tabella 6: Produzione al netto delle perdite energetiche d'impianto**

Configurazione	Capacità impianto [MW]	Produzione lorda (morsetti generatori)		Produzione netta (cedibile alla rete)	
		[GWh/anno]	[h/anno]	[GWh/anno]	[h/anno]
Vestas V162-6.2 MW	68.2	177.31	2600	<b>159.58</b>	<b>2340</b>

## 5. CONCLUSIONI

---

Con il presente rapporto è stata determinata la stima preliminare delle statistiche eoliche attese presso il sito estrapolate da un Anemometro Virtuale scalato ad una posizione ritenuta rappresentativa del parco eolico di San Giuliano. L'analisi è basata sul regime di vento a lungo termine rappresentativo dell'area all'altezza mozzo proposta di 125 m dal livello del suolo.

Occorre comunque evidenziare che l'Anemometro Virtuale non sostituisce una torre di misura tradizionale al sito e quindi qualsiasi valutazione sulla produzione di energia implica necessariamente un elevato grado di incertezza. Per questo i risultati devono intendersi come una sola **stima preliminare**.

**Per una futura bancabilità del progetto, si evince la necessità di verificare i risultati conseguiti con l'ausilio di dati anemometrici registrati opportunamente in sito.** Si consiglia quindi una misura della velocità e direzione del vento in sito con una stazione anemometrica ad un'altezza dal suolo di almeno 2/3 del mozzo degli aerogeneratori. La posizione della torre di misura dovrà essere scelta in modo da essere ben esposta rispetto alla direzione del vento prevalente e ben rappresentativa delle posizioni degli aerogeneratori.

Si raccomanda, al fine di verificare eventuali scie indotte da future turbine esterne, di ottenere informazioni specifiche sul posizionamento e caratteristiche tecniche degli impianti in sviluppo in prossimità del sito. In questa fase preliminare, una ragionevole ipotesi delle perdite aggiuntive relative alla turbina, B.O.P. e disponibilità di rete, impianto elettrico, ambiente, prestazioni delle turbine ed escludendo ogni potenziale limitazione, è pari a circa il 10%. Le perdite energetiche assunte andranno calibrate e meglio dettagliate una volta ottenute le informazioni specifiche di progetto sulla base dei contratti con i fornitori e degli elaborati progettuali.

In particolare, nessuna perdita energetica è stata inclusa per le limitazioni di rete o per wind sector management WSM. Si raccomanda di verificare questo tema col costruttore degli aerogeneratori e ottenere la valutazione del carico meccanico e l'analisi di idoneità del sito (MLA), al fine di garantire che i carichi di fatica, derivanti dalle condizioni del vento in loco e agenti sui componenti principali della turbina, rientrino nell'involuppo di carico di progetto.

Per le successive fasi di sviluppo del **Progetto**, si raccomanda di verificare la scelta del tipo di aerogeneratore con un'analisi dettagliata della Classe del sito, secondo le vigenti Norme CEI EN 61400-1 Ed. 3, con la valutazione della velocità massima di vento avente un periodo di ritorno di 50 anni (V50y) e dei parametri di turbolenza, necessari a verificare la compatibilità delle turbine con le specifiche condizioni di sito.