

# Progetto per la costruzione e l'esercizio di un Impianto eolico denominato "Energia Molise"

## Progetto definitivo

Oggetto:

**MOL1.15 - Relazione sulla producibilità attesa**

Proponente:

 **Fred. Olsen Renewables**

Fred. Olsen Renewables Italy S.r.l  
Viale Castro Pretorio, 122 (Roma)

Progettista:

 **Stantec**

Stantec S.p.A.  
Centro Direzionale Milano 2, Palazzo Canova  
Segrate (Milano)

Rev. N.	Data	Descrizione modifiche	Redatto da	Rivisto da	Approvato da
00	05/04/2024	Prima Emissione	L. Di Matteo	M. Carnevale	P. Polinelli
Fase progetto: <b>Definitivo</b>			Formato elaborato: <b>A4</b>		

Nome File: **MOL1.15.00 - Relazione sulla producibilità attesa.docx**

# Indice

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
1.1	DESCRIZIONE DEL PROPONENTE .....	3
1.2	CONTENUTI DELLA RELAZIONE .....	3
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>MODELLO DI CALCOLO .....</b>	<b>7</b>
3.1	Modello digitale del terreno .....	7
3.2	Caratterizzazione anemologica .....	7
3.2.1	Dati anemometrici .....	7
3.2.2	Dati di lungo termine e analisi MCP .....	9
3.2.3	Estrapolazione dei dati di vento .....	10
3.3	Aerogeneratore di riferimento .....	11
<b>4</b>	<b>STIMA DELL'ENERGIA EOLICA.....</b>	<b>13</b>

# Indice delle figure

Figura 2-1: Inquadramento territoriale dell'impianto Energia Molise .....	4
Figura 2-2: Inquadramento su ortofoto dell'area dell'impianto Energia Molise nel suo stato di progetto.....	5
Figura 2-3: Inquadramento su ortofoto delle opere elettriche connesse in progetto.....	6
Figura 3-1: Posizionamento del sistema Lidar rispetto agli aerogeneratori di progetto .....	8
Figura 3-2: Rosa dei venti risultante dai dati anemometrici LIDAR .....	8
Figura 3-3: Posizionamento del sistema Lidar e del nodo del dataset VORTEX ERA5 rispetto agli aerogeneratori di progetto .....	9
Figura 3-4: Rosa dei venti risultante dall'analisi MCP .....	10
Figura 3-5: Mappa del vento ad un'altezza pari a 125 m s.l.s.....	11
<b>Figura 3-3-6: Vista e caratteristiche di un aerogeneratore da 6,2 MW .....</b>	<b>12</b>

# 1 PREMESSA

Stantec S.p.A., in qualità di Consulente Tecnico, è stata incaricata da Fred.Olsen Renewables Italy S.r.l. di redigere il progetto definitivo per la costruzione di un nuovo impianto eolico denominato "Energia Molise" ubicato nei comuni di Bonefro, Casacalenda, Ripabottoni, Sant'Elia a Pianisi, San Giuliano di Puglia, Santa Croce di Magliano e Rotello, in provincia di Campobasso, in Molise, costituito da 12 aerogeneratori di potenza nominale pari a 6,2 MW ciascuno e da un sistema integrato BESS da 14 MW in prelievo. Durante l'esercizio dell'impianto, verranno effettuate regolazioni di potenza sugli aerogeneratori tali da ridurre il valore al di sotto di quello nominale. Pertanto, tali regolazioni consentiranno di avere una potenza complessiva dell'impianto di 72 MW.

## 1.1 DESCRIZIONE DEL PROPONENTE

Il soggetto proponente del progetto in esame è Fred. Olsen Renewables Italy S.r.l., con sede legale in Roma (RM) Viale Castro Pretorio, 122. La società è soggetta all'Attività di Direzione e coordinamento di Fred. Olsen Renewables AS, controllata al 100% da Bonheur ASA, quotata alla Borsa Norvegese.

Fred. Olsen Renewables è una società che opera nel settore delle energie rinnovabili dalla metà degli anni '90. Al momento possiede e gestisce circa 800 MW di impianti eolici in esercizio in Norvegia, Svezia e UK e si sta saldamente consolidando anche nel mercato italiano dove ha l'obiettivo di sviluppare relazioni a lungo termine con le comunità e le parti interessate dai suoi progetti che intende portare avanti, costruire e gestire per l'intera vita utile.

## 1.2 CONTENUTI DELLA RELAZIONE

La presente relazione costituisce il documento sulla valutazione della risorsa eolica e sull'analisi di producibilità riguardante i nuovi aerogeneratori che sono previsti in sito, effettuata tramite il modello di calcolo VENTOS/2 CFD.

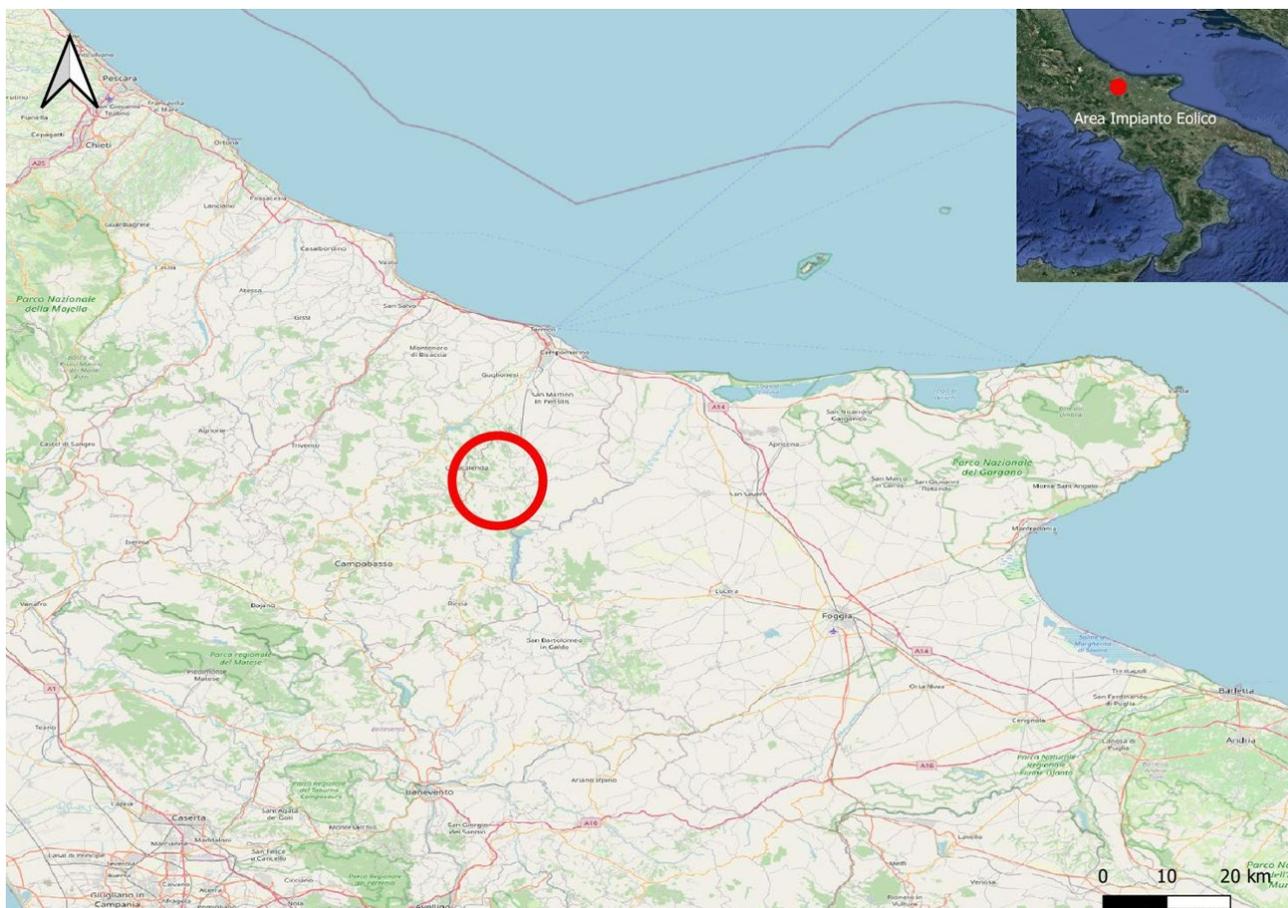
Il capitolo 2 descrive in generale il sito e il layout degli aerogeneratori in progetto.

Nel capitolo 3 viene descritta la metodologia e gli input utilizzati nell'analisi.

Infine, nel capitolo 4 si riportano i risultati ottenuti dall'analisi di producibilità.

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito in cui sarà ubicato il parco eolico in oggetto, denominato Energia Molise, è collocato nei comuni di Bonefro, Casacalenda, Ripabottoni, Sant'Elia a Pianisi, San Giuliano di Puglia, Santa Croce di Magliano e Rotello nella provincia di Campobasso, in Molise.



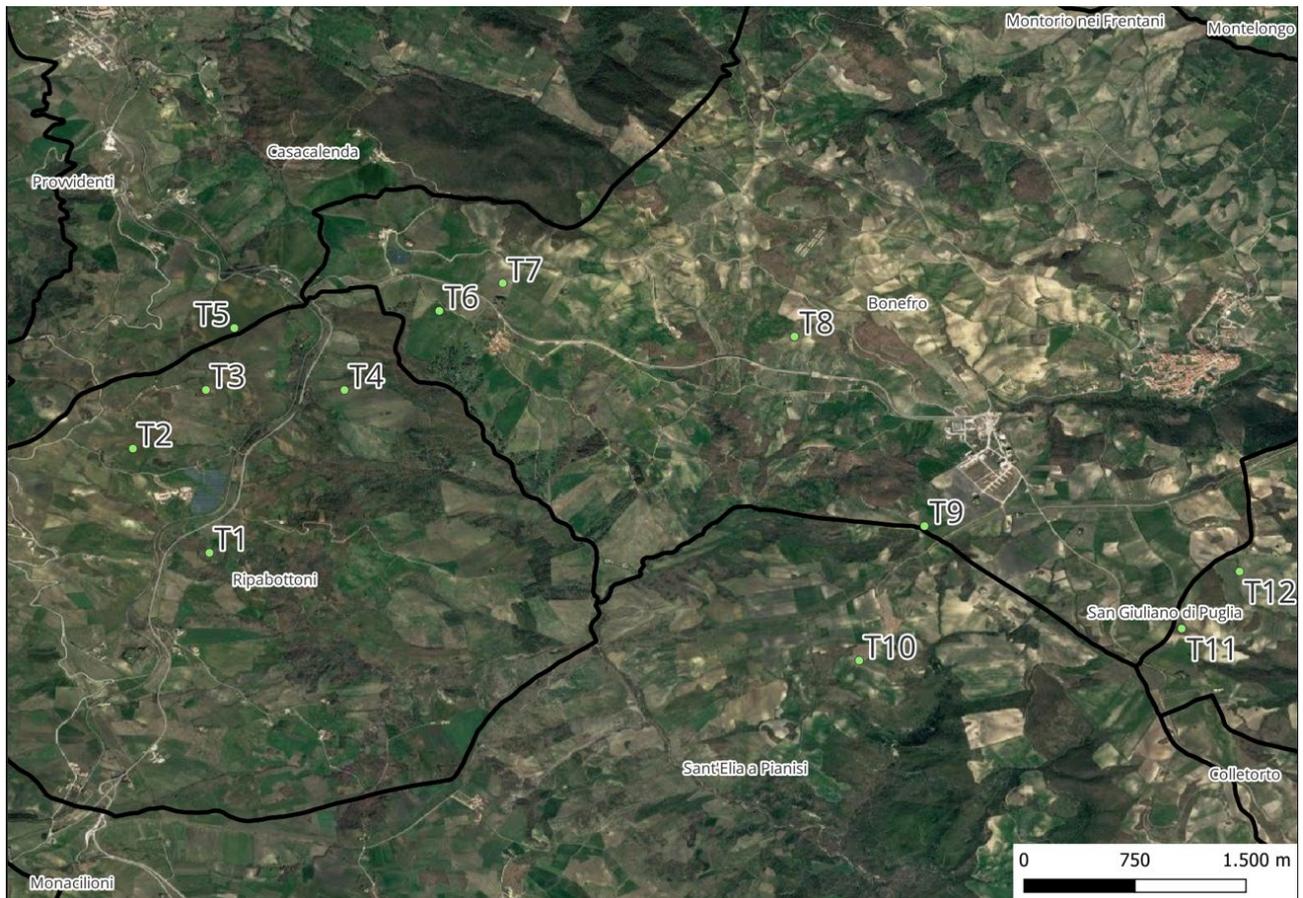
**Figura 2-1: Inquadramento territoriale dell'impianto Energia Molise**

L'impianto eolico Energia Molise è situato in una zona prevalentemente collinare caratterizzata da un'altitudine media pari a circa 670 m.s.l.m.

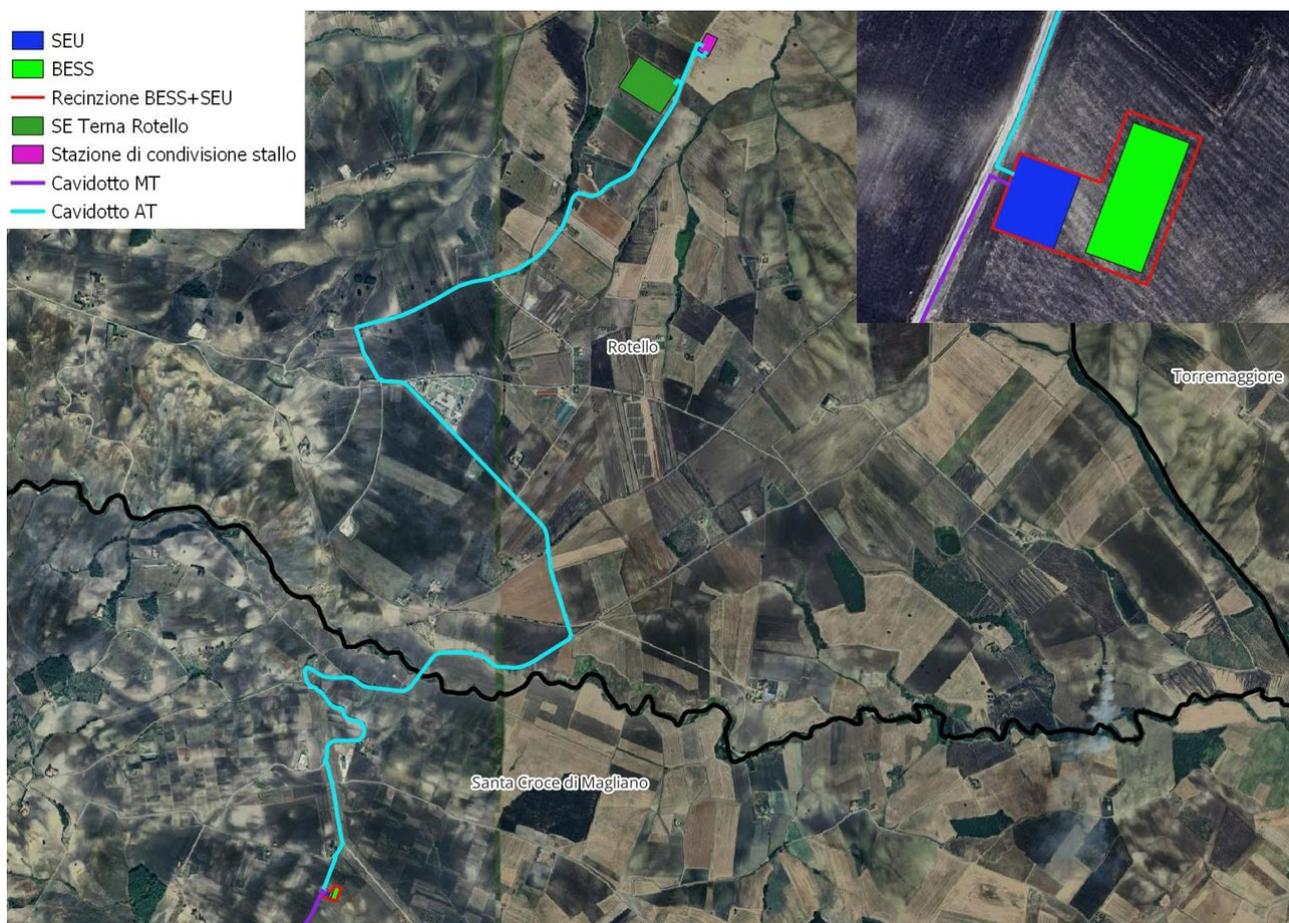
Gli aerogeneratori di progetto ricadono all'interno di:

- Bonefro – foglio catastale 15, 17, 24;
- Casacalenda – foglio catastale 68;
- Ripabottoni – foglio catastale 4, 5, 6, 13;
- Sant'Elia a Pianisi – foglio catastale 11;
- San Giuliano di Puglia – foglio catastale 5, 14.

In Figura 2-2 e Figura 2-3 sono riportati gli inquadramenti territoriali su ortofoto rispettivamente degli aerogeneratori e delle opere elettriche connesse in progetto.



**Figura 2-2: Inquadramento su ortofoto dell'area dell'impianto Energia Molise nel suo stato di progetto**



**Figura 2-3: Inquadramento su ortofoto delle opere elettriche connesse in progetto**

Si riporta in formato tabellare un dettaglio sulla localizzazione delle turbine eoliche di nuova costruzione, in coordinate WGS84 UTM fuso 33 N:

**Tabella 2-1: Localizzazione geografica degli aerogeneratori di nuova costruzione**

ID	Comune	Est [m]	Nord [m]
T1	Ripabottoni	487896	4615248
T2	Ripabottoni	487381	4616195
T3	Ripabottoni	487875	4616727
T4	Ripabottoni	488810	4616724
T5	Casacalenda	488067	4617288
T6	Bonefro	489452	4617442
T7	Bonefro	489880	4617692
T8	Bonefro	491849	4617206
T9	Bonefro	492725	4615485
T10	Sant'Elia a Pianisi	492283	4614265
T11	San Giuliano di Puglia	494461	4614553
T12	San Giuliano di Puglia	494852	4615071

## 3 MODELLO DI CALCOLO

La presente stima della producibilità attesa è stata effettuata tramite il modello di calcolo VENTOS/2 CFD.

Esso riceve come input il modello orografico, la rugosità superficiale, i dati di vento e il modello di aerogeneratore considerato.

### 3.1 Modello digitale del terreno

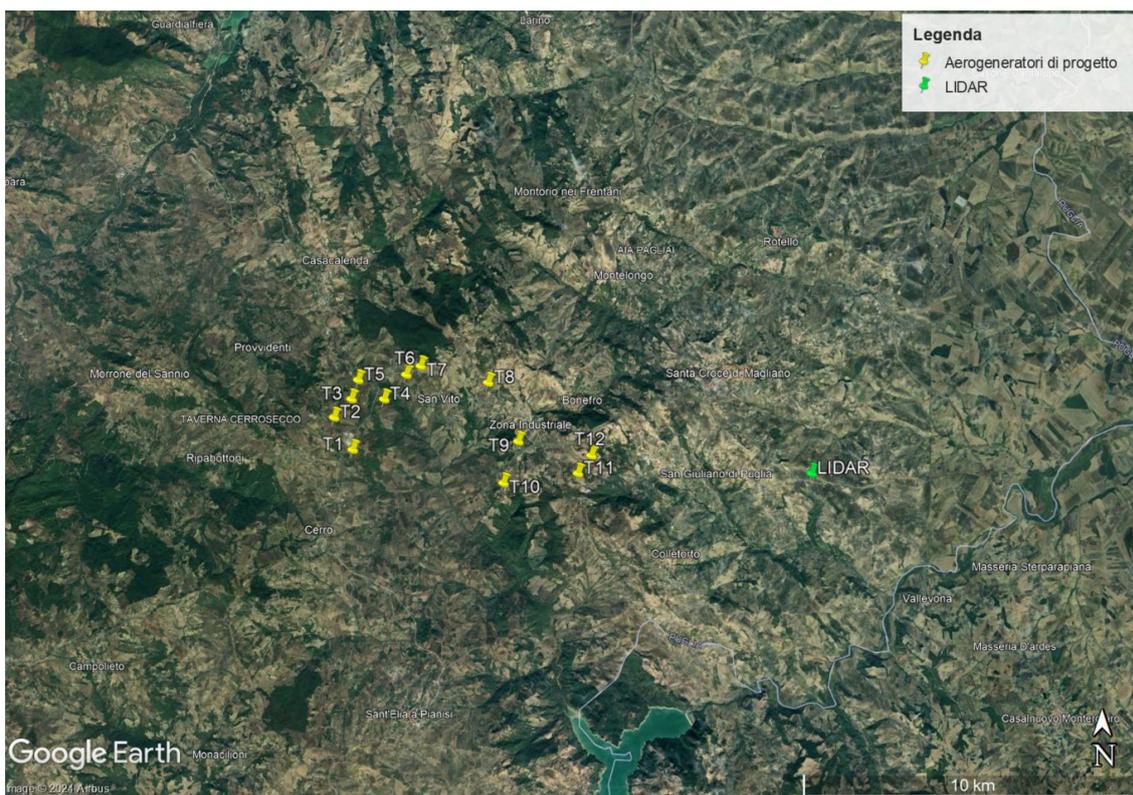
Come accennato il modello di calcolo richiede come input il modello territoriale del sito, altimetria e rugosità superficiale, in modo da poter descrivere il modello fluidodinamico del sito stesso. Come orografia del territorio, caratterizzata da un'altitudine compresa tra 600 m s.l.s. e 750 m s.l.s, sono state utilizzati i dati derivati dal database STRM 3.

Infine, i dati di rugosità superficiale derivano dal database Corine Land Cover 2006.

### 3.2 Caratterizzazione anemologica

#### 3.2.1 Dati anemometrici

I dati di vento utilizzati provengono da una campagna di misura effettuata tramite un'unità LIDAR (ZX Lidars, ZX300) situata nel comune di San Giuliano.

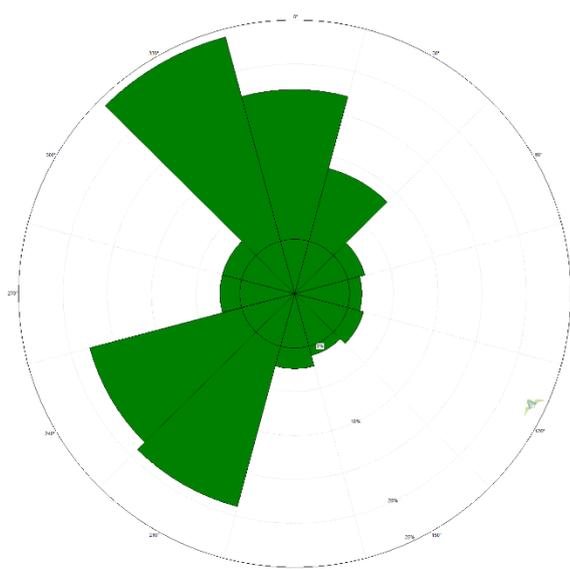


**Figura 3-1: Posizionamento del sistema Lidar rispetto agli aerogeneratori di progetto**

L'unità Lidar è distante circa 11 km rispetto al centro dell'impianto in oggetto.

Il range di dati utilizzati è pari a 13 mesi, dal 31/12/2022 al 24/02/2023, a diverse altezze di misura.

La velocità media risultante ad un'altezza pari a 100 m s.l.s. è pari a 6,4 m/s, mentre le direzioni prevalenti del vento risultanti sono Nord ovest (settore 210°) e Sud Ovest (settore 330°), come visibile dalla seguente figura.

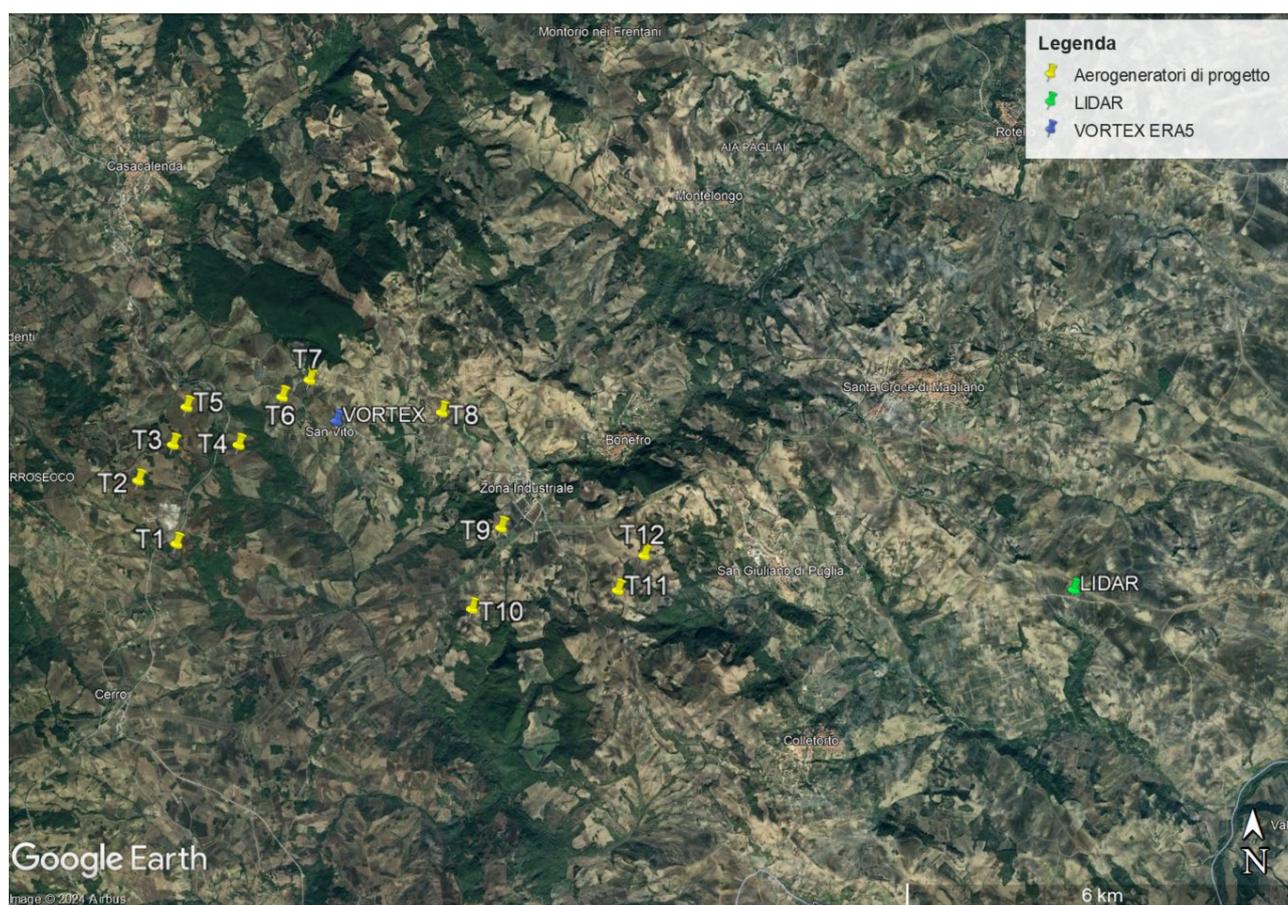


**Figura 3-2: Rosa dei venti risultante dai dati anemometrici LIDAR**

### 3.2.2 Dati di lungo termine e analisi MCP

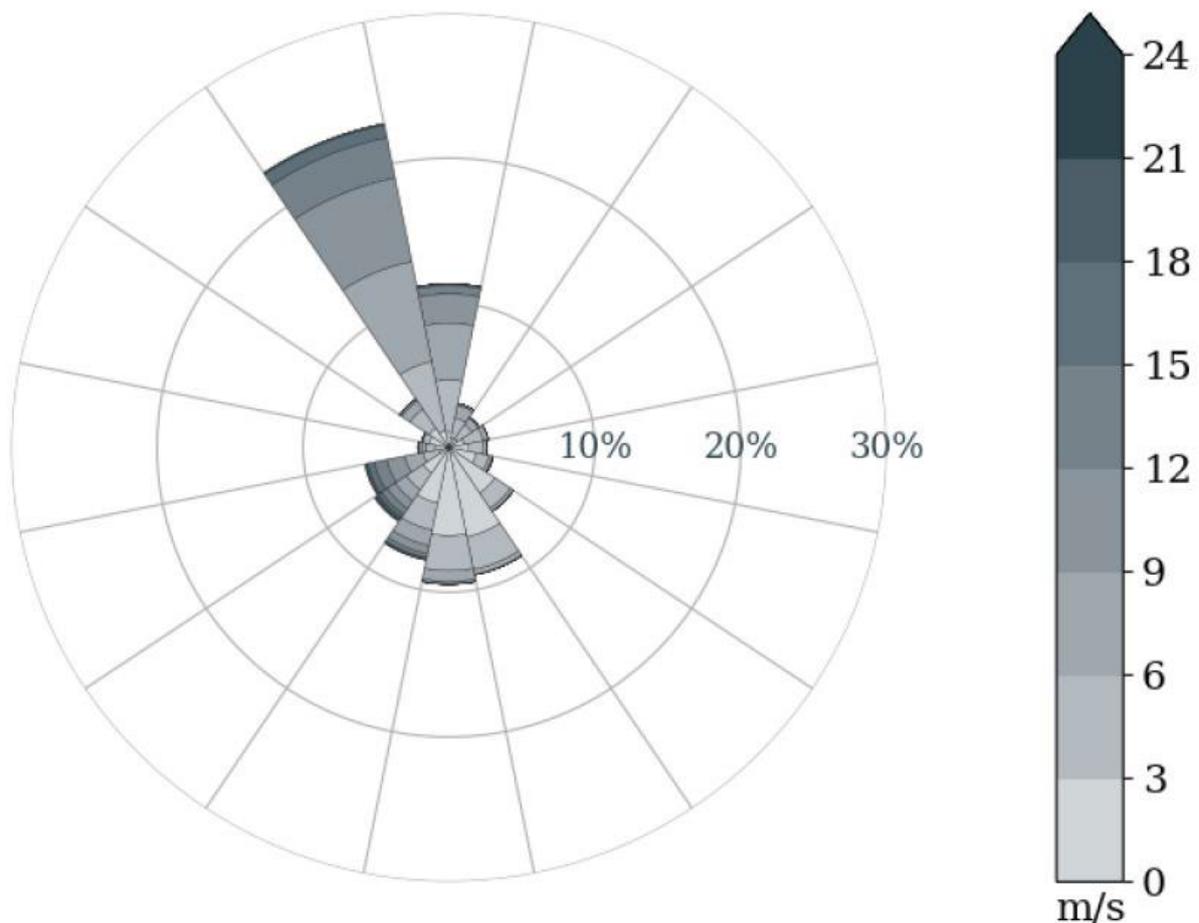
Per stimare la velocità media del vento nel corso di tutta la durata della vita utile del progetto è necessario correlare i dati misurati in sito con dati a lungo termine misurati presso una stazione meteorologica (di riferimento) e/o un set di dati di rianalisi caratterizzati da un periodo di misura tale da essere considerato rappresentativo, tramite il metodo "Misurare-Correlare-Prevedere" (MCP).

Il dataset di rianalisi di lungo termine utilizzato per l'analisi MCP è VORTEX ERA 5, sviluppato da VORTEX. Il dataset copre un intervallo temporale che va dal 2000 al 2023 ed è composto da dati orari di velocità e direzione del vento ad un'altezza di 100 m s.l.s. Il nodo del dataset selezionato si trova nei pressi dell'impianto come mostrato di seguito.



**Figura 3-3: Posizionamento del sistema Lidar e del nodo del dataset VORTEX ERA5 rispetto agli aerogeneratori di progetto**

La velocità media del vento risultante dall'analisi MCP, ad un'altezza di 100 m s.l.s., è pari a 6,8 m/s, mentre la rosa dei venti risultante è mostrata in Figura 3-4.



**Figura 3-4: Rosa dei venti risultante dall'analisi MCP**

La direzione prevalente del vento è Nord Ovest.

### 3.2.3 Estrapolazione dei dati di vento

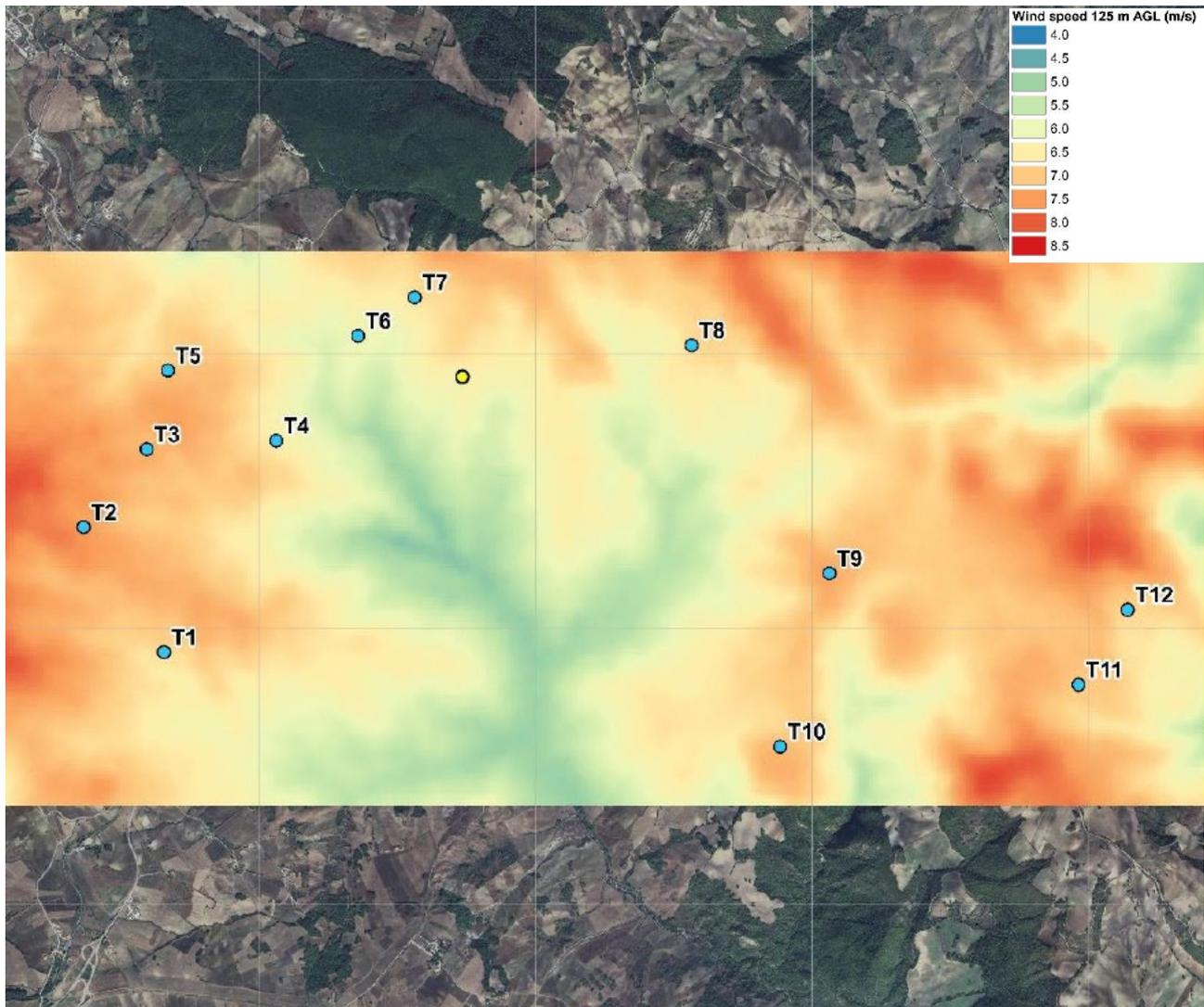
I dati di vento sono estrapolati orizzontalmente su tutta l'area investigata in accordo con la rosa dei venti ottenuta a valle dell'analisi MCP e in base al modello digitale del terreno descritto al paragrafo 3.1, e verticalmente in base alla "Power law" indicata di seguito:

$$\alpha = \frac{\ln\left(\frac{v_1}{v_2}\right)}{\ln\left(\frac{h_1 - d}{h_2 - d}\right)}$$

Dove  $\alpha$  è il coefficiente di wind shear,  $v_1$  e  $v_2$  sono le velocità medie misurate rispettivamente all'altezza  $h_1$  e  $h_2$ . Il coefficiente medio di wind shear estrapolato dal modello di calcolo in base alle diverse altezze di misura dello strumento LIDAR è pari a 0.1.

A seguito dell'estrapolazione verticale, la velocità media di lungo termine all'altezza del mozzo di 125 m s.l.s. in corrispondenza del nodo VORTEX risulta pari a 6,95 m/s.

Di seguito è mostrata la mappa di vento dell'area indagata all'altezza di mozzo 125 m s.l.s.



*Figura 3-5: Mappa del vento ad un'altezza pari a 125 m s.l.s.*

### 3.3 Aerogeneratore di riferimento

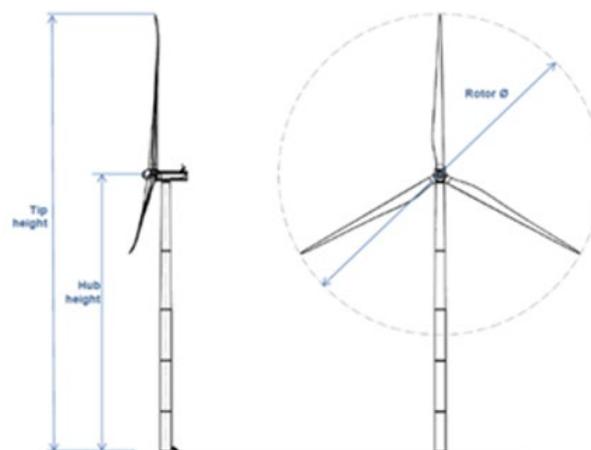
Gli aerogeneratori che verranno installati nel nuovo impianto oggetto di questo studio saranno selezionati sulla base delle più innovative tecnologie disponibili sul mercato. La potenza nominale delle turbine previste sarà fino a 6,2 MW. Il tipo e la taglia esatta dell'aerogeneratore saranno comunque individuati in seguito della fase di acquisto della macchina e verranno descritti in dettaglio in fase di progettazione esecutiva. Durante l'esercizio dell'impianto, verranno effettuate regolazioni di potenza sugli aerogeneratori tali da ridurre il valore al di sotto di quello nominale. Pertanto, tali regolazioni consentiranno di mantenere una potenza complessiva di 72 MW.

Si riportano di seguito le principali caratteristiche tecniche di un aerogeneratore con potenza nominale pari a 6,2 MW:

Potenza nominale	6,2 MW
Diametro del rotore	162 m
Lunghezza della pala	79,35 m
Corda massima della pala	4,3 m
Area spazzata	20.612 m <sup>2</sup>
Altezza al mozzo	125m
Classe di vento IEC	S
Velocità cut-in	3 m/s
V nominale	10 m/s
V cut-out	25 m/s

**Tabella 3-1: Caratteristiche dei nuovi aerogeneratori**

Nell'immagine seguente è rappresentata una turbina con rotore di diametro fino a 162 m e potenza fino a 6,2 MW:



Diametro rotore (Rotor  $\Phi$ ) 162m  
 Altezza mozzo (Hub height) 125m  
 Altezza massima 206m

**Figura 3-3-6: Vista e caratteristiche di un aerogeneratore da 6,2 MW**

Ogni aerogeneratore è equipaggiato di generatore elettrico sincrono permanente, che converte l'energia cinetica in energia elettrica ad una tensione nominale di 690 V. È inoltre presente su ogni macchina il trasformatore BT/MT per l'innalzamento della tensione di esercizio.

## 4 STIMA DELL'ENERGIA EOLICA

In Tabella 4-1 vengono mostrati i risultati ottenuti tramite la modellazione in termini di energia eolica annuale P50 al netto delle perdite di scia e delle perdite tecniche, quali indisponibilità degli aerogeneratori, perdite elettriche, perdite di performance delle turbine e perdite di ambiente.

**Tabella 4-1: Risultati stima energia eolica annuale P50 lorda**

Caratteristica	Valore
Potenza installata	72 MW
Energia prodotta lorda P50	227,3 GWh
Perdite di scia complessive (wake losses)	2,4%
Perdite di disponibilità	3,9%
Perdite elettriche	2,0%
Perdite di performance WTG	2,6%
Perdite di ambiente	1,1%
Energia prodotta netta P50	201,4 GWh
Ore equivalenti P50 nette	2797

È stato riportato il percentile P50. Esso rappresenta il valore a cui corrisponde il 50% di probabilità di ottenere, nella realtà, un valore maggiore o uguale a quello riportato.

Al percentile riportato, si stima che l'impianto eolico potrà produrre 201,4 GWh all'anno, per un totale di 2797 ore equivalenti. Il sito è caratterizzato da ottimi valori di ventosità che garantiscono un'elevata producibilità.