

**PROVINCIA DI AGRIGENTO**  
**COMUNI DI PALMA DI MONTECHIARO E LICATA**

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO  
E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI  
PALMA DI MONTECHIARO E LICATA (AG) COMPOSTO DA 8  
AEROGENERATORI DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 48 MW



*Committente*

**Edison Rinnovabili S.p.A.**

Foro Buonaparte, 31  
20121 Milano



Elaborazione

**DCC s.r.l.**  
**Development**  
**Consulting**  
**Company**

DCC srl - Via Edmondo De Amicis, 15 - 90143  
Palermo (PA)  
Cap. Soc. € 10.000,00 i.v. Registro Imprese  
CCIAA Palermo ed Enna  
C.F. e P.IVA 06948730822 email:  
[dccsrl2050@gmail.com](mailto:dccsrl2050@gmail.com)  
Mobile: +39 3666609133

Progettista

**Ing. Leonardo Trubia**  
Via Leone XIII, 50 - 90020 Castellana Sicula  
Tel. 0921 562456  
e-mail [leotrubia@libero.it](mailto:leotrubia@libero.it)

TAVOLA

OGGETTO:

PRORL0025

Relazione Anemologica

SCALA:

-

NOME FILE: PRORL0025 – Relazione Anemologica

DATA 01 DICEMBRE 2023

Proponente:

Coordinatori:

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	EMISSIONE	01/12/2023	Ing. Leonardo Trubia	DCC S.r.l.	Edison Rinnovabili S.p.A.

**PROGETTO DI PARCO EOLICO DI  
PALMA DI MONTECHIARO  
COMUNI DI PALMA DI MONTECHIARO E LICATA (AG)  
RELAZIONE DATI DI VENTO E VALUTAZIONE DELLA PRODUZIONE ATTESA**

---

Rev.	Descrizione e motivazioni della revisione	Emesso	Approvato
0	Prima Emissione 30/11/2023	<i>Tecnologie Eoliche</i>	<i>Tecnologie Eoliche</i>

## INDICE

<b>PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>1. MATERIALE UTILIZZATO</b> .....	<b>4</b>
<b>1.1 Dati di vento</b> .....	<b>5</b>
<b>1.2 Layout d’impianto</b> .....	<b>6</b>
<b>1.3 Aerogeneratori</b> .....	<b>7</b>
<b>2 TRATTAMENTO DEI DATI ANEMOMETRICI</b> .....	<b>8</b>
<b>2.1 Dati anemometrici in input al modello</b> .....	<b>9</b>
<b>2.2 Impostazione del modello</b> .....	<b>10</b>
<b>3 VALUTAZIONE DELLA PRODUZIONE NETTA ATTESA</b> .....	<b>11</b>
<b>3.1 Produzione attesa al netto delle perdite</b> .....	<b>11</b>
<b>4 CONCLUSIONI</b> .....	<b>13</b>

## PREMESSA

---

Il Progetto eolico di Palma di Montechiaro è situato nei comuni di Palma di Montechiaro e Licata, in provincia di Agrigento, in una regione a forte vocazione eolica.

Il nuovo impianto sarà composto da 8 aerogeneratori di potenza nominale unitaria fino a 6 MW per una potenza complessiva di 48 MW. A titolo esemplificativo, perché dipendente dalle condizioni di mercato, è stato considerato un modello di aerogeneratore caratterizzato da un diametro di rotore di 155 m e un'altezza al mozzo di 102,5 m, per un'altezza massima al tip (mozzo + pala) di 180 m. In generale, l'altezza mozzo potrà essere considerata fino a 105 m al variare del modello di aerogeneratore, tenendo fermo il tip a 180 m.

Il gruppo Edison ha realizzato numerosi parchi eolici in regione Sicilia e ha effettuato analisi anche della zona del progetto di Palma di Montechiaro e delle zone circostanti, sviluppando una conoscenza approfondita dell'area, che si conferma essere caratterizzata da buona ventosità.

## 1. MATERIALE UTILIZZATO

---

Il materiale utilizzato ai fini della presente valutazione di produzione attesa si compone dei seguenti elementi:

- dati di vento, raccolti da rete satellitare rielaborati con modello LES. La proponente ha intenzione di effettuare una campagna di misura tramite stazione anemometrica tralicciata o mediante strumento LIDAR (disponibile anche di proprietà)
- layout d’impianto composto da n°8 posizioni
- modello di aerogeneratore di grande taglia con il quale realizzare la stima di produzione, ovvero, a titolo esemplificativo, modello Siemens-Gamesa SG155 da 6 MW con altezza mozzo pari a 102,5 m
- modello tridimensionale del terreno con curve di livello equidistanti 10m e rugosità del terreno.

## 1.1 DATI DI VENTO

I dati di vento in possesso e utili per la valutazione della produzione attesa dell'impianto sono serie temporali della rete satellitare ERA5 portate nel punto di progetto sottoindicato tramite modello fluidodinamico LES (Large Eddy Simulation). Questi dati sono riferiti a un punto a una distanza tra 0,2 e 2 km dalle posizioni previste per gli aerogeneratori del layout di impianto.

Di seguito la denominazione dei punti di misura, con codice e posizione:

Nome Punti di misura	Codice Punto di Misura	H Torre m s.l.s.	Coordinate UTM-WGS84- Fuso 33		Altitudine s.l.m.
			Longitudine E	Latitudine N	
LES PALMA DI MONTECHIARO	LES	100	391882	4118407	403

I dati di vento sopra indicati sono già intrinsecamente storicizzati, in quanto derivati da serie di dati pluriennali.

Qui sotto sono presentate le velocità medie delle fonti di dati considerate per l'analisi e per definire la climatologia nel modello.

Nome Punto di misura	Codice Stazione	H Torre s.l.s.	V <sub>media</sub> m/s
LES PALMA DI MONTECHIARO	LES	100	6,6

La proponente ha intenzione di effettuare una campagna di misura tramite stazione anemometrica tralicciata o mediante strumento ottico LIDAR (disponibile anche di proprietà). Potranno essere quindi disponibili ulteriori dati misurati in sito.

## 1.2 LAYOUT D'IMPIANTO

Il layout d'impianto in progetto (Palma di Montechiaro, in giallo le posizioni degli aerogeneratori previsti) e i punti di misura sono riportati su ortofoto nella figura seguente.



Non ci sono aerogeneratori di terzi in esercizio entro la distanza di 1,5-2 km dalle posizioni del layout di Palma di Montechiaro oggetto della presente relazione. Oltre questa distanza, maggiore di 10 diametri di rotore, eventuali effetti di scia vengono considerati trascurabili.

### 1.3 AEROGENERATORI

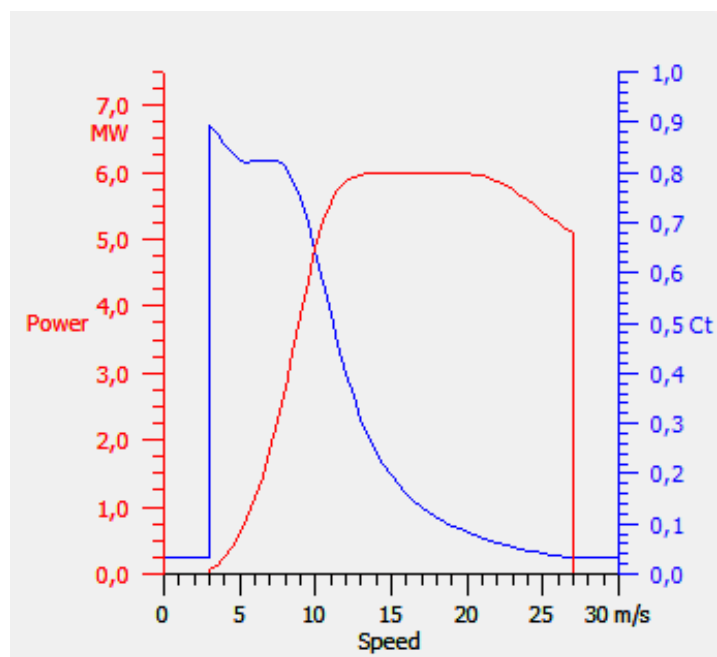
A titolo esemplificativo, il modello di aerogeneratore utilizzato per la valutazione della produzione attesa dell'impianto è il seguente:

Costruttore	Modello	Diametro rotore (m)	Potenza nominale (MW)	H di mozzo (m)	Classe IEC
Siemens-Gamesa	SG155	155	6	102,5	IIA

La curva di potenza utilizzata è relativa alla densità dell'aria di 1.225 Kg/m<sup>3</sup> corrispondente alla quota altimetrica del mare. Successivamente il codice di calcolo WAsP calcola la densità dell'aria nelle posizioni del layout di impianto.

Nelle figure sottostanti sono rappresentate nel loro sviluppo sia la curva di potenza (P) che la curva di spinta (Ct) per la determinazione delle perdite per effetto scia al variare della velocità del vento.

Velocità (m/s)	Potenza (MW)	Ct
3	0,047	0,894
4	0,252	0,856
5	0,613	0,825
6	1,128	0,821
7	1,840	0,825
8	2,775	0,811
9	3,862	0,748
10	4,877	0,643
11	5,557	0,518
12	5,865	0,401
13	5,966	0,310
14	5,992	0,243
15	5,998	0,196
16	6,000	0,160
17	6,000	0,133
18	6,000	0,113
19	5,996	0,096
20	5,983	0,083
21	5,944	0,072
22	5,864	0,062
23	5,739	0,054
24	5,578	0,047
25	5,405	0,041
26	5,240	0,036
27	5,104	0,032



**Figura I - Curva di potenza e Ct dell'aerogeneratore Siemens-Gamesa SG155 6MW**



## 2 TRATTAMENTO DEI DATI ANEMOMETRICI

---

I dati anemometrici disponibili per la valutazione della produzione attesa per il progetto eolico sono quelli del punto di misura LES nella zona dell'impianto. In futuro potranno essere disponibili anche dati provenienti da una stazione anemometrica tralicciata o da strumento LIDAR, che la proponente ha intenzione di installare in sito.

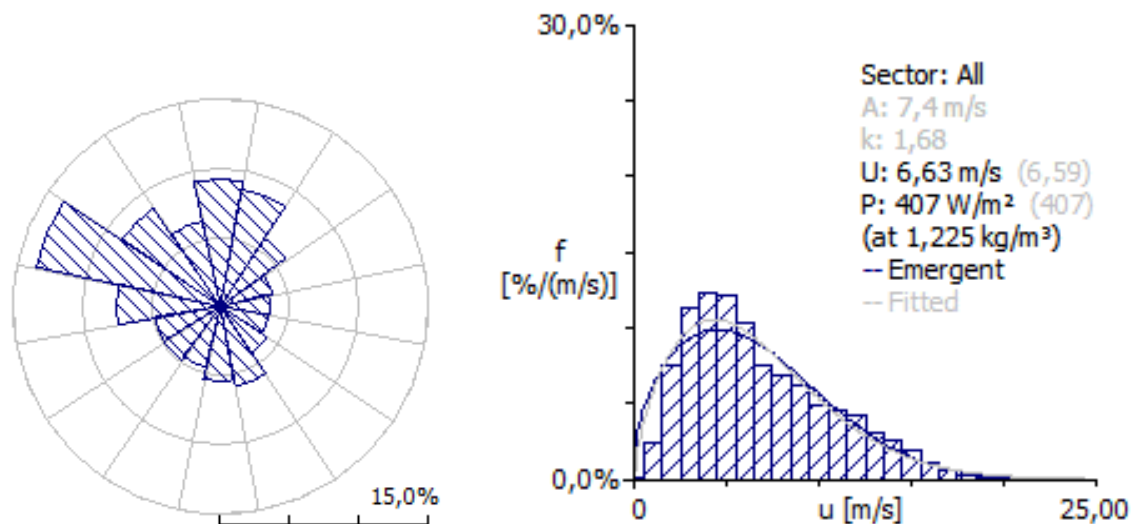
Per l'analisi del gradiente del vento con l'altezza dal suolo si sono potuti analizzare i valori di misura a varie altezze delle serie di dati LES. I dati LES forniscono valori fino ad altezze superiori all'altezza di punta pala.

## 2.1 DATI ANEMOMETRICI IN INPUT AL MODELLO

La valutazione di produzione attesa è stata effettuata sulla base dei dati anemometrici, disponibili già all'altezza di mozzo dell'aerogeneratore considerato per la stima della produzione energetica.

I dati LES sono intrinsecamente storicizzati, pertanto non è necessario eseguire una correlazione di lungo periodo.

Sotto è rappresentata la rosa del vento a 100 metri dal suolo nella posizione del punto di misura LES Palma di Montechiaro.



## **2.2 IMPOSTAZIONE DEL MODELLO**

È stato considerato un valore di densità dell'aria pari a  $1,15 \text{ kg/m}^3$ , sulla base dei dati LES e di modelli basati sui parametri atmosferici del sito.

È stato usato un modello per l'estrapolazione orizzontale dei valori di ventosità a partire dai punti di misura, che considera l'orografia e la rugosità del terreno.

La stima della produzione è stata effettuata utilizzando la curva di potenza dell'aerogeneratore di riferimento di cui al paragrafo 1.3.

Sono stati stimati gli effetti di scia utilizzando modelli standard, e gli altri parametri di simulazione sono stati impostati sui valori standard secondo lo stato dell'arte del settore eolico.

### 3 VALUTAZIONE DELLA PRODUZIONE NETTA ATTESA

La produzione attesa per l'impianto in oggetto è stata valutata in rapporto al modello di aerogeneratore indicato nel paragrafo 1.3.

La produzione attesa tiene conto delle perdite per la densità dell'aria alla quota del sito e delle perdite per effetto scia che si genera internamente tra gli aerogeneratori dell'impianto.

#### 3.1 PRODUZIONE ATTESA AL NETTO DELLE PERDITE

Il valore di produzione netta attesa viene ottenuto dal processo di calcolo illustrato nei paragrafi precedenti e tiene conto, oltre alle perdite dovute alla scia degli aerogeneratori e alla densità dell'aria alla quota del sito, (i) delle perdite elettriche, (ii) delle perdite di performance degli aerogeneratori (ad esempio per effetti ambientali, quali la temperatura), (iii) della disponibilità di rete, (iv) delle perdite per *noise and wind sector management* e (v) della disponibilità di aerogeneratori e Balance of Plant (BoP).

Costruttore	Potenza AG	Numero AG	Potenza impianto	H mozzo	Perdite medie scia	Produzione netta (incl. WTG/BoP Av.)		Incertezza - periodo 10 anni
	(MW)	(N)	(MW)	(m)	%	(GWh/y)	(ore/y)	%
Siemens-Gamesa SG155	6	8	48	102,5	5,8%	114,8	2392	18
<i>Riferimento modello Atlante Eolico V136</i>	3,45	8	27,6	100	4,6%	77,5	2809	16

Nella tabella sopra è presentata anche la stima di produzione - nelle medesime posizioni di progetto e con la stessa base di dati di vento - ipotizzando il modello di aerogeneratore Vestas V136 da 3,45MW, il quale è tra i modelli teorici di riferimento, utilizzati dall'Atlante Eolico RSE per la stima delle ore equivalenti indicative di un'area geografica (ore equivalenti net P50). Le ore equivalenti non sono un valore misurato ma rappresentano un parametro dipendente dal modello di aerogeneratore considerato, dalla sua curva di potenza e dal rapporto tra il suo diametro e il valore di potenza nominale. Il progetto di Palma di Montechiaro si attesta su valori di ore equivalenti net P50 superiori a 2150, anche utilizzando nel calcolo il modello di aerogeneratore V136 3,45MW con riferimento all'Atlante Eolico RSE.

I valori delle perdite elettriche, di performance degli aerogeneratori e delle altre perdite sono basati su valori medi relativi a impianti in esercizio della proponente di simile potenza elettrica complessiva.

**La valutazione nella presente relazione è soggetta a significativa incertezza in quanto al momento è basata su dati satellitari. Una campagna di misura strumentale in sito tramite stazione anemometrica o sistema LIDAR potrà affinare l'analisi.**

Nella tabella sotto sono indicate le stime di produzione annua lorda di ogni singolo aerogeneratore, e i medesimi valori decurtati delle perdite di scia.

Aerogeneratore	Produzione annua lorda [GWh]	Produzione annua lorda - scie [GWh]	Perdite di scia [%]
PdM_01	16,2	15,6	4,1
PdM_02	19,0	17,5	7,5
PdM_03	17,1	16,2	5,3
PdM_04	15,8	15,2	4,3
PdM_05	17,8	17,2	3,6
PdM_06	17,6	16,0	8,9
PdM_07	16,5	15,5	5,8
PdM_08	16,9	15,7	6,6
<b>Parco eolico</b>	<b>136,9</b>	<b>129,0</b>	<b>5,8%</b>

## 4 CONCLUSIONI

---

Con il presente rapporto sono stati determinati i risultati di preliminare stima della produzione attesa dell'impianto eolico di Palma di Montechiaro, ubicato in Sicilia, in Provincia di Agrigento, nei Comuni di Palma di Montechiaro e Licata.

L'attività è iniziata con la validazione e l'analisi statistica dei dati disponibili. Come prossimo passaggio potranno essere disponibili dati rilevati dalla stazione di misura (stazione anemometrica o LIDAR) da installare in sito. È stata considerata la ventosità di lungo periodo mediante l'utilizzo di dati satellitari intrinsecamente correlati con serie pluriennali di dati ed è stato messo a punto un modello di calcolo per l'estrapolazione verticale ed orizzontale della ventosità nell'area del layout di progetto.

Il calcolo della produzione attesa media ( $P_{50\%}$ ) è stato effettuato sulla base di tutti i dati disponibili, utilizzando al meglio il codice di calcolo numerico e, nel caso in cui il processo offriva la possibilità di più scelte alternative, adottando i criteri di calcolo ritenuti più verosimili per le caratteristiche specifiche del sito e/o maggiormente conservativi, allo scopo di ridurre il rischio di sopravvalutazione della produzione.