

**IMPIANTO EOLICO BAULADU
COMUNE DI BAULADU (OR)
REGIONE SARDEGNA**

VALUTAZIONE DELLA PRODUZIONE ATTESA

INDICE

PREMESSA	3
1. MATERIALE UTILI ALLA VALUTAZIONE.....	4
1.1 Dati di vento disponibili.....	5
1.2 Layout d'impianto	5
1.3 Aerogeneratore ipotizzato	6
1.4 Modello territoriale	7
2 TRATTAMENTO DEI DATI ANEMOMETRICI	8
3 MODELLO DI CALCOLO	9
3.1 Dati anemometrici in input al modello.....	9
4 VALUTAZIONE DELLA PRODUZIONE LORDA ATTESA	11
4.1 Produzione lorda attesa.....	11
4.2 Produzione attesa al netto delle perdite	12
5 CONCLUSIONI	13

PREMESSA

La Società SORGENIA RENEWABLES S.r.l, intende costruire un parco eolico in una zona del comune di Bauladu (OR), nella Regione Sardegna, composto da n. 9 aerogeneratori da 6,2 MW di potenza nominale, per una potenza complessiva di 54 MW oltre a sistema di accumulo BESS da 15 MW.

Il presente studio ha come scopo la definizione della stima di produzione attesa di lungo periodo del progetto.

L'attività è consistita anzitutto nell'esame dei dati disponibili di ventosità, da cui dedurre le eventuali incertezze da applicare alla stima, quindi nell'analisi e valutazione, con appositi codici di calcolo, della produzione attesa dell'impianto.

1. MATERIALE UTILI ALLA VALUTAZIONE

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

- Serie di dati di vento Vortex, con nodo poco distante dal sito in progetto;
- layout d'impianto composto da n° 9 posizioni;
- modello di aerogeneratore di grande taglia con il quali realizzare la stima di produzione, ovvero il Siemens – Gamesa SG170 da 6,2 MW con altezza del mozzo da 125 m;
- modello tridimensionale del terreno con curve di livello equidistanti 25 m.

1.1 DATI DI VENTO DISPONIBILI

I dati di vento disponibili per la valutazione della produzione attesa dell'impianto corrispondono a quelli di una serie di dati Vortex, con nodo poco distante dall'impianto in progetto.

Di seguito alcune informazioni della serie di dati anemometrici:

Nome Serie di dati	Codice Vortex	H Torre s.l.s.	Distanza dal sito Km
VORTEX	VRX	115	~ 8

Il periodo di dati della serie è indicato nella tabella seguente.

Nome Serie di dati	Codice Vortex	Periodo di rilevazione		N° mesi
		Data inizio	Data fine	
RIFERIMENTO 1	RIF1	01/2000	01/2022	~264

1.2 LAYOUT D'IMPIANTO

Nella tabella sono riportate le posizioni fornite per i n° 9 aerogeneratori d'impianto:

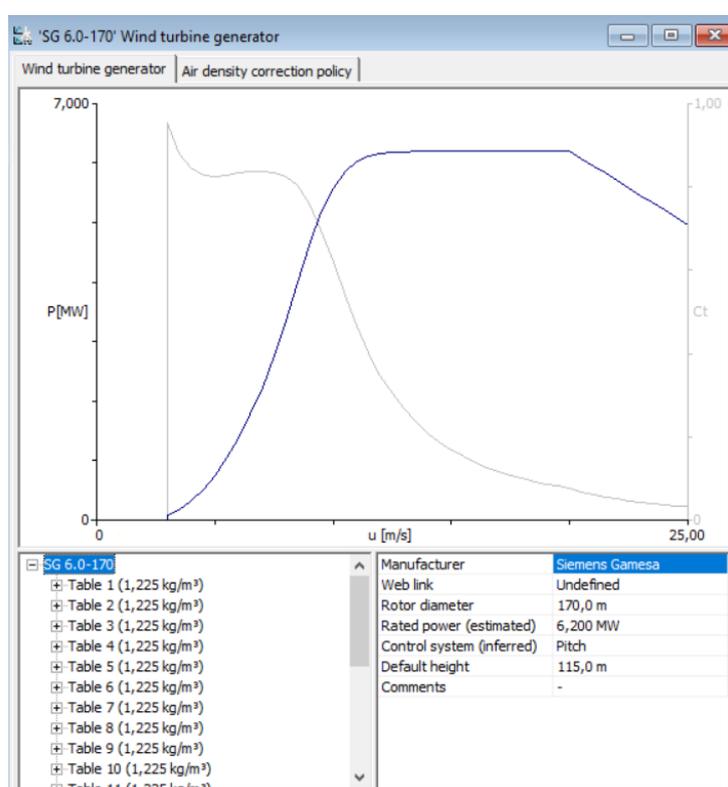
Coordinate Gauss Boaga- Fuso Est		
AG	Longitudine X	Latitudine Y
BA01	473640	4429281
BA02	474611	4429561
BA03	474916	4430235
BA04	474485	4429036
BA05	474109	4431045
PA06	475311	4430702
PA07	475282	4431748
PA08	476796	4432459
PA09	475984	4431034

1.3 AEROGENERATORE IPOTIZZATO

Il modello di aerogeneratore 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	SG170	170	6,2	125	S

Nella figura sottostante 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.

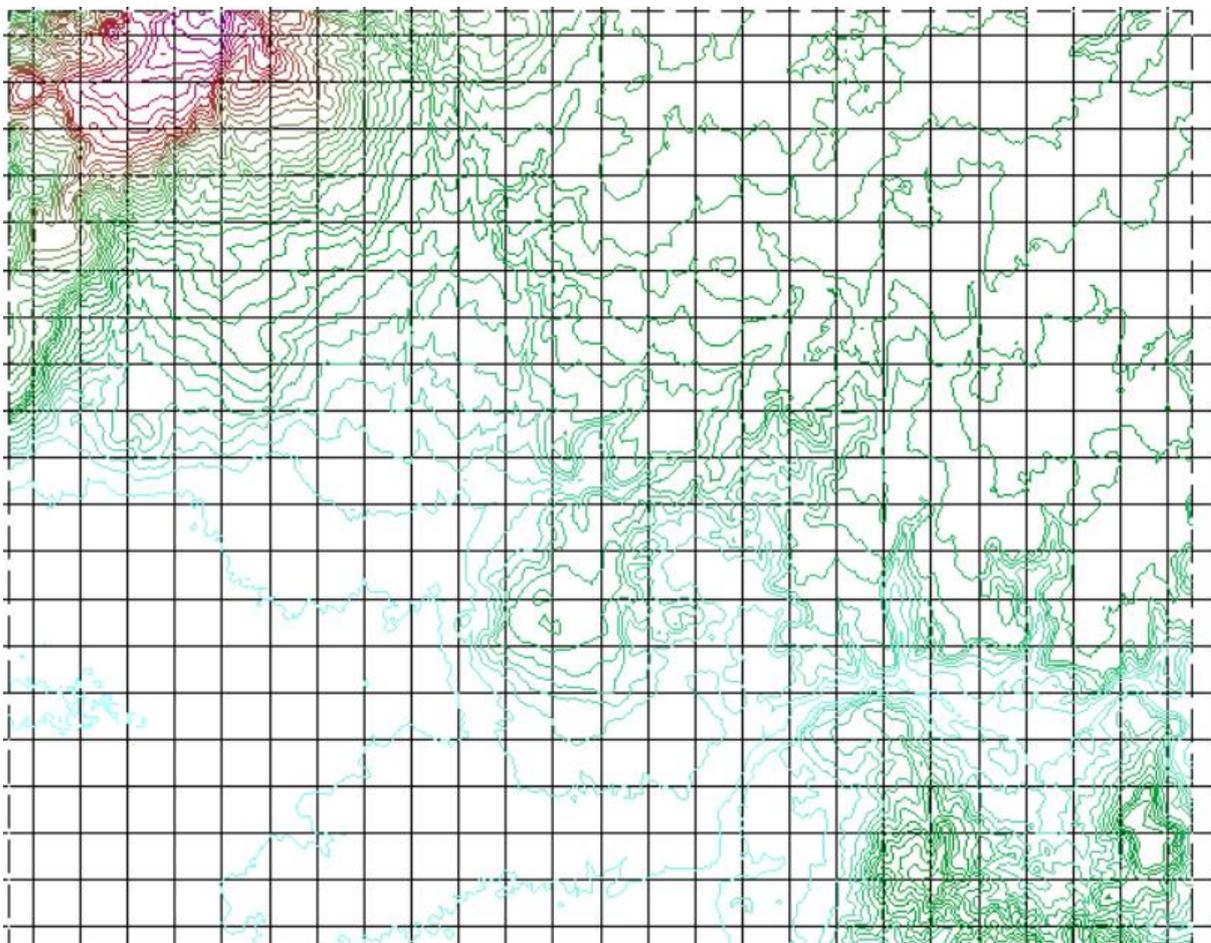


SIEMENS - GAMESA SG170 (6200 kW)
Densità dell'aria di 1,225 kg/m³

Speed [m/s]	Power [MW]	Thrust coefficient
3	89	0,914
4	325	0,841
5	758	0,821
6	1376	0,814
7	2230	0,813
8	3351	0,803
9	4617	0,742
10	5584	0,602
11	6028	0,45
12	6161	0,334
13	6192	0,256
14	6199	0,202
15	6200	0,163
16	6200	0,134
17	6200	0,113
18	6200	0,097
19	6200	0,084
20	6200	0,075
21	5956	0,059
22	5708	0,05
23	5460	0,043
24	5212	0,037
25	4464	0,032

1.4 MODELLO TERRITORIALE

Per l'area d'impianto si è utilizzato un modello tridimensionale del terreno con curve di livello equidistanti a 25 m.



Modello digitale del terreno, con aggiunta la rugosità, e parametri dimensionali

2 TRATTAMENTO DEI DATI ANEMOMETRICI

I risultati finali ottenuti dall'elaborazione dei dati sono sinteticamente riportati nella seguente tabella:

Codice Vortex	H anemometro	Periodo di rilevazione	Disponibilità dati validi	Velocità media	Energia	Parametri della distribuzione di Weibull		Gradiente al suolo
	(m)	(mesi)	(%)	(m/s)	(w/m ²)	Vc (m/s)	k	alfa
VORTEX	115	264	100%	5,45	202	6,3	1,9	0,134

3 MODELLO DI CALCOLO

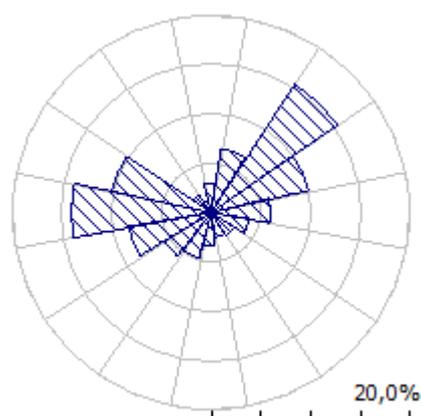
La valutazione di produzione attesa è stata realizzata con il codice di calcolo WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program), versione 12, messo a punto dal Risoe National Laboratory di Danimarca e basato su un modello matematico del flusso del vento.

Il programma utilizza i dati anemologici per calcolare il vento geostrofico (vento indisturbato in quota) per una superficie di diversi km di raggio. Sovrapponendo tale vento al modello tridimensionale del terreno, il programma valuta l'andamento della velocità del vento e più in generale i parametri statistici della distribuzione della velocità in punti arbitrari di tale superficie, tenendo conto della sua natura orografica, della rugosità del terreno e dell'eventuale presenza di ostacoli al flusso del vento. Il campo di velocità fornito dal modello è tridimensionale e ciò consente di disporre in modo naturale anche del profilo della velocità media del vento a varie altezze dal suolo.

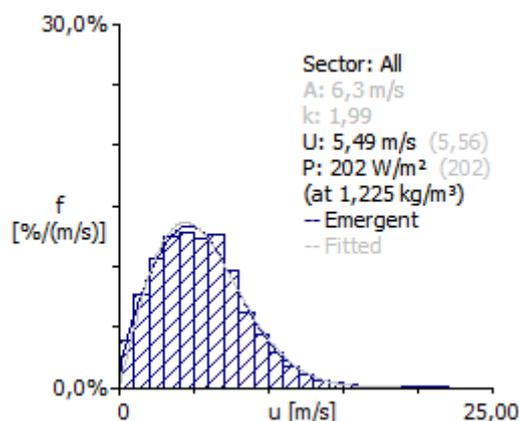
3.1 DATI ANEMOMETRICI IN INPUT AL MODELLO

Il codice di calcolo WAsP utilizza la distribuzione di Weibull per rappresentare i dati di vento e per definire il campo di vento indisturbato sull'area (Atlas). Esso effettua una regressione delle distribuzioni della velocità del vento rilevate per ciascuna direzione e determina i parametri A (valore caratteristico) e k (fattore di forma) della distribuzione di Weibull.

Le figure sottostanti riproducono, per la serie di dati Vortex, la rosa dei venti e la distribuzione di Weibull in ingresso al modello a 115 m con l'extrapolazione al mozzo partendo dalla serie di dati a 100 m e con un gradiente al suolo pari a $\sim 0,13$.



RIF1 – Rosa dei venti



RIF1 - Distribuzione velocità vento

U	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	All
1,0	65,3	36,5	18,2	28,4	46,6	69,9	96,1	86,8	79,6	61,1	40,6	27,6	16,6
2,0	122,5	72,5	40,1	72,3	121,5	148,6	179,8	175	155,7	106,9	79,6	47,1	28,3
3,0	162,7	105,9	70	129,4	181	183,9	221,8	195	168,3	132,5	118,1	92	48,1
4,0	136,5	118,2	115,7	183,5	168,5	152,9	185	166,6	154,4	142,6	152,4	125,8	70,9
5,0	103,5	132,3	153,9	192,5	124	87,1	114	120,9	131,1	132,4	154,6	156,1	101,5
6,0	103,3	124,8	173,7	147,1	77,3	62,6	64,1	90,3	97,4	110,1	141,5	163,6	131,9
7,0	98,5	126,7	176,4	114,3	69,9	62,9	48,6	75,3	77,3	85,4	115,1	179,3	171,9
8,0	77,3	86,3	121,9	66,4	66,6	61,2	38,8	47,6	58,7	68,8	65	105,7	148,8
9,0	45,6	61,3	68,2	34,4	47	48,5	19,8	19,6	35,7	49,1	42,6	43,4	100,9
10,0	36,1	48,8	32,6	17,2	26,7	32,8	8,9	11,5	18,1	41	28,7	26	74,1
11,0	20,7	36,5	17,9	7,4	21,4	23,5	9,6	3,8	10	27	24,2	13,5	47,2
12,0	11,8	21,3	7,6	3,3	16	18,5	6,3	1,2	6,4	17,2	14	7,9	24,6
13,0	7,6	13,5	2,7	1,7	15	17,4	2,6	3,3	3,8	11	10	5,3	14,3
14,0	3	8	0,9	0,9	8,4	12,2	2,2	1,9	2,6	7,5	5,2	2,7	8,1
15,0	1,7	4,9	0,2	0,4	4,2	6,4	1,1	0,5	0,4	3,6	2,8	1,1	4,5
16,0	1,9	1,8	0	0,2	3,1	4,1	1,1	0,5	0,4	2,2	1,9	1,4	2,7
17,0	1,3	0,7	0	0,1	1,3	2,4	0,2	0,2	0	0,8	1,5	0,9	1,8
18,0	0,2	0,1	0	0,1	0,7	2,7	0	0	0	0,1	1,7	0,3	1
19,0	0,2	0	0	0,1	0,3	1,5	0	0	0,2	0,5	0,4	0,2	0,9
20,0	0	0	0	0	0,3	0,2	0	0	0	0,1	0	0,2	1
21,0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0,1	0,4
22,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4
23,0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3
24,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

A and U are given in m/s, P in W/m² and the frequencies of occurrence in per mille and per cent (f).

4 VALUTAZIONE DELLA PRODUZIONE LORDA ATTESA

La produzione attesa per l'impianto in oggetto è stata valutata in rapporto all'aerogeneratore Siemens-Gamesa SG170 da 6,2 MW.

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

4.1 PRODUZIONE LORDA ATTESA

I risultati di produzione lorda attesa sono riportati nella seguente tabella.

**IMPIANTO EOLICO DI BAULADU
N°9 AEROGENERATORI SG170 DA 6,200 MW
H MOZZO 125 M**

Site	Site x	Site y	Elev.	Ht	U	Gross	Net.	Loss	Net.Hours
ID	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[GWh]	[GWh]	[%]	[MWh/MW]
BA01	473640	4429281	189	125	6,15	17,705	16,609	6,2	2679
BA02	474611	4429561	187	125	6,06	17,206	15,610	9,3	2518
BA03	474916	4430235	178	125	5,98	16,725	14,903	10,9	2404
BA04	474485	4429036	178	125	6,09	17,456	16,145	7,5	2604
BA05	474109	4431045	152	125	5,92	16,425	15,833	3,6	2554
PA06	475311	4430702	175	125	6,08	17,280	15,724	9,0	2536
PA07	475282	4431748	168	125	5,89	16,252	15,710	3,3	2534
PA08	476796	4432459	179	125	5,80	15,715	15,377	2,2	2480
PA09	475984	4431034	150	125	5,89	16,215	15,152	6,6	2444
Medie :			173	125	5,98	-	-	6,5	2528
Somme :						151,0	141,1		

4.2 PRODUZIONE ATTESA AL NETTO DELLE PERDITE

I valori di produzione lorda attesa ottenuti dal processo di calcolo illustrato nel paragrafo precedente tengono conto unicamente delle perdite dovute alla scia degli aerogeneratori e alla densità dell'aria alla quota del sito.

Costruttore	Potenza AG	Numero AG	Potenza impianto	H mozzo	Perdite medie scia	Produzione lorda (al netto delle scie)	
	(MW)	(N)	(MW)	(m)	%	(GWh/y)	(ore/y)
SG170	6,200	9	55,8	125	6,5	141,1	2528

A questo punto si devono valutare le perdite di energia (perdite elettriche, di produzione, di potenza) al fine di pervenire alla determinazione dell'energia che risulterà disponibile per essere ceduta alla rete elettrica.

I fattori di perdita considerati sono di seguito elencati:

Sorgente della perdita	Valore in %
Disponibilità aerogeneratori	-3,30%
Disponibilità B.O.P.	-1,00%
Disponibilità rete	-0,30%
Degradazione superficie pale	-0,40%
Perdite elettriche d'impianto	-3,00%
Performance aerogeneratori	-2,30%
Perdite totali	-9.84%

La seguente tabella riporta la sintesi dei risultati conclusivi ottenuti:

Costruttore	Modello AG	Potenza impianto	Produzione lorda (morsetti generatori)		Produzione netta (cedibile alla rete)	
		(MW)	(GWh/y)	(ore/y)	(GWh/y)	(ore/y)
Siemens - Gamesa	SG170	55,8	141,1	2528	128,4	2302

L'energia riportata nelle tabelle rappresenta la quota netta cedibile alla rete.

5 CONCLUSIONI

Con il presente rapporto sono stati determinati i risultati di stima della produzione attesa dell'impianto eolico di Bauladu, ubicato in Sardegna, in Provincia di Oristano, nell'omonimo territorio comunale.

L'attività è iniziata con la validazione e l'analisi statistica dei dati di vento disponibili, della serie di dati Vortex con nodo poco distante dal sito in progetto, e con la verifica della ventosità di lungo periodo degli stessi, nonché con la messa a punto del modello di calcolo WASP.

La messa a punto del modello di calcolo si rende necessaria per valutare, attraverso verifiche e controlli successivi, la capacità del modello di calcolo a interpretare i dati di ventosità forniti, e in particolare gli effetti dell'orografia e della rugosità del terreno sulla corretta estrapolazione della velocità del vento al mozzo delle macchine. Le numerose verifiche hanno consentito di valutare le approssimazioni e il grado di incertezza introdotto dal modello nel calcolo in ogni fase del processo.

Con i risultati ottenuti si è proceduto alla valutazione della produzione attesa, lorda e netta, della soluzione di layout.

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.