

PARCO EOLICO "MONTE ARGENTU"

COMUNE DI NURRI

PROVINCIA DEL SUD SARDEGNA (SU)



STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Elaborato:

ELABORAZIONI SIA

ANALISI ANEMOLOGICA E STIMA DI PRODUZIONE

Codice elaborato:

NU_SIA_A024

Data: Gennaio 2023

Il committente: Sardeolica s.r.l.

Coordinamento: FAD SYSTEM SRL - Società di ingegneria

Dott. Ing. Ivano Distinto

Dott. Ing. Carlo Foddis

Elaborazione SIA:

Dott. Ing. Bruno Manca

Elaborato a cura di:

Sardeolica srl

rev.	data	descrizione revisione	rev.	data	descrizione revisione
00	18/10/2021	Emissione per consegna			
01	30/01/2023	Revisione con riduzione numero aerogeneratori			

Sesta Strada Ovest - Z.I. Macchiareddu - 09068 Uta (CA)

Società del gruppo SARAS

PARCO EOLICO "MONTE ARGENTU"

COMUNE DI NURRI

PROVINCIA DEL SUD SARDEGNA (SU)



ANALISI ANEMOLOGICA E STIMA DI PRODUZIONE

Sede Amministrativa

I-20122 Milano
Galleria Passarella 2
Tel. +39 02 77371
Fax +39 02 7737209

Sede Legale

Sesta Strada Ovest
Z.I. Macchiareddu
I-09068 Uta (CA)
Tel. +39 070 24661780
Fax +39 070 24661211

Stabilimento

Parchi Eolici di Ulassai
S.P. 13, km.11+500
I-08040 Ulassai (NU)
Tel. +39 3297518302
Fax +39 078240594

Cap. Soc. € 56.696.00 int. vers.
Reg. Imprese di Cagliari e
Cod. Fisc. IT 01953460902
Società appartenente al Gruppo IVA
P. IVA 03868280920
sardeolica@pec.grupposaras.it
comunicazioni.sardeolica@pec.grupposaras.it



EN ISO 9001
20 100 121257604
EN ISO 14001
20 104 121257607
ISO 45001
20 116 203009206
EN ISO 50001
TA270173002575

INDICE

1.	Potenziale anemologico del sito	2
1.1	Introduzione	2
1.2	Sistemi di misurazione	2
1.3	Localizzazione del sistema di misura	3
1.4	Condizioni anemologiche di lungo termine del sito	4
2.	Mappa della risorsa eolica e stima della produzione attesa	6
2.1	Introduzione	6
2.2	Metodologia	6
2.3	Velocità stimate e mappa della risorsa eolica	6
2.4	Stima della produzione attesa	9
2.5	Allegato: Curva di potenza	9
2.6	Distribuzione annuale della produzione (Weibull)	10

1. Potenziale anemologico del sito

1.1 Introduzione

La valutazione del potenziale anemologico del progetto Monte Argentu, nel comune di Nurri (SU), si basa su misurazioni effettuate in sito per un periodo compreso tra gennaio 2010 e novembre 2013, mediante due sistemi di rilevamento localizzati uno internamente all'area del parco in progetto (SODAR) e uno a c.a. 6 km a nord dell'area-parco (NUR1) correlate e certificate al lungo termine da impresa abilitata per estenderne la validità climatologica.

Lo studio è stato curato dalla società GOPA - International Energy Consultants GmbH (Germania), operante in Italia nel settore, che ha eseguito uno studio sul potenziale anemologico del parco eolico di Nurri, del quale si riportano i risultati principali, utile allo scopo.

1.2 Sistemi di misurazione

La corretta valutazione del potenziale anemologico di un sito si basa imprescindibilmente dalla disponibilità di dati provenienti da sistemi di misurazione affidabili, provati e certificati che garantiscono elevati standard di accuratezza.

In generale, un sistema di misurazione del vento consta dei seguenti dispositivi: sensori di misurazione (anemometri, banderuola, termometro), centralina di raccolta dei dati (*datalogger*), sistema di trasmissione in remoto (modem GSM-GPRS), sistema di alimentazione (batterie alimentate ad energia solare mediante uno o più pannelli fotovoltaici), palo e attrezzature di supporto (ad esempio le traverse su cui sono fissati anemometri e banderuola). I sensori di misurazione registrano la velocità orizzontale del vento e la sua direzione di provenienza; gli anemometri a coppa sono installati ad altezze distinte. Il *datalogger* è il centro di raccolta ed elaborazione dei dati misurati dai sensori: il modem consente l'accesso e il recupero a distanza delle misurazioni effettuate nonché l'invio dei dati istantanei.

Ogni componente (sensori "1st Class", cavi e *datalogger*) è predisposto per minimizzare le eventuali deviazioni e gli errori sistematici. Ad esempio, i sensori di misurazione della velocità del vento utilizzano la calibratura fornita dal costruttore: un'agenzia indipendente testa e collauda ogni sistema, garantendo una determinata tolleranza nella misurazione della velocità. Le deviazioni che ogni anemometro mostra rispetto alla velocità reale sono documentate in un protocollo che viene a sua volta utilizzato per ricalibrare le misurazioni effettuate in sito. In seguito a tale processo i valori misurati possono essere considerati affidabili e accurati. Un sistema di misurazione può inoltre dirsi affidabile se è in grado di fornire un numero consistente di dati durante l'arco della campagna di misurazione.

1.3 Localizzazione del sistema di misura

In Tabella 1 sono raccolti i dettagli dei due sistemi di misura installati nel territorio di Nurri.

Inoltre, in Figura 1 è mostrata la loro localizzazione sovrapposta al layout dell'impianto proposto a VIA ministeriale.

Tabella 1: Sistemi di misura, caratteristiche e coordinate.

Codice	Altezza sensore [m]	Coordinate - Gauss Boaga 1		Quota [m s.l.m.]	Campagna	
		Est	Nord		Inizio	Fine
NUR1	50	1516343	4396553	637	15/01/2010	30/11/2013
SODAR	150	1516664	4390418	501	25/05/2011	05/12/2011

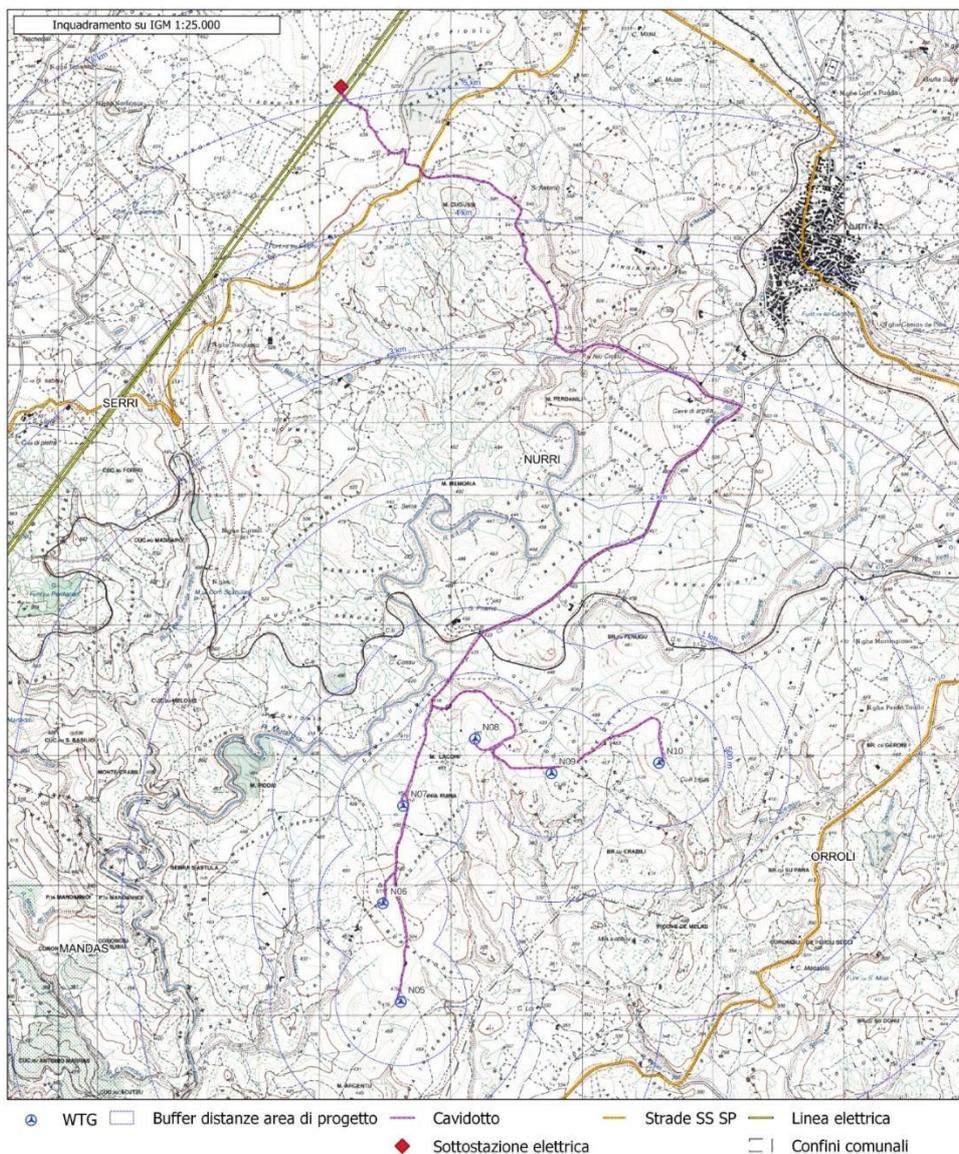


Figura 1: Layout dell'impianto Monte Argentu e dei sistemi di misura installati nel corso degli anni.

1.4 Condizioni anemologiche di lungo termine del sito

Le condizioni anemologiche di ogni sito sono caratterizzate da fluttuazioni mensili che descrivono i regimi meteo-climatici stagionali della regione, talvolta con una variabilità annuale marcata. La correlazione dei dati misurati al lungo termine, ossia il loro confronto con una serie di diversi anni che descriva l'oscillazione annuale degli ultimi decenni nell'area di interesse, consente di conoscere il regime anemologico medio del sito di lungo periodo.

I dati di lungo termine utilizzati per la correlazione sono i punti rappresentativi del database MERRA (*Modern Era Retrospective-Analysis for Research and Applications*)^{1,2}, risultato di misurazioni meteo e analisi di dati su tutto il globo terrestre negli ultimi trent'anni e rielaborati in modo da avere una serie di dati, su base oraria, descrittivi delle condizioni meteo di punti distribuiti su una rete che copre tutto il globo terrestre.

Il vento medio rilevato a 50 m dai sistemi di misura sono rispettivamente pari a 5,6 m/s per NUR1 e 5,2 m/s per il SODAR, entrambi superiori al valore limite di 5,0 m/s (alla quota di 70 m) previsto al paragrafo 2.7 dello "Studio per l'individuazione delle aree in cui ubicare gli impianti eolici".³

La tabella seguente presenta la distribuzione di Weibull di lungo termine rappresentativa del sito all'altezza di 125 m.

Tabella 2: Distribuzione di Weibull del sito riferita a 125 m dal suolo.

Sector	Direction	V mean*	Frequency	A	k
0-N	345-15	5.0	3.98	5.6	3.39
1-NNE	15-45	6.5	4.62	4.4	6.49
2-ENE	45-75	4.4	5.10	4.8	5.60
3-E	75-105	4.5	5.94	6.0	3.90
4-ESE	105-135	6.0	7.69	6.7	3.59
5-SSE	135-165	5.1	7.01	5.7	3.52
6-S	165-195	4.3	5.90	4.8	4.34
7-SSW	195-225	4.3	4.88	4.8	4.05
8-WSW	225-255	5.0	5.87	5.5	3.20
9-W	255-285	6.3	9.82	7.1	2.74
10-WNW	285-315	8.2	27.11	9.2	3.30
11-NNW	315-345	6.7	12.07	7.5	3.80
Mean	-	6.18	100.0	7.0	2.57

* Mean wind speed of Weibull distribution

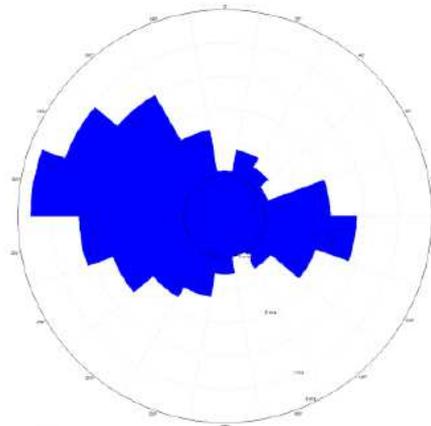
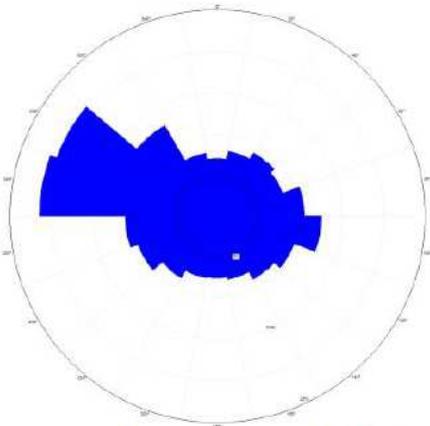
In Figura 2 si riporta la rosa dei venti rispettivamente per il sistema di misura NUR1 a 50 m e il SODAR a 125 m.

¹

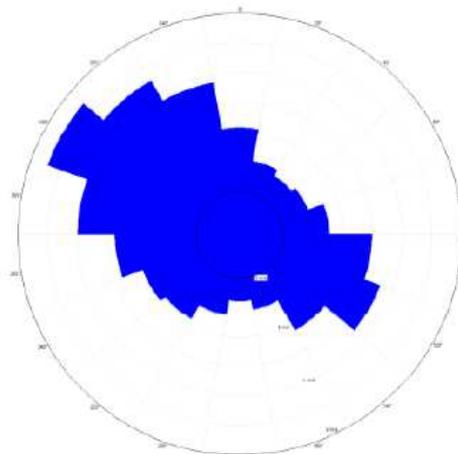
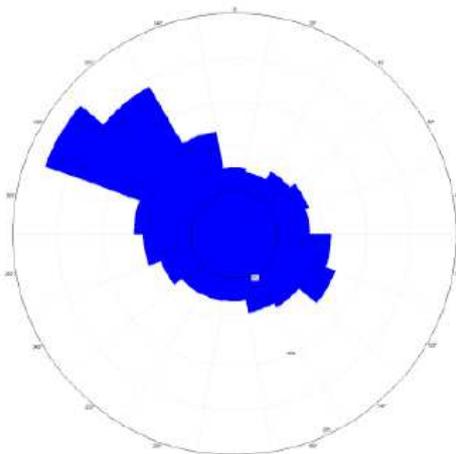
http://www.gl-garradhassan.com/assets/downloads/Effect_of_Environmental_Parameters_on_Wind_Turbine_Reliability.pdf

² <https://gmao.gsfc.nasa.gov/merra/>

³ http://www.regione.sardegna.it/documenti/1_73_20090127191437.pdf



Frequency and wind speed rose at 50m for the met mast



Frequency and wind speed rose at 125m for the met SoDAR

Figura 2: Direzione e energia specifica del sito.

Come si evince dalle figure, il vento predominante (sia in frequenza che intensità) è di componente ONO con un secondo picco inferiore ESE.

2. Mappa della risorsa eolica e stima della produzione attesa

2.1 Introduzione

Dalla conoscenza analitica della ventosità del sito, è possibile calcolare la risorsa eolica per l'area di interesse e riferirla a diverse altezze.

In particolare, per il progetto Monte Argentu l'estrapolazione del dato della velocità del vento è stata operata alla quota di 70 m e 125 m.

2.2 Metodologia

Dove l'orografia del territorio è complessa, le condizioni anemologiche possono variare sensibilmente in base alla presenza di ostacoli locali, al tipo di destinazione d'uso del suolo e alle condizioni meteorologiche.

Di contro, se il terreno è invece regolare come sugli altopiani (orografia caratteristica del progetto in oggetto) o in pianura, a una maggiore altezza del rotore corrisponde un valore di energia maggiore.

La modellizzazione dei flussi di vento è stata effettuata con i software WindPRO® e WAsP® che estrapolano la stima puntualmente misurata dai sistemi di rilevamento, applicandola a tutti i punti dell'area di calcolo. In particolare, il modulo RESOURCE del software WindPRO® consente di elaborare una mappa della risorsa eolica a una determinata altezza dal suolo, utilizzando, tra gli altri, i seguenti input:

- modello digitale del terreno;
- modello digitalizzato della rugosità dell'area;
- una o più statistiche ricavate dalle misurazioni anemometriche effettuate in sito;
- eventuali ostacoli presenti nell'area.

L'area di studio è rappresentata come una griglia di $n \times m$ settori quadrati di pari lato con una risoluzione di 25 m. Per ogni settore, il software calcola i parametri della distribuzione di Weibull corrispondente (A, k) per i 12 diversi settori di provenienza del vento. Questa informazione viene quindi utilizzata dal modulo RESOURCE per elaborare la mappa della risorsa eolica.

2.3 Velocità stimate e mappa della risorsa eolica

I risultati della modellizzazione del flusso del vento, all'altezza di 70 m dal piano campagna, sono raccolti nella Tabella 3.

Tabella 3: Velocità del vento di lungo termine a 70 m sul piano campagna.

Turbina	Coordinate		Quota	Velocità 70 m [m/s]
	Est	Nord		
N05	1516564	4389937	462	5,4
N06	1516427	4390694	508	5,7
N07	1516582	4391443	447	4,8
N08	1517132	4391958	472	5,4
N09	1517716	4391693	464	5,1
N10	1518538	4391774	480	5,4
Media di parco				5,3

In Figura 3 è invece mostrata la mappa della risorsa eolica del sito, riferita a una quota di 125 m dal suolo.

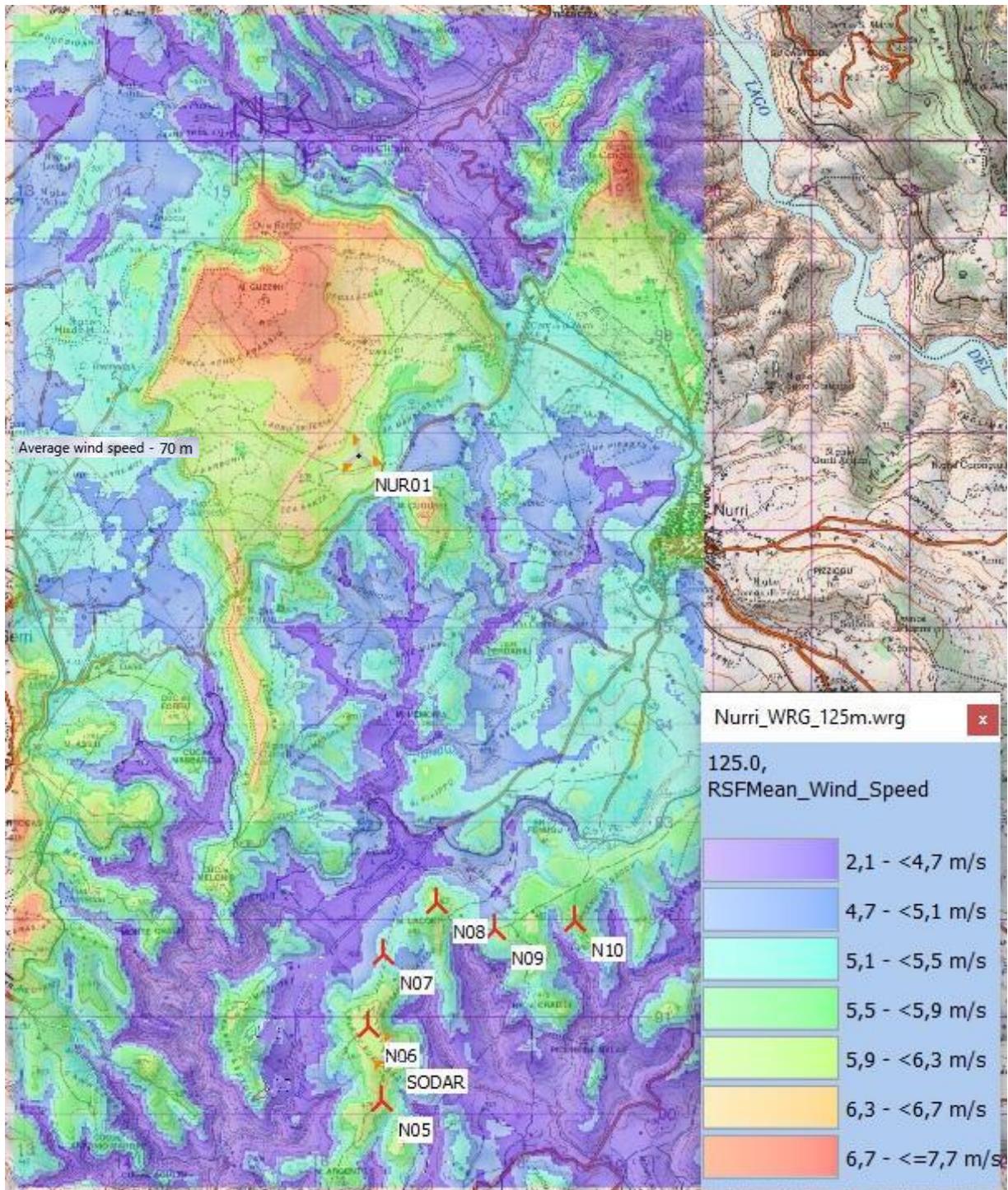


Figura 3: Mappa della risorsa eolica del sito - layout dell'impianto Monte Argentu proposto (▲)

2.4 Stima della produzione attesa

La produzione energetica di ogni singola turbina viene calcolata ipotizzando sia un flusso d'aria libero da scie, sia prendendo in considerazione l'effetto ostacolo dovuto alla presenza delle altre turbine del parco. La differenza tra i due valori di produzione calcolati fornisce la quantità delle perdite dovute all'effetto scia.

Le perdite energetiche caratterizzano l'intero processo di trasformazione dell'energia, partendo dalla generazione al rotore (energia cinetica) fino alla sottostazione (energia elettrica). La stima della produzione netta attesa è stata elaborata considerando tali valori.

Tabella 4: Produzione attesa e ore equivalenti.

Vestas V162 6MW HH 119/125	[%]	[MWh/a]
Produzione lorda		110.349
Perdite di scia	6,5	
Indisponibilità	4	
Curva di potenza	0,5	
Perdite elettriche	2,4	
Fattori ambientali	0,17	
Curtaiment	0	
Perdite totali	12,6%	
Produzione netta		96.416
Ore equivalenti nette		2.678

La produzione attesa dal progetto Monte Argentu è quindi pari a circa 96 GWh, corrispondenti a circa 2.680 ore equivalenti⁴.

2.5 Allegato: Curva di potenza

La curva di potenza di una turbina eolica descrive la relazione tra la produzione di energia elettrica e la velocità del vento. L'energia è proporzionale al cubo della velocità.

⁴ Le ore equivalenti, note anche come "fattore di capacità", rappresentano il numero di ore necessarie all'impianto per generare la sua produzione annuale nell'ipotesi che l'impianto stesso funzioni sempre alla potenza nominale (96.000 MWh/a per una potenza nominale di 36 MW: 2.678 ore equivalenti).

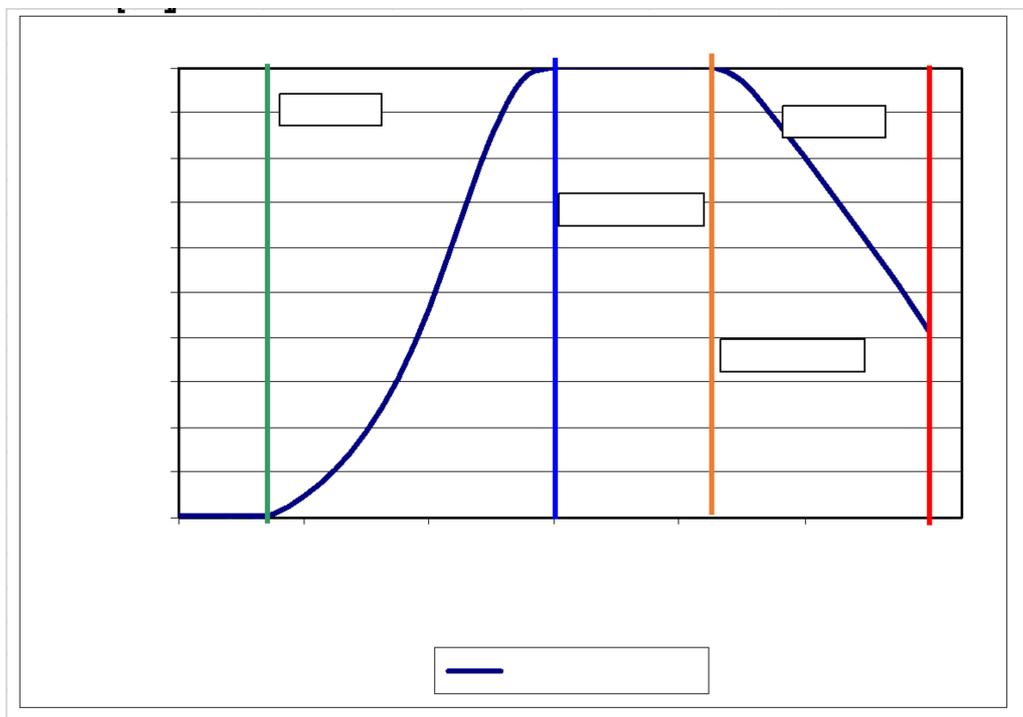


Figura 4: Curva di potenza.

La curva di potenza è caratterizzata da tre valori “di soglia” della velocità:

- la velocità d’attacco (*cut-in wind speed*), ossia la velocità a partire dalla quale la turbina inizia a produrre energia;
- la velocità di produzione nominale (*full rated wind speed*), cioè la velocità raggiunta la quale la turbina produce alla massima potenza;
- la velocità di produzione ridotta (*derated wind speed*), raggiunta la quale la turbina inizia a ridurre la potenza per motivi di sicurezza;
- la velocità di stacco (*cut-off wind speed*), raggiunta la quale la turbina si ferma per motivi di sicurezza.

2.6 Distribuzione annuale della produzione (Weibull)

Sulla base delle informazioni raccolte in Tabella 2 e della curva di potenza caratteristica degli aerogeneratori, è possibile stimare che le turbine del progetto Monte Argentu produrranno i 96 GWh attesi su circa il 93% dell’anno tipo (341 giorni su 365); l’impianto lavorerà alla massima capacità per circa l’1% dell’anno (4 giorni), non lavorerà per regimi ventosi esigui (calma di vento) per il 7% dell’anno (24 giorni) mentre saranno trascurabili i giorni di lavoro a potenza ridotta e i fermi dovuti a velocità troppo elevate.

Tabella 5: Distribuzione annuale della produzione.⁵

	Calma	Esercizio	Di cui nominali	Di cui a potenza ridotta	Cut-off
Velocità del vento	Fino a 3 m/s	Da 3 m/s	13 m/s	Da 17 m/s	24 m/s
Probabilità	6,7%	93,3%	1,1%	0,0%	0,00%
Giorni/Anno	24,3	340,6	4,2	0,0	0,00
Ore/Anno	583	8174	100	0	0,00

⁵ Le somme delle percentuali mostrate in tabella potrebbe differire dal 100% a causa delle approssimazioni statistiche della curva di Weibull.