



REGIONE
BASILICATA



COMUNE DI
MASCHITO



COMUNE DI
VENOSA



COMUNE DI
MONTEMILONE



PROVINCIA DI
POTENZA

PROGETTO DEFINITIVO

Costruzione ed esercizio di impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Venosa" di potenza in massima immissione pari a 39,6 MW e relative opere connesse da realizzarsi nei comuni di Venosa, Maschito e Montemilone (Pz).

Titolo elaborato

A.5 - Stima di producibilita' preliminare

Codice elaborato

F0624AR04A

Scala

-

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Progettazione



F4 ingegneria srl

Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico
(ing. Giovanni DI SANTO)



Gruppo di lavoro

Dott. for. Luigi ZUCCARO
Ing. Giuseppe MANZI
Ing. Angelo CORRADO
Ing. Mariagrazia PIETRAFESA
Geom. Nicola DEMA
Ing. Gerardo Giuseppe SCAVONE
Ing. Federica COLANGELO
Arch. Gaia TELESCA
Ing. Jr. Maria CARLEO
Sig. Vito PIERRI



Società certificata secondo le norme UNI-EN ISO 9001:2015 e UNI-EN ISO 14001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).

Consulenze specialistiche

Committente



Venosa S.r.l.

Via Dante 7, 20123 Milano

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Gennaio 2024	Prima emissione	GDS	PFZ	MMA

Sommario

1	Premessa	3
2	Inquadramento geografico	4
3	Dati tecnici	6
4	Valutazione energetica	7
4.1	Digital Terrain Model (DTM)	7
4.2	Mappa del vento	8
4.3	Aerogeneratori	10
5	Calcolo della resa energetica	12
5.1	Perdite	12
5.2	Incertezze	12
6	Risultati	14
7	Verifica requisiti PIEAR	15

1 Premessa

Proponente	Venosa S.r.l.
Potenza complessiva massima in immissione	39.6 MW
Potenza complessiva impianto	39.6 MW
Potenza singolo WTG	6.6 MW
Numero aerogeneratori	6
Altezza hub max	135 m
Diametro rotore max	170 m
Altezza complessiva max	220 m
Area poligono impianto	1,58 kmq
Lunghezza cavo elettrodotto MT area parco	12.737 km
Lunghezza cavo elettrodotto MT esterno	21,486 km
Lunghezza scavo totale	21,6 km
RTN autorizzata (si/no)	no
RTN esistente (si/no)	no
Tipo di connessione alla RTN (cavo/aereo)	Collegamento in antenna a 150 kV sulla futura stazione elettrica di trasformazione RTN 380/150 kV da inserire in entra - esce alla linea RTN a 380 kV "Melfi 380 – Genzano 380"
Piazzola di montaggio (max)	8860 m ²
Piazzola definitiva (max)	1800 m ²

Il progetto proposto ricade **al punto 2 dell'elenco di cui all'allegato II alla Parte Seconda del d.lgs. n. 152/2006 e s.m.i., come modificato dal d.lgs. n. 104/2017, "impianti eolici per la produzione di energia elettrica sulla terraferma con potenza complessiva superiore a 30 MW"**, pertanto risulta soggetto al procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale per il quale il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza energetica di concerto con il Ministero della Cultura, svolge il ruolo di autorità competente in materia.

La presente relazione consiste nello studio preliminare di producibilità del vento dell'area interessata dal progetto dell'impianto eolico "Venosa", tale studio preliminare è stato eseguito sulla base dei dati bibliografici e storici.

2 Inquadramento geografico

L'intervento consiste nella realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da **n. 6 aerogeneratori** da **6,6 MW** ciascuno, per una potenza complessiva di **39,6 MW** e da tutte le opere connesse necessarie alla costruzione e all'esercizio dello stesso. In particolare, il territorio comunale di Venosa sarà interessato dall'installazione dei sei aerogeneratori mentre il tracciato del cavidotto di collegamento alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) e le altre opere connesse interesseranno anche il territorio comunale di Maschito e Montemilone..

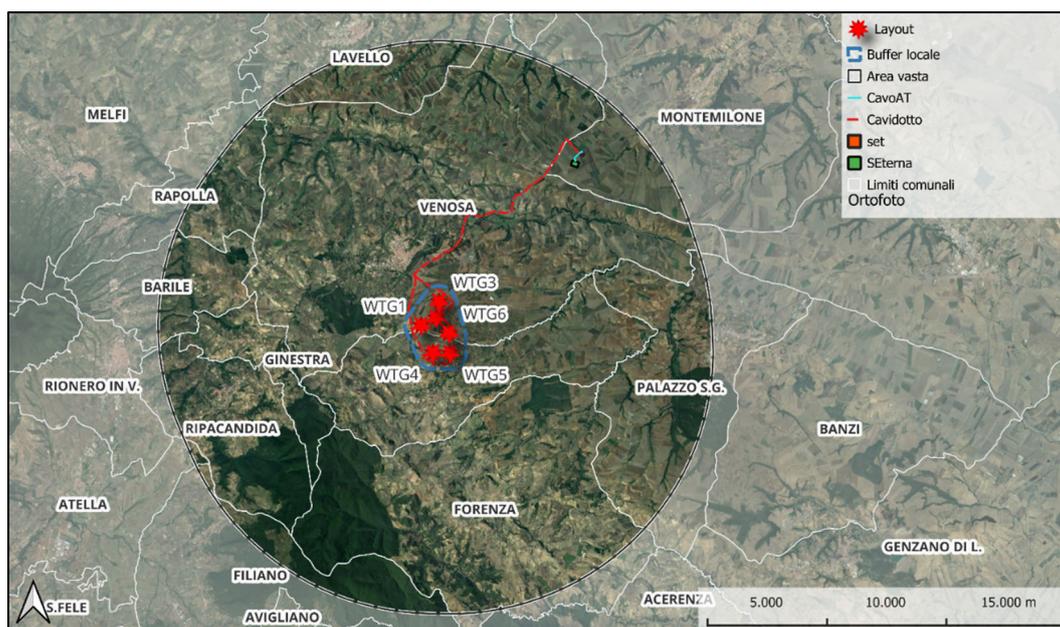


Figura 1: Inquadramento su base ortofoto dell'impianto in progetto



Figura 2: Vista tridimensionale dell'impianto di progetto

Costruzione ed esercizio di impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Venosa" di potenza
in massima immissione pari a 39,6 MW e relative opere connesse da realizzarsi nei comuni di Venosa,
Maschito e Montemilone (Pz).

A.5 - Stima di producibilita' preliminare

Si riportano di seguito le coordinate delle posizioni scelte per l'installazione degli aerogeneratori:

WTG	D rotore	H tot	Coordinate UTM-WGS84 zone 33N	
			X	Y
WTG1	170	220	569338	4531945
WTG2	170	220	569820	4532406
WTG3	170	220	570195	4532937
WTG4	170	220	569851	4530817
WTG5	170	220	570561	4531068
WTG6	170	220	570506	4531618

Costruzione ed esercizio di impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Venosa" di potenza
 in massima immissione pari a 39,6 MW e relative opere connesse da realizzarsi nei comuni di Venosa,
 Maschito e Montemilone (Pz).

A.5 - Stima di producibilita' preliminare

3 Dati tecnici

Ubicazione	
Nazione	Italy
Comune	Venosa
Regione	Basilicata
Coordinate	
Nord	Est
40°55'31.76"	15°49'46.63"

Dati vento	
Wind speed Avg at 130 m	7,1 m/s
Parametri di Weibull	
A	K
7,8 m/s	1,6

Turbine	
Turbine	Siemens-Gamesa SG 170 6,0 MW
No.	6
Power unit	6,6 MW
Power plant	39,6 MW

4 Valutazione energetica

La previsione del rendimento energetico fornisce la base per il calcolo dei ricavi del progetto. L'obiettivo è prevedere la produzione media annua di energia per l'intera durata di vita della centrale elettrica proposta. Il software utilizzato per eseguire la valutazione della resa energetica è il **Wind Atlas Analysis and Application Program (WAsP)**.

WAsP è un software sviluppato dall'istituto danese Riso DTU National Laboratory for Sustainable Energy. Il codice si basa su tre input di dati principali:

- Digital Terrain Model (DTM);
- Mappa del vento;
- Aerogeneratori.

4.1 Digital Terrain Model (DTM)

Per introdurre l'orografia in WAsP è necessario importare un modello digitale del terreno (DTM). Questo DTM è stato scaricato dai dati SRTM, con un'estensione di 10 km in tutte le direzioni dalle turbine eoliche, garantendo la copertura totale dell'area.

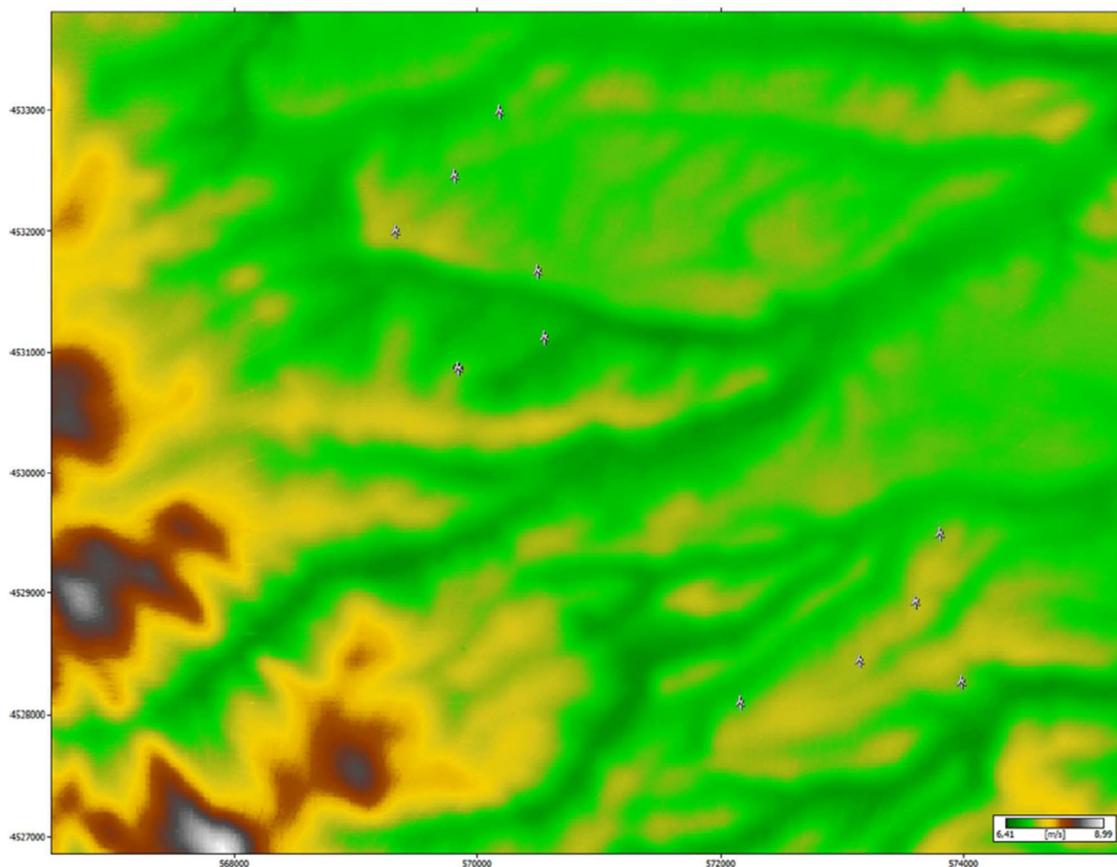


Figura 3: Localizzazione delle turbine su DTM

4.2 Mappa del vento

Per ottenere la mappa del vento, sono stati utilizzati i dati del vento su mesoscala. In questo caso è stato utilizzato un albero virtuale, realizzato con la velocità media del vento degli ultimi 20 anni nella zona di interesse. L'albero virtuale è stato elaborato con il set di dati ERA-5, è un insieme di dati di rianalisi sviluppati attraverso il Copernicus Climate Change Service (C3S).

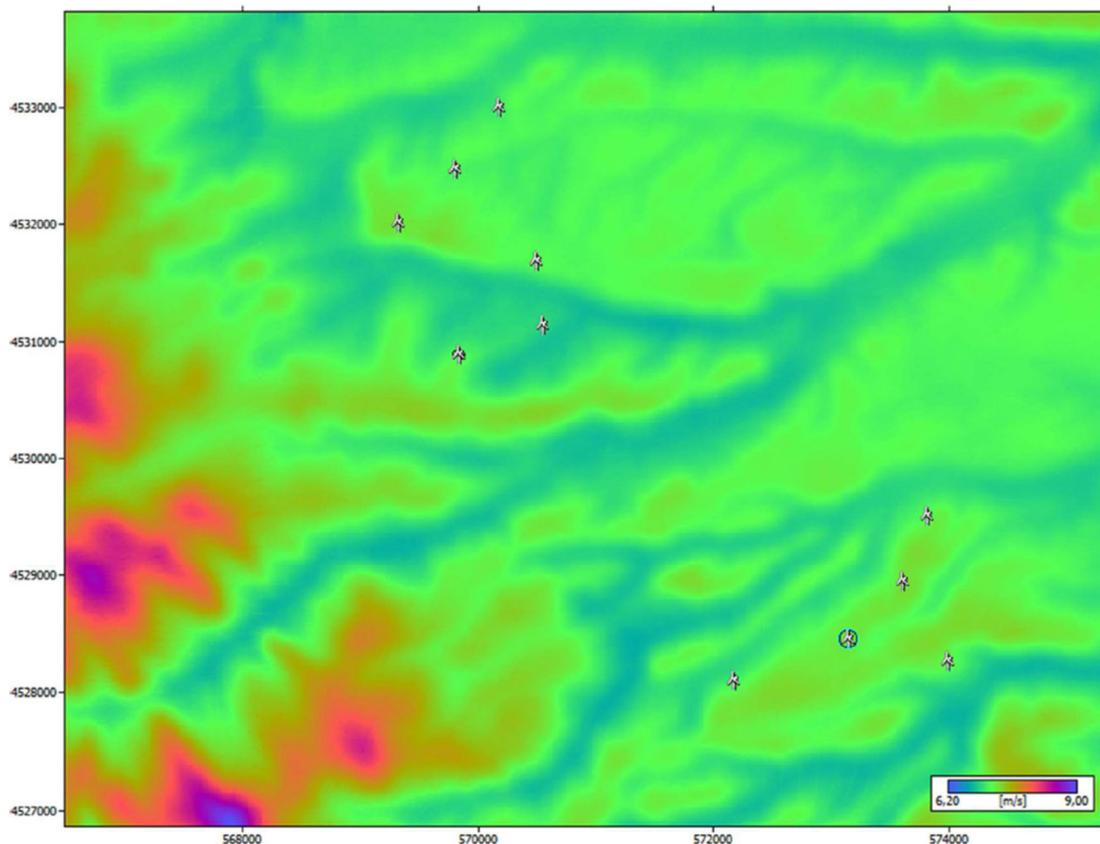


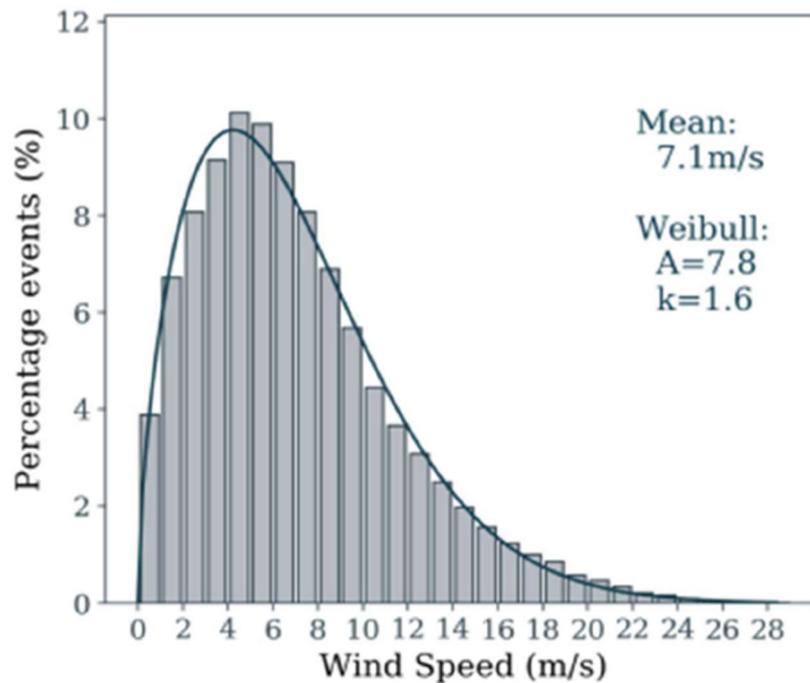
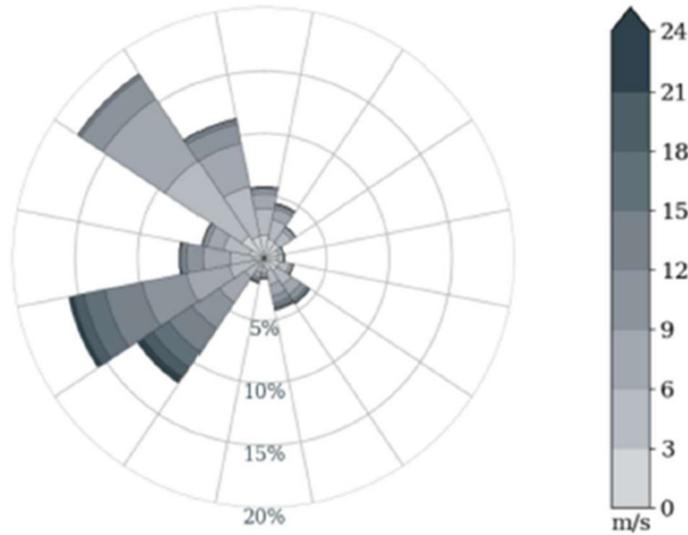
Figura 4: Localizzazione delle turbine sulla mappa del vento

Il calcolo è stato realizzato all'altezza del mozzo (135 m) e ad una distanza minima di 1 km da ciascuna turbina per ottimizzare al meglio la modellazione del flusso del vento.

Costruzione ed esercizio di impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Venosa" di potenza
in massima immissione pari a 39,6 MW e relative opere connesse da realizzarsi nei comuni di Venosa,
Maschito e Montemilone (Pz).

A.5 - Stima di producibilita' preliminare

Di seguito si riportano i parametri medi del vento e rosa dei venti:



4.3 Aerogeneratori

Il modello di aerogeneratore che si adatta meglio alle caratteristiche del vento dell'area di studio è la Siemens-Gamesa SG 170 6,6 MW o modello similare.

Di seguito le principali caratteristiche dell'aerogeneratore:

Rotor

Type:	3 blades – axis horizontal
diameter:	170 m
Rpm:	10,5
Swept area:	22.698 m ²
Tilt:	6°

Blade

Length:	83,5 m
Material:	Glass fiber – CRP (carbon reinforced plastic)
Color:	RAL 7035 grey light

Tower

Height:	135 m
Type:	Tubular Steel
Color:	RAL 7035 grey light

Operational Data

Cut in:	3 m/s
Cut out:	25 m/s
Rated:	11 m/s
Re-start:	22 m/s
<input type="checkbox"/> Emissioni max. :	106 dBA
<input type="checkbox"/> Wind Class:	IIIa - IIIb

Costruzione ed esercizio di impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Venosa" di potenza
in massima immissione pari a 39,6 MW e relative opere connesse da realizzarsi nei comuni di Venosa,
Maschito e Montemilone (Pz).

A.5 - Stima di producibilita' preliminare

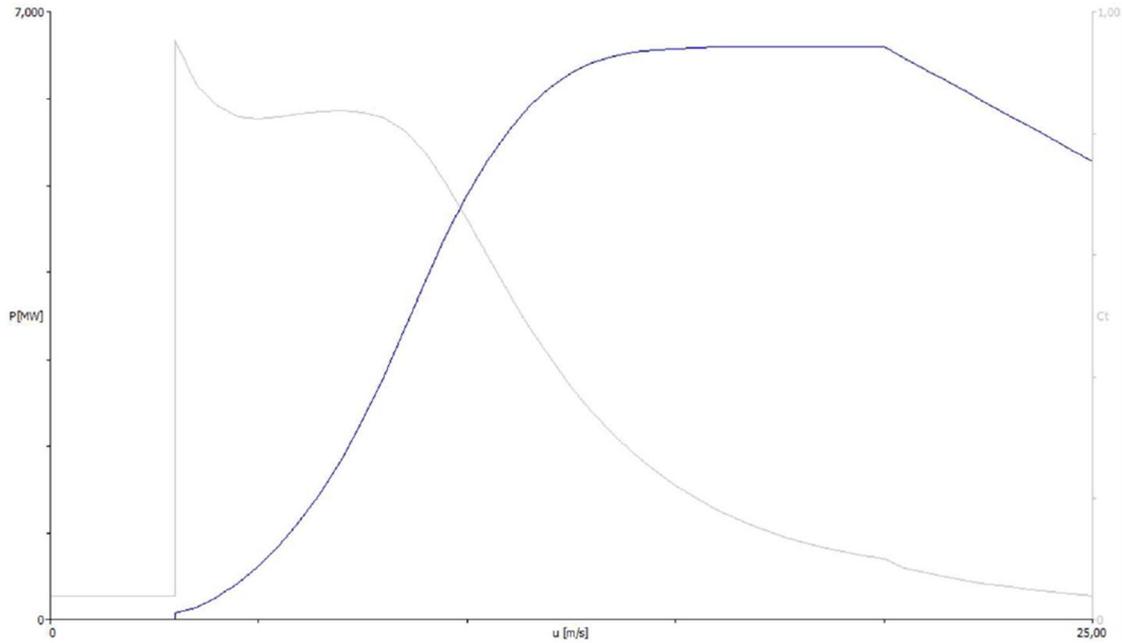


Figura 5: curva di potenza della SG170

5 Calcolo della resa energetica

5.1 Perdite

Con il calcolo WASP si ottiene l'**AEP lordo**, che è definito come il risultato del calcolo dell'energia per tutti le WTG che include le perdite di scia e non include altri fattori. Il calcolo si basa sulla modellazione del palo virtuale, sugli effetti locali (rugosità, topografia e ostacolo) e sulla correzione della densità dell'aria.

Ai fini del calcolo della producibilità reale di impianto o **netta AEP**, ovvero quella effettivamente messa in rete e dunque utile ai fini della vendita dell'energia, sono stati considerati i seguenti fattori:

I risultati sono al livello P_{50} , cioè valori che hanno una probabilità pari al 50% di essere superati. Nello specifico si è ipotizzata una perdita di indisponibilità del 3% per le turbine eoliche e dell'1,5% per la rete, ma anche una perdita meccanica dell'1% ed una perdita elettrica di impianto pari al 2,5% della produzione. Quest'ultima perdita è associata alla perdita di produzione dal mozzo, in cui si calcola la curva di potenza, ai morsetti di AT di connessione alla rete elettrica. Sono anche state incluse perdite dell'1% rispettivamente per manutenzione generica delle turbine e della sottostazione.

Il valore medio P_{50} rappresenta la producibilità stimata con il 50% di possibilità di essere superata. I sensori di velocità sono considerati di alta qualità, standard negli sviluppi eolici, ed inoltre installati a regola d'arte. Tipicamente i valori di velocità ottenuti con questi sensori possono essere considerati affidabili con una incertezza di misura del 2,5%.

Fattori		Perdite
Disponibilità	WTG	3%
	rete	1,5%
Perdite	Elettriche	2,5%
	Meccaniche	1%
Manutenzione	WTG	1%
	Sottostazione	1%

5.2 Incertezze

L'**AEP netto** viene derivato dall'**AEP lordo** includendo le perdite valutate per tutta la durata del progetto. Noto anche come P_{50} , l'AEP dovrebbe essere superato nel 50% dei casi.

A questo proposito, il rendimento energetico annuo previsto è espresso entro un dato intervallo. Questo approccio presuppone che, nel corso di diversi anni di attività, la distribuzione dei rendimenti annuali segua una distribuzione gaussiana.

Per i progetti eolici diamo particolare importanza a percentuali che superano il 75% e il 90% (P_{75} e P_{90}), come richiesto agli enti bancari.

L'intervallo del rendimento energetico previsto è dato dalle incertezze. Tipicamente, le incertezze si riferiscono a: dati sul vento, modello eolico, conversione di potenza e incertezze sulle voci di perdita. Di seguito sono riepilogati gli incerti utilizzati per le categorie e i valori corrispondenti:

Costruzione ed esercizio di impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Venosa" di potenza
in massima immissione pari a 39,6 MW e relative opere connesse da realizzarsi nei comuni di Venosa,
Maschito e Montemilone (Pz).

A.5 - Stima di producibilita' preliminare

Categoria		Incertezza
Dati del vento	Misurazioni del vento	10%
	Correzioni a lungo termine	0%
	Variazioni annuali	6%
	Clima futuro	2%
Modello del vento	Estrapolazione verticale	2%
	Estrapolazione orizzontale	5%
	Modello topografico	4%
Prestazioni e perdite dell'impianto	Incertezza della curva di potenza	2%
	Perdite di scia	5%
altro	Modello virtuale	5%

6 Risultati

Una volta definiti tutti i parametri di perdite e incertezze, è stato possibile calcolare l'**AEP netto**:

Nome	Modello	Quota [m] a.s.l.	HHub [m] a.g.l.	Densità dell'aria [kg/m ³]	AEP lorda [GWh]	Perdite [%]	AEP netta [GWh]	Ore equivalenti annue P50
WTG01	SG 6.6-170	497	135	1,139	21,81	1,36	19,63	2.975
WTG02	SG 6.6-170	459	135	1,143	20,41	4,67	18,37	2.783
WTG03	SG 6.6-170	432	135	1,146	20,45	3,63	18,41	2.789
WTG04	SG 6.6-170	517	135	1,137	21,15	2,52	19,04	2.885
WTG05	SG 6.6-170	460	135	1,143	18,57	8,95	16,71	2.532
WTG06	SG 6.6-170	471	135	1,142	19,98	6,59	17,98	2.725
TOTAL							110,14	2.781

Includendo le incertezze:

	1 y	15 y	30 y
P ₅₀ [GWh]	110,14	110,14	110,14
P ₇₅ [GWh]	93,68	96,93	97,06
P ₉₀ [GWh]	78,84	85,02	85,27

In termini di ore equivalenti:

	1 y	15 y	30 y
P ₅₀ Heq	2.781	2.781	2.781
P ₇₅ Heq	2.366	2.448	2.451
P ₉₀ Heq	1.991	2.147	2.153

7 Verifica requisiti PIEAR

L' Appendice A del PIEAR al punto 1.2.1.3 definisce i requisiti tecnici minimi per gli impianti eolici di grande generazione, che devono soddisfare i vincoli tecnici minimi:

- a) Velocità media annua del vento a 25 m dal suolo non inferiore a 6 m/s;
- b) Ore equivalenti di funzionamento dell'aerogeneratore non inferiori a 2.500 ore;
- c) Densità volumetrica di energia annua unitaria non inferiore a 0,20 kWh/(anno·mc), (così come modificato dalla LR. 4/2014) come riportato nella formula seguente:

$$E_v = \frac{E}{18D^2H} \geq 0,15$$

Dove:

E = energia prodotta dalla turbina (espressa in kWh/anno);

D = diametro del rotore (espresso in metri);

H = altezza totale dell'aerogeneratore (espressa in metri), somma del raggio del rotore e dell'altezza da terra del mozzo;

d) Numero massimo di aerogeneratori: 30 (10 nelle aree di valore naturalistico, paesaggistico ed ambientale)

(...).

Ai fini della valutazione delle ore equivalenti, di cui al punto b, e della densità volumetrica, di cui al punto c, valgono le seguenti definizioni:

- **Ore equivalenti di funzionamento** di un aerogeneratore: rapporto fra la produzione annua di energia elettrica dell'aerogeneratore espressa in megawattora (MWh) (basata sui dati forniti dalla campagna di misure anemometriche) e la potenza nominale dell'aerogeneratore espressa in megawatt (MW).
- **Densità volumetrica di energia annua unitaria (Ev)**: rapporto fra la stima della produzione annua di energia elettrica dell'aerogeneratore espressa in chilowattora anno, e il volume del campo visivo occupato dall'aerogeneratore espresso in metri cubi e pari al volume del parallelepipedo di lati 3D, 6D e H, dove D è il diametro del rotore e H è l'altezza complessiva della macchina (altezza del mozzo + lunghezza della pala);

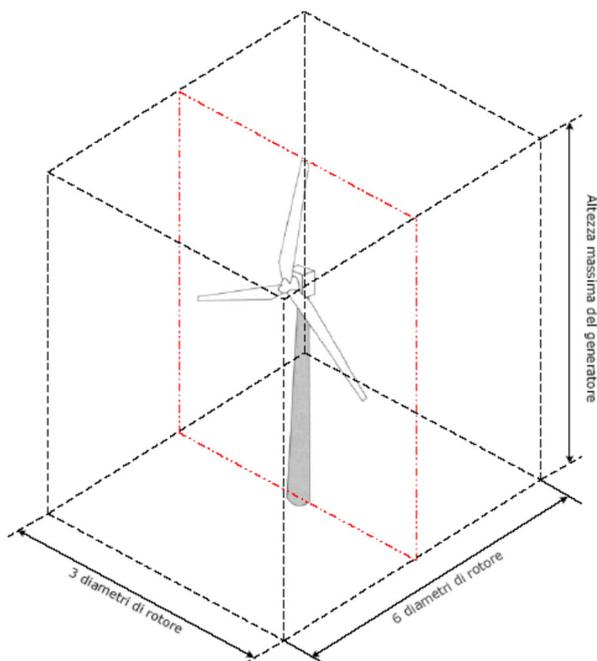


Figura 6: volume del campo visivo occupato da un aerogeneratore

Si riporta di seguito la verifica della densità volumetrica di energia annua calcolata per ogni singolo aerogeneratore.

WTG	Coordinate UTM-WGS84 zone 33N		AEP netta	Densità volumetrica
	X	Y	[GWh]	[kWh/(anno·m ³)]
WTG1	569338	4531945	19,63	0,17
WTG2	569820	4532406	18,37	0,16
WTG3	570195	4532937	18,41	0,16
WTG4	569851	4530817	19,04	0,17
WTG5	570561	4531068	16,71	0,15
WTG6	570506	4531618	17,98	0,16

Tabella 1: Sintesi rispetto requisiti tecnici minimi - Paragrafo 1.2.1.3 dell'appendice A del PIEAR

Identificativo della norma	Requisito tecnico	Valore soglia	Valore di verifica	Esito
a.	Velocità media annua a 25 m dal suolo	≥ 6 m/s	≥ 6 m/s	Positivo
b.	Ore equivalenti di funzionamento (MWh/MW) considerando: Potenza impianto 39,6 MW Energia prodotta (netto scie) 110,14 GWh/anno	≥ 2500 h/a	2781	Positivo
c.	Densità volumetrica di energia annua unitaria [kWh/(anno·m ³)] considerando: Energia media 15,283 MWh/anno H _{mozzo} =125 m e D _{rotore} =150 m	≥ 0,15	≥ 0,15	Positivo
d.	Numero di aerogeneratori	≤ 30 (o 10)	6	Positivo