

RIPABOTTONI -
SANT'ELIA -
MONACILIONI

REGIONE MOLISE

PROVINCIA DI
CAMPOBASSO

IMPIANTO EOLICO DA 54 MW COMPOSTO DA N. 9 AEROGENERATORI RICADENTI NEI COMUNI DI RIPABOTTONI, SANT'ELIA A PIANISI E MONACILIONI IN PROVINCIA DI CAMPOBASSO, CON RELATIVE OPERE ED INFRASTRUTTURE

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE STUDIO ANEMOLOGICO

Proponente:

EN.IT s.r.l.
Via Antonio Locatelli n.1
37122 Verona
P.IVA 04642500237
www.enitspa.it
enitsrl@pec.enitspa.it

Progettazione:

WH Group s.r.l.
Via A. Locatelli n.1 - 37122 Verona (VR)
P.IVA 12336131003
ingegneria@enitgroup.eu

Ing. Antonio Tartaglia



Spazio riservato agli Enti:

File: 2022031_6.9_RelazioneStudioAnemologico		Cod. 2022031		Scala: ---	
6.9	Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Approvato
	00	04/09/2023	Prima emissione	A. Tartaglia	S.M. Caputo
WH Group s.r.l. Via A. Locatelli n.1 - 37122 Verona (VR) – P.IVA 12336131003 ingegneria@enitgroup.eu					

INDICE

1	PREMESSA	4
2	DATI DI PROGETTO	6
3	DESCRIZIONE DELLE OPERE E DELLE SCELTE PROGETTUALI	8
3.1	Localizzazione dell'impianto	8
3.2	Caratteristiche generali della centrale eolica	9
3.3	Tipologia di aerogeneratore.....	10
4	ANEMOMETRIA	13
5	ANALISI DI PRODUCIBILITA'	17
5.1	Modello orografico digitale.....	18
5.2	Risultati dell'analisi di producibilità	20

Indice delle figure

<i>Figura 1 – Inquadramento della centrale eolica in progetto.....</i>	5
<i>Figura 2 – Esempio di installazione di turbina eolica.....</i>	10
<i>Figura 3 – Tipico dell'aerogeneratore in progetto, con dimensioni di ingombro (2022031_ElaboratoGrafico_9.12).....</i>	12
<i>Figura 4 – Rosa dei venti dati anemometro (2005-2006) e data base ERA 5.....</i>	14
<i>Figura 5 – Stazione anemometrica: andamento mensile storico.....</i>	14
<i>Figura 6 – Stazione anemometrica: andamento mensile.....</i>	15
<i>Figura 7 – Stazione anemometrica: Rosa dei venti – distribuzione per settori della frequenza del vento a 30 metri di altezza.</i>	15
<i>Figura 8 - Curva teorica di Weibull.....</i>	16
<i>Figura 9 – Curva di potenza e di spinta utilizzata nelle simulazioni.....</i>	17
<i>Figura 10 – Modello orografico digitale.....</i>	20

Indice delle tabelle

<i>Tabella 1 – Inquadramento particellare delle opere in progetto.....</i>	8
<i>Tabella 2 – Localizzazione e principali caratteristiche degli aerogeneratori.....</i>	9
<i>Tabella 3 - Correlazione dati anemometro e database ERA 5.....</i>	13
<i>Tabella 4 – Riassuntivo stazione anemometrica.....</i>	13
<i>Tabella 5 – Stazione anemometrica: Tabella delle frequenze.....</i>	16
<i>Tabella 6 – Curva di potenza e di spinta utilizzata per la simulazione.....</i>	18
<i>Tabella 7 – Producibilità media annua di centrale.....</i>	21
<i>Tabella 8 – Fattori di perdita produzione netta d'impianto.....</i>	21
<i>Tabella 9 – Stima di producibilità (P50) dell'impianto.....</i>	21

I PREMESSA

La presente relazione descrive la centrale di conversione dell'energia eolica in energia elettrica e le relative opere ed infrastrutture connesse e necessarie, da realizzarsi nell'agro del Comune di Ripabottoni, Sant'Elia a Pianisi e Monacilioni, in Provincia di Campobasso.

Le opere, data la loro specificità, sono da intendersi di interesse pubblico, indifferibili ed urgenti ai sensi di quanto affermato dall'art. 1 comma 4 della legge 10/91 e ribadito dall'art. 12 comma 1 del Decreto Legislativo 387/2003, nonché urbanisticamente compatibili con la destinazione agricola dei suoli come sancito dal comma 7 dello stesso articolo del decreto legislativo.

Tutta la progettazione della centrale di conversione dell'energia eolica in energia elettrica e le relative opere ed infrastrutture connesse e necessarie, è stata sviluppata utilizzando tecnologie ad oggi disponibili sul mercato europeo; dal momento della progettazione definitiva alla realizzazione potranno cambiare le tecnologie e le caratteristiche delle componenti principali, ma resteranno invariate le caratteristiche complessive e principali dell'intero impianto in termini di potenza massima di produzione, occupazione del suolo e ingombri.

La disposizione delle turbine eoliche è stata valutata tenendo in considerazione sia la componente paesaggistica e ambientale (minore impatto ambientale) che quella tecnica (migliore resa energetica a parità di costi dell'impianto).

I principali condizionamenti alla base delle scelte progettuali sono legati ai seguenti aspetti:

- ❖ normativa in vigore;
- ❖ presenza di risorse ambientali e paesaggistiche;
- ❖ vincoli territoriali ed urbanistici;
- ❖ salvaguardia ed efficienza degli insediamenti;
- ❖ presenza di infrastrutture (rete elettrica di trasmissione, viabilità, etc.) e di altri impianti;
- ❖ orografia e caratteristiche del territorio, soprattutto in funzione della producibilità eolica;
- ❖ efficienza e innovazione tecnologica.

Insieme agli aereogeneratori, le opere e le infrastrutture connesse oggetto del presente procedimento autorizzativo sono:

- ❖ Le piazzole nelle vicinanze dell'aereogeneratore per l'installazione e la futura manutenzione delle torri;
- ❖ Le viabilità di accesso agli aereogeneratori;
- ❖ Doppio cavidotto interrato di MT (30 kV) di collegamento degli aereogeneratori per una lunghezza totale di scavo pari a 35,011 km, ricadenti nel comune di Ripabottoni, Sant'Elia a Pianisi, Monacilioni;
- ❖ L'ubicazione di due nuove Sotto Stazione Elettrica Utente 30/36 KV;
- ❖ La realizzazione di due linee 36 kV tra le Sotto Stazioni Elettriche di Utenza e la indicata Stazione Elettrica di trasformazione TERNA.

La realizzazione delle opere dovrà essere preceduta da approvazione da parte del Proponente e dalla presentazione della documentazione necessaria l'autorizzazione e l'esecuzione delle opere stesse, nonché dalla redazione di progetto esecutivo.

L'impianto dovrà essere eseguito nel rispetto di tutte le prescrizioni tecniche nel seguito indicate, nonché nel totale rispetto delle disposizioni legislative, regolamentari e normative vigenti, quando siano applicabili, anche se non direttamente richiamate all'interno della presente relazione.

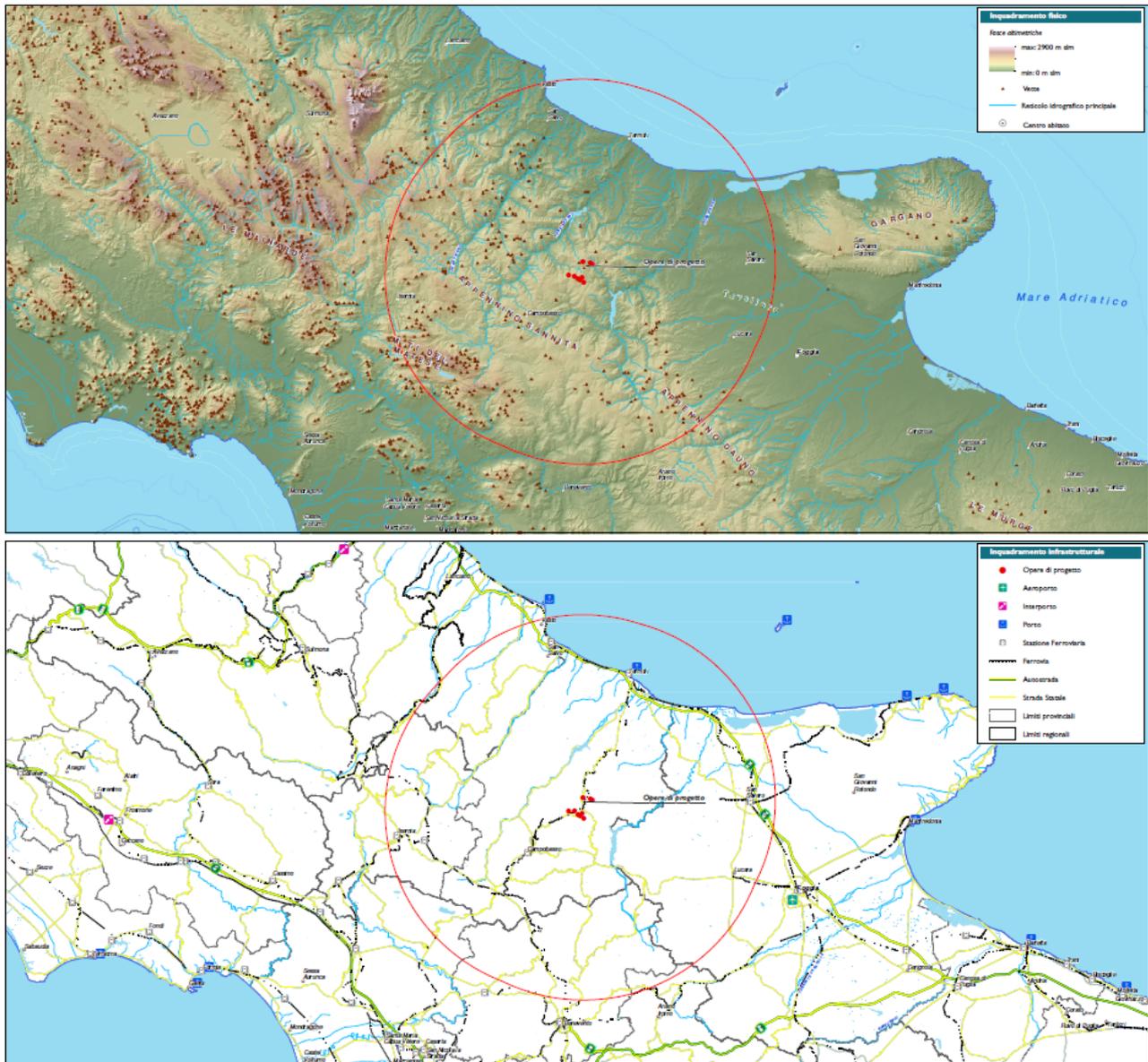


Figura 1 – Inquadramento della centrale eolica in progetto

2 DATI DI PROGETTO

Proponente	EN.IT s.r.l.			
Sede legale	Via Antonio Locatelli n.1 37122 Verona (VR) enitsrl@pec.enitspa.it P.IVA 04642500237			
SITO				
Ubicazione	Comune di Ripabottoni (CB) Comune di Sant'Elia a Pianisi (CB) Comune di Monacilioni (CB)			
Uso	Terreno agricolo			
Dati catastali delle WTG		Comune	Foglio	P.IIa
	WTG 1	Ripabottoni	4	96
	WTG 2	Ripabottoni	13	415
	WTG 3	Ripabottoni	14	41
	WTG 4	Sant'Elia a Pianisi	12	26
	WTG 5	Sant'Elia a Pianisi	26	106
	WTG 6	Monacilioni	3	256
	WTG 7	Monacilioni	6	175
	WTG 8	Ripabottoni	33	161
	WTG 9	Ripabottoni	31	531

Proponente	EN.IT s.r.l.					
Localizzazione delle WTG	<i>Geografiche WGS84</i>		<i>WGS84 UTM33T</i>		<i>Quota slm (m)</i>	
		<i>LAT</i>	<i>LONG</i>	<i>E</i>	<i>N</i>	
	WTG 1	41.696433	14.843253	486957.069	4616084.290	796.355
	WTG 2	41.691528	14.8676	488982.148	4615536.322	577.11
	WTG 3	41.689694	14.874267	489536.655	4615331.875	510.177
	WTG 4	41.6567	14.840433	486714.248	4611673.459	683.143
	WTG 5	41.644889	14.845583	487140.695	4610361.396	616.394
	WTG 6	41.651656	14.833939	486172.470	4611114.484	740.872
	WTG 7	41.652128	14.827586	485643.574	4611167.925	802.682
	WTG 8	41.660642	14.815628	484649.887	4612115.229	813.565
WTG 9	41.660797	14.797	483099.030	4612135.922	710.328	
DATI TECNICI						
Potenza nominale dell'impianto	54 MW					
Tipo di intervento richiesto:	Nuovo impianto			SI		
	Trasformazione			SI		
	Ampliamento			NO		
Dati del collegamento elettrico	Descrizione della rete di collegamento			MT neutro isolato		
	Tensione nominale (Un)			Trasporto 30.000 V Consegna 36.000 V		
	Vincoli della Società Distributrice da rispettare			Normativa TERNA		
Misura dell'energia	Contatore proprio nel punto di consegna per misure GSE, UTF. Contatore proprio e UTF sulla MT per la misura della produzione					
Punto di Consegna	Nuove stazioni di elettriche di trasformazione a 30/36 kV della RTN, da inserire in entra-esce sulla linea RTN a 150 kV "Morrone -Larino"					

3 DESCRIZIONE DELLE OPERE E DELLE SCELTE PROGETTUALI

3.1 Localizzazione dell'impianto

Il presente progetto è finalizzato alla costruzione di una centrale eolica per la produzione di energia elettrica da ubicarsi nel Comune di Ripabottoni, Sant'Elia a Pianisi e Monacilioni, e con l'installazione delle opere ed infrastrutture connesse (cabine elettriche di consegna, rete elettrica interrata a 30 kV, strade di accesso alle WTG in fase di cantiere e di esercizio).

In particolare, 4 aereogeneratori sorgeranno nel comune di Ripabottoni, 2 aerogeneratori nel comune di Sant'Elia a Pianisi, 1 aerogeneratore fra i Comuni di Ripabottoni e Sant'Elia a Pianisi e 2 aerogeneratori nel comune di Monacilioni.

La centrale eolica catastalmente è così identificabile:

ID	Comune	Foglio	P.lle
WTG 1	Ripabottoni	4	96
WTG 2	Ripabottoni	13	415
WTG 3	Ripabottoni	14	41
WTG 4	Sant'Elia a Pianisi	12	26
WTG 5	Sant'Elia a Pianisi	26	106
WTG 6	Monacilioni	3	256
WTG 7	Monacilioni	6	175
WTG 8	Ripabottoni	33	161
WTG 9	Ripabottoni	31	531

Tabella 1 – Inquadramento particellare delle opere in progetto

Per garantire l'accesso alle WTG saranno realizzate delle nuove strade brecciate ed alcuni adeguamenti alla viabilità esistente. Infine, durante la fase di cantiere saranno realizzate delle strade e delle piazzole temporanee.

Facendo riferimento agli elaborati grafici di inquadramento allegati, segue una tabella con indicazione delle coordinate (UTM/WGS84 - Fuso 33) e dimensioni verticali degli aerogeneratori che costituiscono l'impianto eolico:

	Altezza mozzo (m)	Diametro rotore (m)	Potenza (MW)	Nord	Est	Quota slm (m)
WTG1	148	150	6.00	41° 41' 47.16" N	14° 50' 35.71" E	796.355
WTG2	148	150	6.00	41° 41' 29.50"	14° 52' 3.36"	577.11

WTG 3	148	150	6.00	41° 41' 22.90"	14° 52' 27.36"	510.177
WTG4	148	150	6.00	41° 39' 2 4.12"	14° 50' 25.56"	683.143
WTG5	148	150	6.00	41° 38' 41.60"	14° 50' 44.10"	616.394
WTG6	148	150	6.00	41° 39' 5.96"	14° 50' 2.18"	740.872
WTG7	148	150	6.00	41° 39' 7.66"	14° 49' 39.31"	802.682
WTG8	148	150	6.00	41° 39' 38.31"	14° 48' 56.26"	813.565
WTG9	148	150	6.00	41° 39' 38.87"	14° 47' 49.20"	710.328

Tabella 2 – Localizzazione e principali caratteristiche degli aerogeneratori

3.2 Caratteristiche generali della centrale eolica

Le condizioni anemometriche di sito ed il soddisfacimento dei requisiti tecnici minimi d'impianto sono tali da ammettere l'impiego di aerogeneratori aventi caratteristiche geometriche e tecnologiche ben definite.

Ad oggi, in riferimento alla volontà di impiegare la migliore tecnologia disponibile sul mercato, *Best Available Technology*, la scelta è ricaduta su una turbina di ultima generazione, caratterizzata da un rotore con diametro da 170 m, un'altezza del mozzo di 135 m e dotata di un generatore in grado di incrementare l'efficienza della turbina e ridurre la dispersione energetica all'interno del sistema. Tale tipologia di turbina è anche ottimizzata per offrire un'elevata erogazione di potenza con un basso valore di emissioni sonore, in particolare in condizioni di scarsa ventosità (condizioni in cui è maggiormente percettibile l'impatto acustico). Può inoltre essere regolata per ridurre ulteriormente l'inquinamento acustico, senza alterare in modo significativo la sua efficienza.

Dal momento che la tecnologia nel settore della produzione di turbine eoliche è in continua evoluzione, in occasione della stesura del progetto esecutivo, fase successiva alla ufficializzazione della Autorizzazione Unica per la realizzazione dell'impianto in oggetto, la società proponente l'intervento effettuerà un'indagine di mercato per verificare i seguenti aspetti:

- ❖ migliore tecnologia disponibile in quel momento;
- ❖ disponibilità effettiva degli aerogeneratori necessari per la realizzazione dell'impianto;
- ❖ costo degli stessi in funzione del tempo di ammortamento dell'investimento calcolato inizialmente.

La società proponente, pertanto, si riserva di selezionare, mediante bando di gara, il tipo di aerogeneratore più performante al momento dell'ottenimento di tutte le autorizzazioni a costruire, fatto salvo il rispetto dei requisiti tecnici minimi previsti dai regolamenti vigenti in materia e conformemente alle autorizzazioni ottenute.

La potenza installabile, considerando l'impianto composto da 9 macchine con potenza di 6 MW, risulta pari a 54 MW. Il sistema, quindi, sarà composto dai seguenti elementi principali:

- ❖ Vani tecnici di trasformazione interni alle torri,
- ❖ Quadri elettrici MT,

- ❖ Cabine di consegna.

Per la sua realizzazione sono quindi da prevedersi le seguenti opere ed infrastrutture:

Opere Civili:

- ❖ Realizzazione della viabilità di servizio interna all'impianto;
- ❖ Adeguamento/ampliamento della rete viaria esistente nel sito
- ❖ Realizzazioni dei cavidotti di utenza e di connessione;
- ❖ Esecuzione dei plinti di fondazione delle macchine eoliche;
- ❖ Realizzazione delle piazzole degli aerogeneratori;
- ❖ Posa in opera delle cabine di consegna alla rete AT di Terna.



Figura 2 – Esempio di installazione di turbina eolica

Opere impiantistiche:

- ❖ Installazione degli aerogeneratori;
- ❖ Esecuzione dei collegamenti elettrici in cavidotti interrati tra i singoli aerogeneratori e tra gli aerogeneratori e le cabine di consegna dell'energia elettrica prodotta.

3.3 Tipologia di aerogeneratore

Gli aerogeneratori costituenti il parco eolico in oggetto hanno tutti lo stesso numero di pale (tre), la stessa altezza e il medesimo senso di rotazione. La scelta del modello di aerogeneratore da acquistarsi sarà effettuata dopo l'ottenimento della Autorizzazione Unica, per mezzo di procedura competitiva negoziata o di gara Europea.

Non è infatti possibile né sensato scegliere oggi il modello esatto di aerogeneratore, in considerazione dei seguenti fattori:

- ❖ la politica aziendale del Proponente impone di scegliere i fornitori sul mercato tramite selezioni competitive o gare;

- ❖ la innovazione tecnologica del settore è tale che nell'arco di 1-2 anni molti modelli usciranno dal mercato a vantaggio di nuovi modelli più efficienti;
- ❖ la innovazione di processo è tale che ogni anno si assiste ad una diminuzione di prezzo a parità di prestazione; scegliere perciò il modello oggi implicherebbe la rinuncia a godere del risparmio economico ottenibile fra qualche anno;

Alla luce di ciò, per redigere il Progetto, ed in cascata lo Studio di Impatto Ambientale, è stato perciò scelto un "Aerogeneratore di Progetto". Il tipo di turbina utilizzato è la **Vestas V150** con altezza del mozzo di 148 metri ed il diametro del rotore di 150 metri ed è contraddistinto dalle seguenti dimensioni e caratteristiche tecniche:

- ❖ Potenza nominale 6 MW
- ❖ Numero di pale 3
- ❖ Diametro rotore 150 m
- ❖ Altezza del mozzo 148 m
- ❖ Velocità del vento di cut-in 3 m/s
- ❖ Velocità del vento di cut-out 25 m/s
- ❖ Generatore Asincrono
- ❖ Tensione 690 V

Ciascuna torre sarà dotata di un proprio trasformatore 30 kV / 690 V, al fine di consentire il trasporto dell'energia verso le cabine utente ad un livello di tensione superiore, minimizzando così le perdite per effetto Joule.

Per l'architettura dell'aerogeneratore e le dimensioni caratteristiche si rimanda all'Elaborato Grafico *2022031_9.12_TipicoAerogeneratore*.

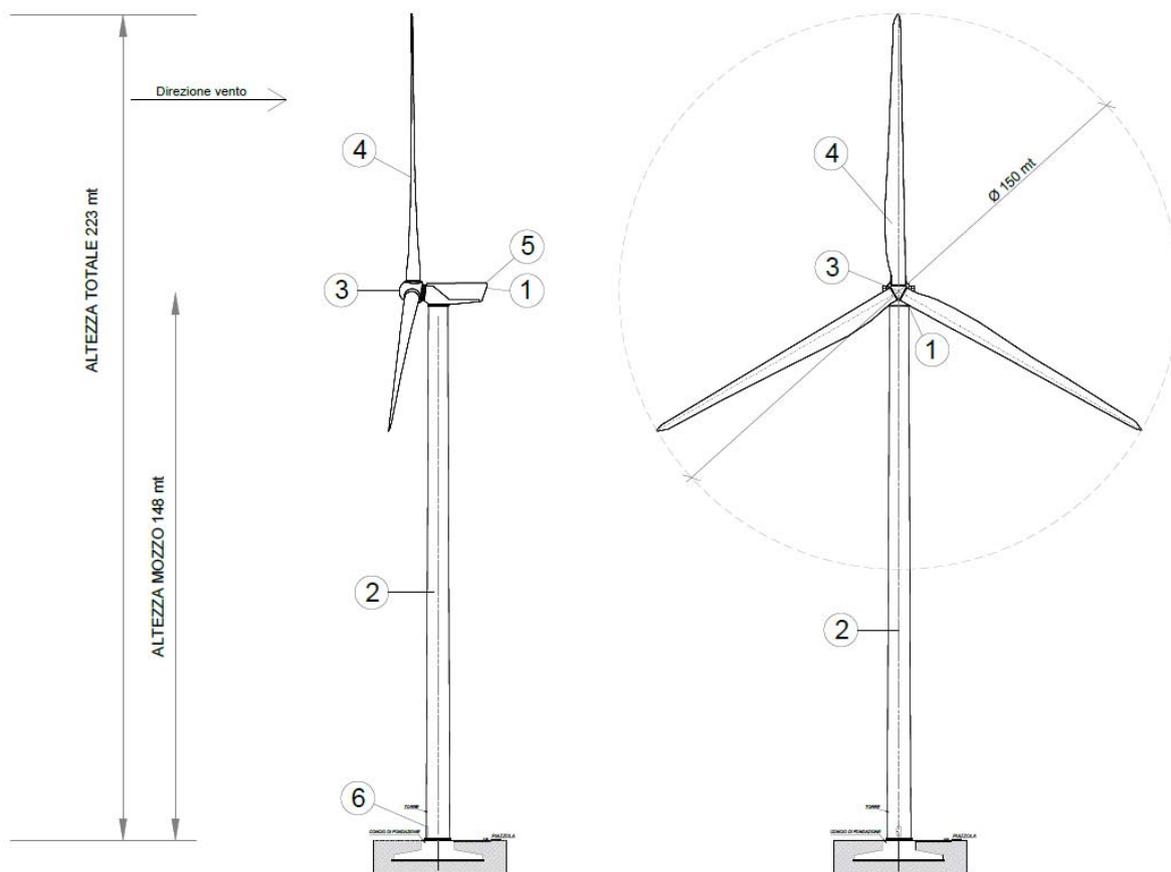


Figura 3 – Tipico dell'aerogeneratore in progetto, con dimensioni di ingombro (2022031_ElaboratoGrafico_9.12)

4 ANEMOMETRIA

Per lo studio anemometrico del sito in oggetto sono stati utilizzati i dati a mesoscala acquistati da Vortex. Per individuare il database di dati più rappresentativi del sito sono stati impiegati i dati storici di una stazione anemometrica ubicata a circa 7 km a Sud dalla zona interessata dalla iniziativa, con l'obiettivo poi di ricostruire una mappa eolica di area vasta. I dati disponibili registrati durante l'anno 2005-2006 sono stati correlati con 3 diversi database: ERA 5, MERRA2, CFSR. Il database scelto è stato ERA 5 con i seguenti risultati di correlazione

Variable/Metric	Observations vs. Series	Observations vs. Remodeled
R-square Hourly (Pearson Coefficient)	0.64	0.88
R-square Daily (Pearson Coefficient)	0.85	0.98
R-square Monthly (Pearson Coefficient)	0.93	1.00
Mean Wind Speed Relative Error (%)	0.0	0.1
Scale Weibull Parameter Relative Error (%)	1.6	1.0
Shape Weibull Parameter Relative Error (%)	+15.0	+8.2

Tabella 3 - Correlazione dati anemometro e database ERA 5.

La stazione anemometrica virtuale della rete ERA5 è posizionata nel Comune di Monacilioni (CB). Le ERA5 sono la quinta release di rianalisi sul clima globale rese disponibili dal centro europeo ECMWF. Dal database sono disponibili dati di velocità vento, direzione, temperatura, umidità e pressione a diverse altezze sls con risoluzione oraria.

In tabella sono riportate le caratteristiche principali della stazione anemometrica utilizzata.

Stazione anemometrica	Coordinate		Quota	Altezza	dal	al
	LAT	LONG	(m)	(m)		
ERA5	41.653697	14.816874	896	30	01/01/2000	24/11/2022

Tabella 4 – Riassuntivo stazione anemometrica

I dati disponibili, che coprono un periodo di oltre 23 anni con una frequenza di acquisizione oraria, sono stati validati e opportunamente calibrati mediante correlazione con i dati anemometrici disponibili e registrati nell'area vasta. Tali dati sono forniti in versione "Remodeled", con una correlazione più alta, pertanto più rappresentativo del sito. Le rianalisi forniscono una descrizione numerica della ventosità storica del sito, correlando grandi quantità di osservazioni storiche con misurazioni in sito di durata temporale ridotta (generalmente un anno o più), utilizzando modelli avanzati e sistemi di assimilazione dei dati.

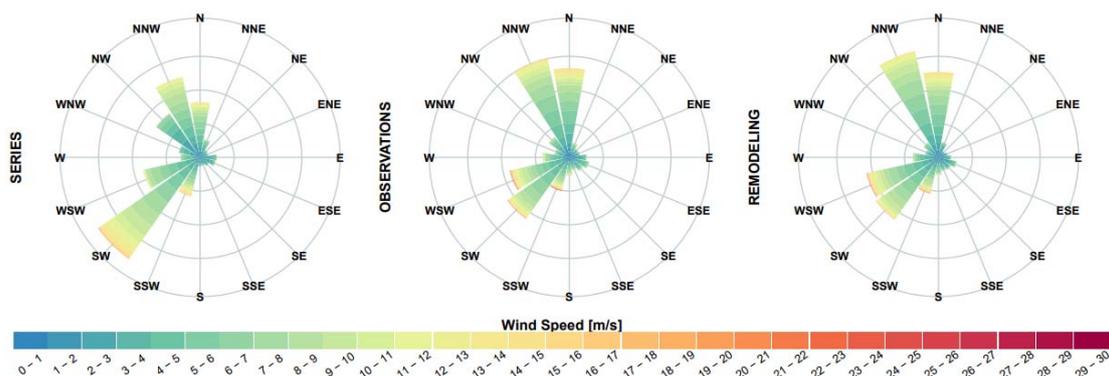


Figura 4 – Rosa dei venti dati anemometro (2005-2006) e data base ERA 5.

Sono state calcolate le distribuzioni statistiche di Weibull, ovvero le curve teoriche interpolanti gli istogrammi di distribuzione delle frequenze di occorrenza sperimentali, discretizzate per intervalli di velocità vento pari a 1 m/s. Tali andamenti sono univocamente determinati attraverso il calcolo dei due parametri di Weibull, A e k.

La caratterizzazione ed i risultati delle elaborazioni eseguite sono sintetizzati dalle tabelle e dai diagrammi riportati di seguito:

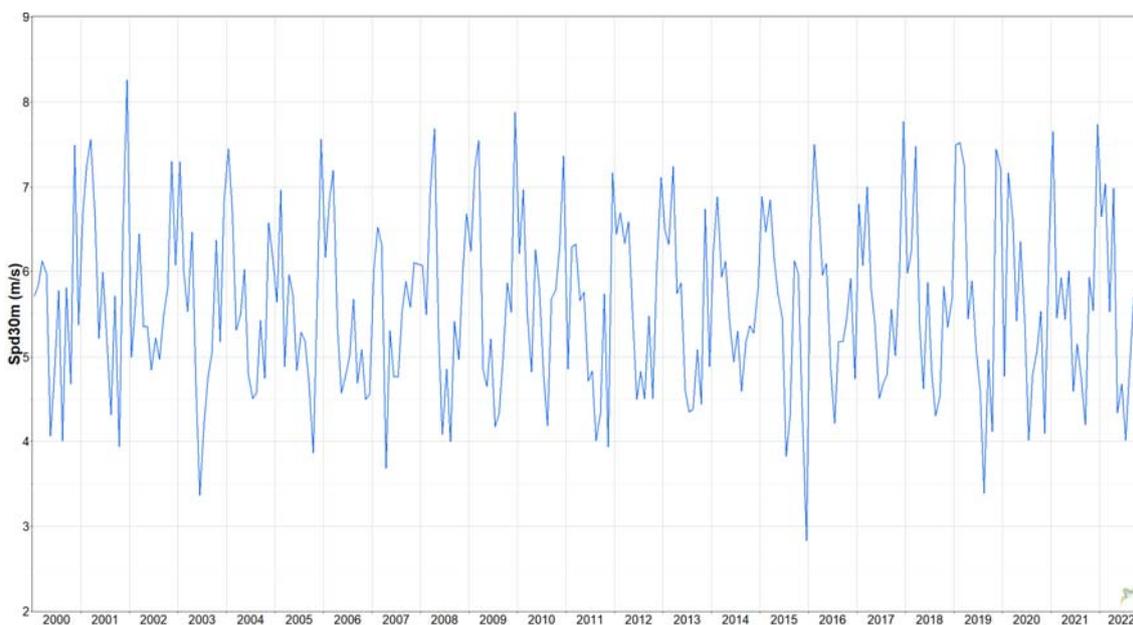


Figura 5 - Stazione anemometrica: andamento mensile storico

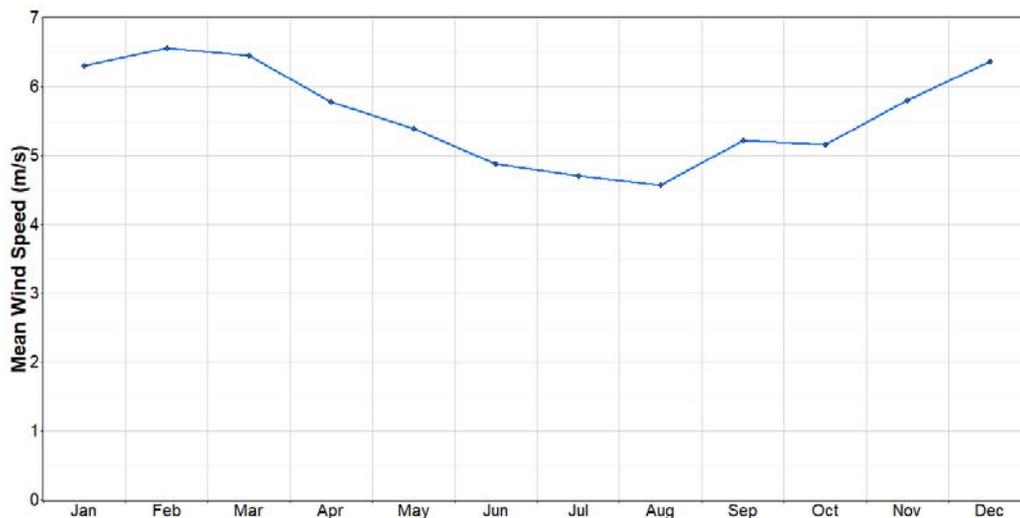


Figura 6 – Stazione anemometrica: andamento mensile

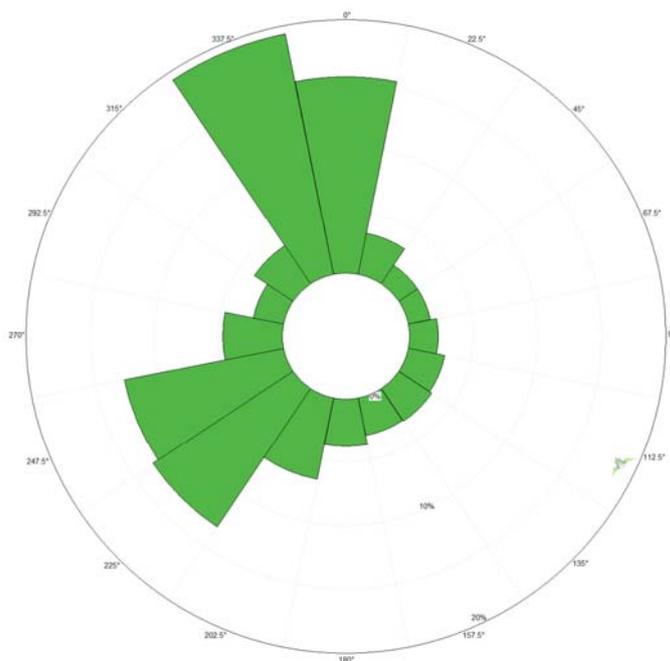


Figura 7 – Stazione anemometrica: Rosa dei venti – distribuzione per settori della frequenza del vento a 30 metri di altezza.

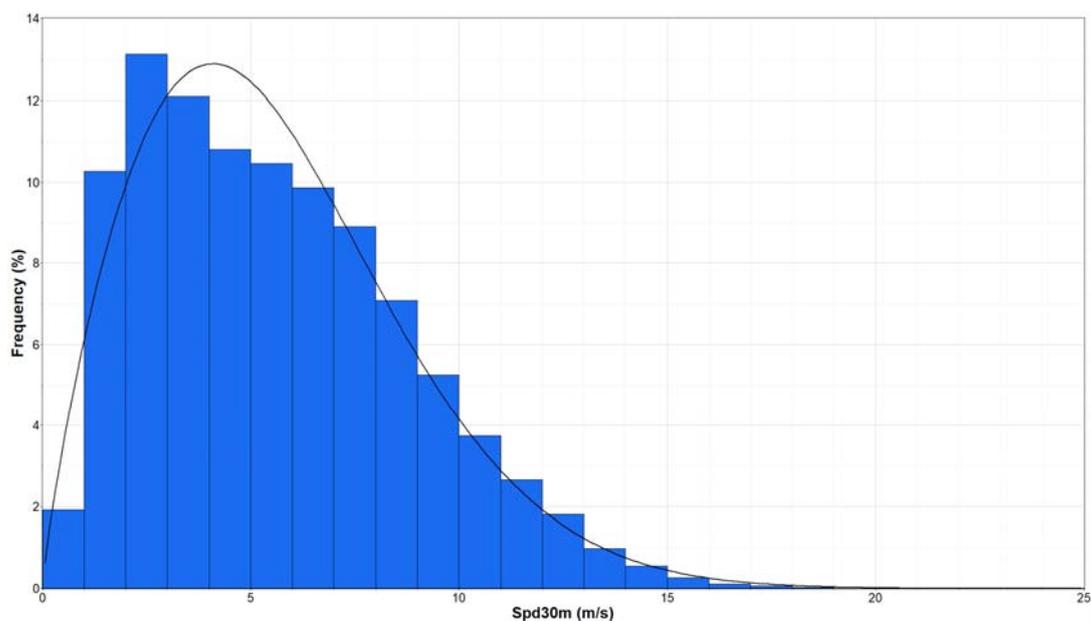


Figura 8 - Curva teorica di Weibull

Direzione [°]	k	A [m/s]	Frequenza	V media [m/s]
348.75° - 11.25°	2.078	7.244	15.54	6.417
11.25° - 33.75°	1.707	3.87	3.34	3.452
33.75° - 56.25°	1.705	3	1.76	2.676
56.25° - 78.75°	1.937	2.82	1.76	2.501
78.75° - 101.25°	1.702	3.209	2.26	2.863
101.25° - 123.75°	1.817	3.597	2.91	3.197
123.75° - 146.25°	1.944	3.835	3.1	3.401
146.25° - 168.75°	1.647	4.176	3.03	3.735
168.75° - 191.25°	1.557	5.406	3.77	4.86
191.25° - 213.75°	1.843	7.265	6.6	6.454
213.75° - 236.25°	2.297	7.702	13.15	6.823
236.25° - 258.75°	2.25	7.34	12.69	6.501
258.75° - 281.25°	1.996	5.158	4.66	4.571
281.25° - 303.75°	1.906	3.533	2.44	3.134
303.75° - 326.25°	1.817	4.217	3.64	3.749
326.25° - 348.75°	2.411	7.353	19.37	6.519
Totali	1.83	6.3	100	5.599

Tabella 5 – Stazione anemometrica: Tabella delle frequenze

5 ANALISI DI PRODUCIBILITA'

Come menzionato in precedenza, si tratta di turbine tripala a velocità variabile e controllo di potenza/coppia attraverso la regolazione del passo delle pale; il diametro del rotore massimo previsto è pari a 150 metri. L'aerogeneratore preso a modello, che rispecchia queste caratteristiche, è il modello **Vestas V150** ad una potenza nominale di **6.0 MW**, costruito dalla Vestas, con altezza mozzo 148 metri. L'inizio della produzione di energia elettrica avviene per una velocità del vento pari a 3 m/s; il distacco, o messa in bandiera, per una velocità del vento maggiore di 25 m/s.

La curva di potenza elettrica delle turbine corrisponde ad una densità dell'aria di 1.225 kg/m³. Per il calcolo delle perdite di energia da interferenza aerodinamica tra le macchine (effetto scia) è stata inoltre implementata, alle medesime condizioni di densità dell'aria, la curva del coefficiente di spinta aerodinamica (Ct) in funzione della velocità vento.

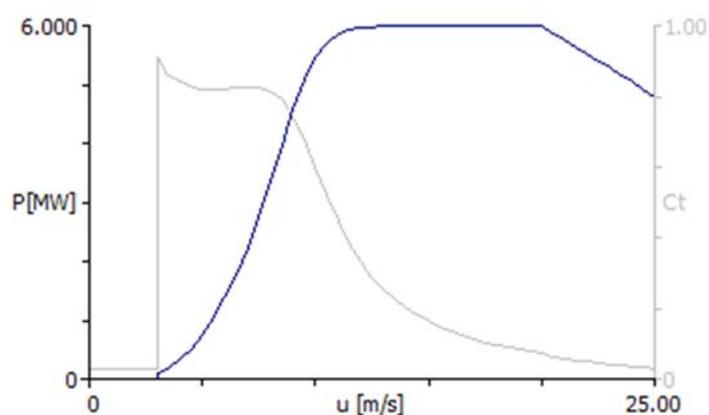


Figura 9 – Curva di potenza e di spinta utilizzata nelle simulazioni

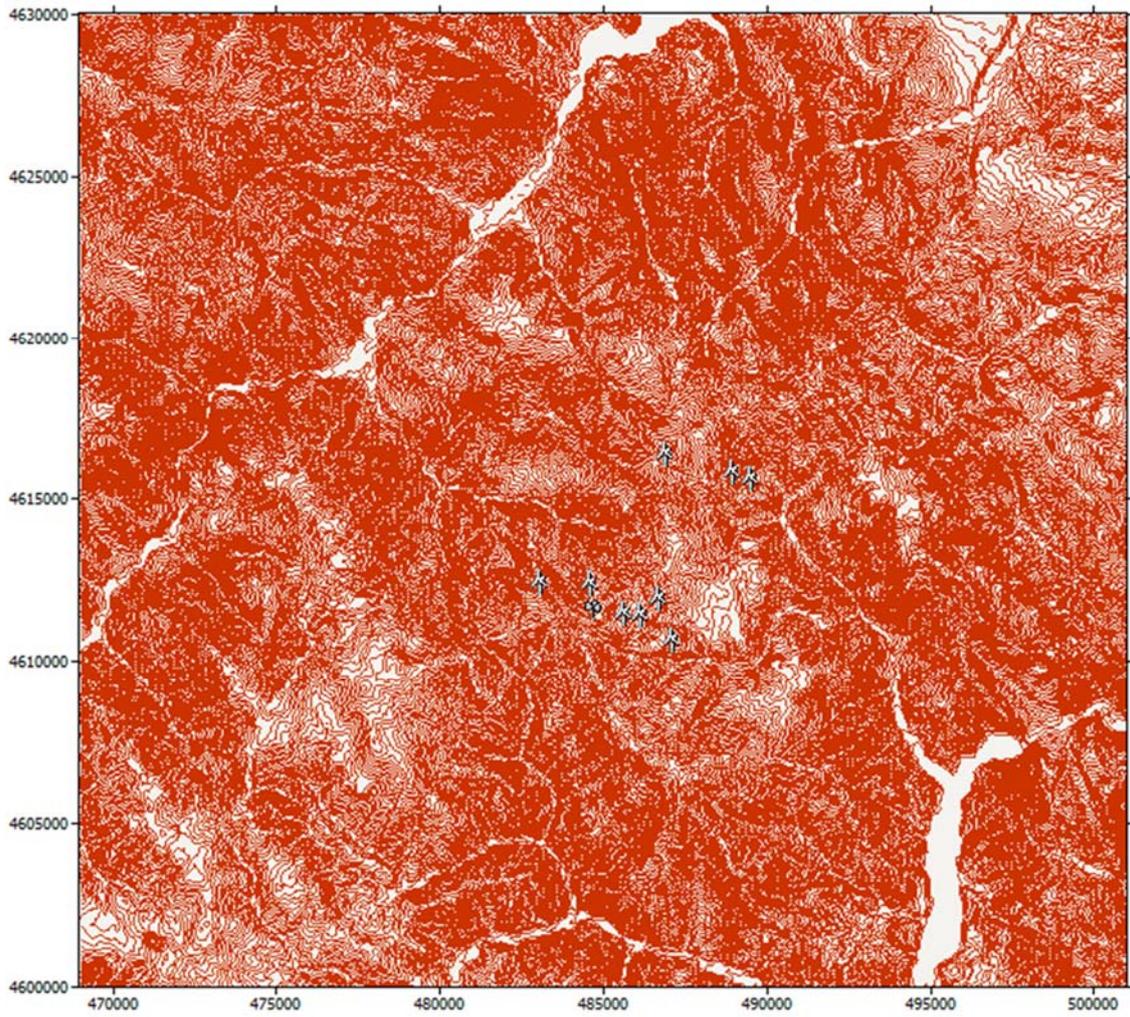
Velocità vento [m/s]	Potenza [kW]	Ct
3	40000	0,862
3.5	135000	0.84
4	250000	0.808
4.5	391000	0.791
5	563000	0.784
5.5	775000	0.784
6	1032000	0.785
6.5	1337000	0.786
7	1693000	0.786
7.5	2101000	0.787
8	2565000	0.787
8.5	3086000	0.784
9	3657000	0.769
9.5	4231000	0.73
10	4777000	0.674
10.5	5258000	0.613
11	5642000	0.55

<i>Velocità vento</i> <i>[m/s]</i>	<i>Potenza</i> <i>[kW]</i>	<i>Ct</i>
11.5	5867000	0.482
12	5956000	0.417
12.5	5988000	0.362
13	5998000	0.316
13.5	6000000	0.279
14	6000000	0.247
14.5	6000000	0.221
15	6000000	0.198
15.5	6000000	0.179
16	6000000	0.162
16.5	6000000	0.147
17	5842000	0.131
17.5	5585000	0.116
18	5353000	0.102
18.5	5121000	0.09
19	4887000	0.079
19.5	4655000	0.07
20	4424000	0.062
20.5	4196000	0.055
21	3966000	0.049
21.5	3723000	0.043
22	3495000	0.038
22.5	3259000	0.033
23	3012000	0.029
23.5	2806000	0.026
24	2580000	0.022
24.5	2288000	0.019
25	2044000	0.016

Tabella 6 – Curva di potenza e di spinta utilizzata per la simulazione

5.1 Modello orografico digitale

È stato realizzato un modello orografico digitale che descrive l'andamento altimetrico dell'area geografica interessata dalla simulazione del campo di vento. Al modello è stata, quindi, aggiunta una mappa di rugosità del terreno. Il modello ottenuto è rappresentato nella immagine che segue.



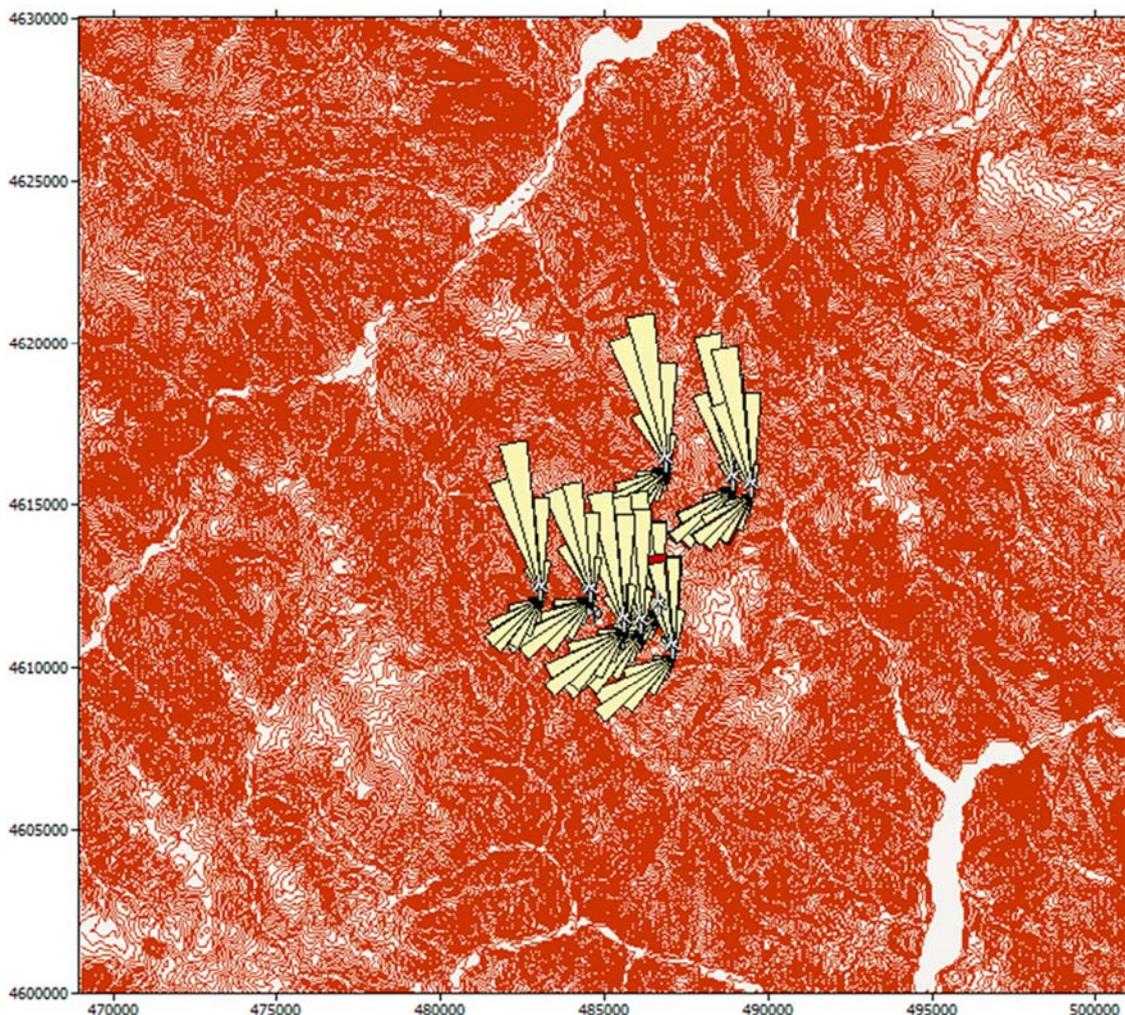


Figura 10 – Modello orografico digitale

5.2 Risultati dell’analisi di producibilità

La stima della resa energetica d’impianto è stata eseguita calcolando la producibilità per ciascuna delle sei turbine costituenti l’impianto.

La velocità vento su ogni posizione è stata calcolata attraverso l’applicazione WAsP 12.7 dall’atlante di vento estrapolato dalle acquisizioni della stazione anemometrica descritta nei paragrafi precedenti.

Per il calcolo della resa energetica, al netto delle perdite per effetto scia da interferenza aerodinamica.

Turbine			Parametri distr. Weibull		h mozzo [m]	Velocità vento al mozzo [m/s]	Resa energetica annua		
			A	k			Perdite per scia aerodinamica	lorda [GWh/anno]	netta [GWh/anno]
WTG2	V150	6.0 MW	7,28	1,78	148	6,48	0,93%	16,435	16,282
WTG3	V150	6.0 MW	7,00	1,77	148	6,23	1,02%	15,366	15,209
WTG4	V150	6.0 MW	7,24	1,81	148	6,44	5,35%	16,108	15,246
WTG5	V150	6.0 MW	7,05	1,78	148	6,27	2,65%	15,295	14,890

WTG6	V150	6.0 MW	7,70	1,79	148	6,85	1,22%	17,854	17,636
WTG7	V150	6.0 MW	7,94	1,80	148	7,06	0,62%	18,718	18,602
WTG8	V150	6.0 MW	7,84	1,81	148	6,97	0,56%	18,318	18,215
WTG9	V150	6.0 MW	7,35	1,78	148	6,54	0,11%	16,573	16,555
Totali		54.00MW						153,844	151,740
Media unitaria						6.67	1.43%	17,094	16,860

Tabella 7 – Producibilità media annua di centrale

Ai fini del calcolo della producibilità netta di impianto, ovvero quella effettivamente immessa in rete e dunque fatturata ai fini della vendita dell'energia, sono stati considerati i seguenti fattori di perdita.

Fattore	Perdita
Efficienza elettrica	3.00%
Disponibilità	2.00%
Isteresi per elevata velocità vento	0.50%
Lavori di manutenzione sottostazione	0.20%
Ghiaccio e depositi sulle pale	0.20%

Tabella 8 – Fattori di perdita produzione netta d'impianto

Pertanto, sulla base delle suddette considerazioni, si può stimare che la producibilità netta media annua (P50) della centrale eolica in progetto sia pari a 142.949 GWh/anno, corrispondente a 2647 ore equivalenti medie unitarie a potenza nominale.

Turbine			Energia annua	ore equivalenti
			P50	(P 50)
			[GWh/anno]	[h]
WTG1	6.0	MW	17,998	3000
WTG2	6.0	MW	15,339	2556
WTG3	6.0	MW	14,328	2388
WTG4	6.0	MW	14,363	2394
WTG5	6.0	MW	14,027	2338
WTG6	6.0	MW	16,614	2769
WTG7	6.0	MW	17,524	2921
WTG8	6.0	MW	17,160	2860
WTG9	6.0	MW	15,596	2599
Totale	54.00	MW	142.949	
Medie unitaria				2647

Tabella 9 – Stima di producibilità (P50) dell'impianto