

REGIONE
SICILIANA



COMUNE DI
SCLAFANI BAGNI



COMUNE DI
VALLELUNGA PRATAMENO



COMUNE DI
VILLALBA



COMUNE DI
CASTELLANA SICULA



Il Committente:

FLYNIS PV 35 S.r.l.

Via Cappuccio 12, 20123 Milano (MI)
Tel. +39 0118123575
C.F. e P.IVA 12446530961
flynispv35srl@legalmail.it

Il Progettista:



dott. ing. VITTORIO RANDAZZO



dott. ing. VINCENZO DI MARCO

Titolo del progetto:

PARCO EOLICO "CAPELVENERE"
POTENZA NOMINALE 39,6 MW

Documento:

PROGETTO DEFINITIVO

N° Documento:

F35_SCL_D06_REL

ID PROGETTO:

TIPOLOGIA:

FORMATO:

TITOLO:

STIMA DI PRODUCIBILITA'

FOGLIO:

SCALA:

NA:

Rev:	Data	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
0	07/10/2023		M.M	V.D.	V.R.



REGIONE SICILIA



Città Metropolitana
di Palermo



Comune di Sclafani Bagni

Il Committente:

FLYNIS PV 35 S.R.L.
Via Cappuccio, 12 – 20123 Milano (MI)
C.F. e P.IVA: 12446530961 – E-mail: projectmanagement@flyren.eu
PEC: flynispv35srl@legalmail.it – Telefono: +39 011 8123575

Il Progettista:



FLYREN
THE CULTURE OF CLEAN ENERGY

Dott. Ing. MASSIMILIANO MEO



Titolo del progetto:

REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO
DALLA POTENZA COMPLESSIVA DI 39,6 MW
NEL COMUNE DI SCLAFANI BAGNI (PA)

Documento:

PROGETTO DEFINITIVO

N° Documento:

F35_SCL_D06_REL

ID PROGETTO:

DISCIPLINA:

TIPOLOGIA:

D

FORMATO:

A4

Titolo:

STIMA DI PRODUCIBILITA'

FOGLIO:

-

SCALA:

-

Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	07/10/2023	PRIMA EMISSIONE	M.M.	M.M.	M.M.

FLYNIS PV 35 S.r.l. Via Cappuccio 12, 20123 Milano (MI) Tel. +39 0118123575 C.F. e P.IVA 12446530961 flynispv35srl@legalmail.it	PARCO EOLICO “CAPELVENERE”	 FLYREN <small>THE CULTURE OF CLEAN ENERGY</small>		
STIMA DI PRODUCIBILITA'		07/10/2023	REV.00	Pag. 1

Sommario

1. INTRODUZIONE	2
1.1. Premessa.....	2
1.2. Inquadramento geografico del sito.....	2
1.3. Metodologia di analisi.....	8
2. CRITERI ADOTTATI PER LA VALUTAZIONE	12
2.1. Modello digitale orografico.....	12
2.2. Mappa di rugosità.....	12
2.3. Ostacoli.....	12
2.4. Densità dell'aria	13
2.5. Risorsa eolica	13
2.6. Descrizione dell'aereogeneratore.....	17
3. CALCOLO E VERIFICA DELLA PRODUZIONE ATTESA.....	20
3.1. Stima della produzione energetica	20
3.2. Verifica dell'idoneità del sito.....	23
3.3. Conclusioni.....	24



1. INTRODUZIONE

1.1. Premessa

Il presente documento rappresenta la valutazione preliminare di ventosità e di produzione di energia elettrica del progetto dell'impianto eolico costituito da n° 6 aerogeneratori con potenza unitaria pari a 6,6 MW, per una potenza complessiva di 39,6 MW. L'energia prodotta affrisce mediante un sistema in cavo interrato alla stazione elettrica di trasformazione, il collegamento alla Rete di trasmissione Nazionale avviene per mezzo della Cabina Primaria a 150 kV (in costruzione) di E-Distribuzione.

1.2. Inquadramento geografico del sito

Il sito di installazione è localizzato in Sicilia e precisamente in Contrada "Capelvenere" nel comune di Sclafani Bagni (PA), con soluzione di connessione nel comune di Sclafani Bagni (PA). Complessivamente, l'area si inserisce in ambito agricolo con prevalenza di seminativi nella parte settentrionale e meridionale e mandorleti nella parte centrale.



Figura 1: Area di installazione

Nel suo insieme l'area di progetto risulta essere ben esposta ai venti dominanti soprattutto per le componenti energeticamente più importanti che provengono sostanzialmente dai settori Nord ed Sud-Est.

La disposizione degli aerogeneratori all'interno dell'area individuata per il parco eolico si è basata su diversi criteri che conciliano il massimo sfruttamento dell'energia del vento con il rispetto dei vincoli paesaggistici e territoriali.

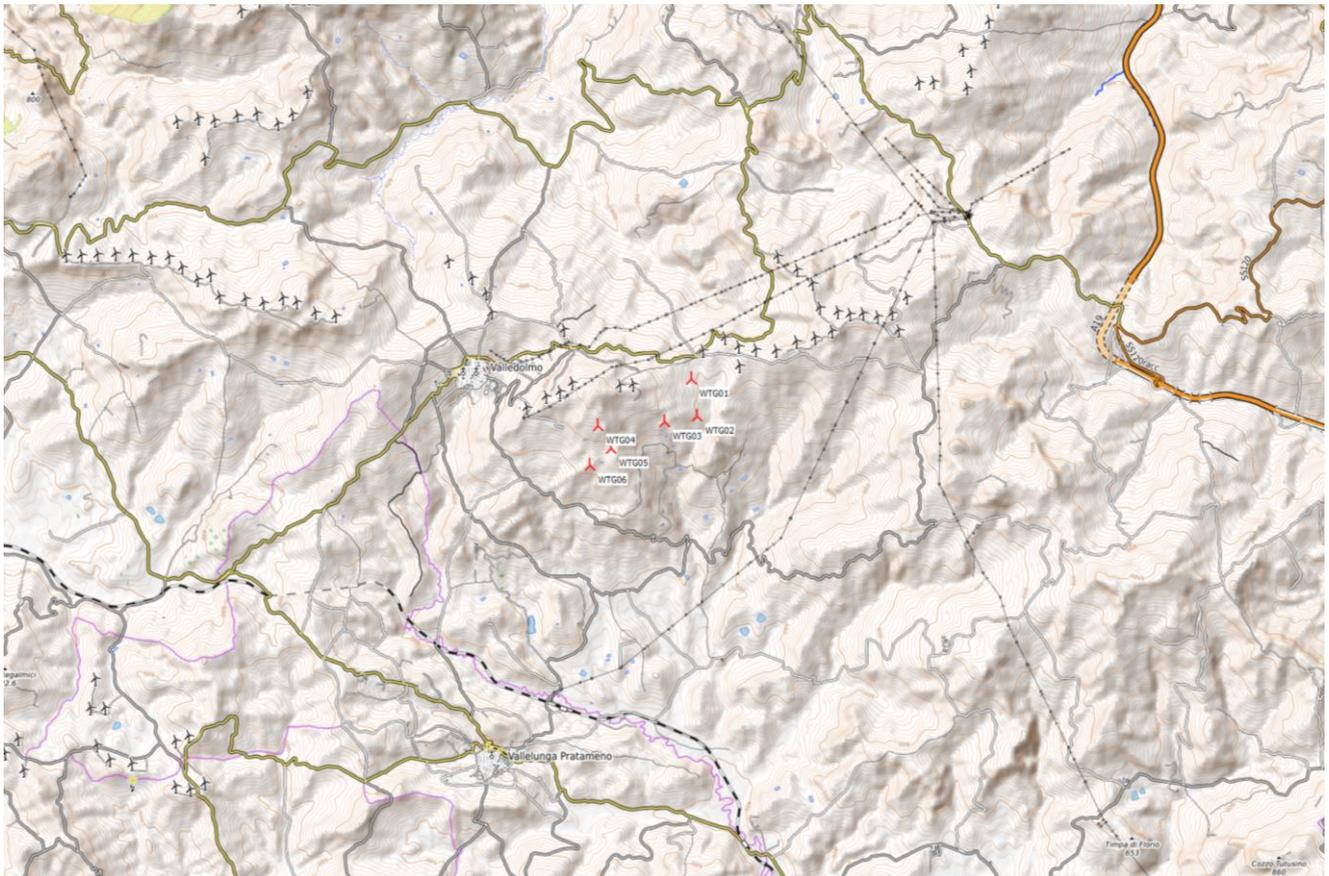


Figura 2: Layout del parco eolico

Di seguito si riportano le coordinate degli aerogeneratori nel sistema di riferimento WGS84 UTM fuso 33N:

ID Turbina	Comune	Nord	Est	Altezza s.l.m. (m)
WTG01	Sclafani Bagni	37°44'48,68"	13°52'24,95"	810
WTG02	Sclafani Bagni	37°44'26,05"	13°52'29,30"	796
WTG03	Sclafani Bagni	37°44'22,85"	13°52'05,63"	851
WTG04	Sclafani Bagni	37°44'20,02"	13°51'14,22"	955
WTG05	Sclafani Bagni	37°44'06,32"	13°51'24,25"	880
WTG06	Sclafani Bagni	37°43'56,15"	13°51'08,11"	837

FLYNIS PV 35 S.r.l. Via Cappuccio 12, 20123 Milano (MI) Tel. +39 0118123575 C.F. e P.IVA 12446530961 flynispv35srl@legalmail.it	PARCO EOLICO "CAPELVENERE"		 FLYREN <small>THE CULTURE OF CLEAN ENERGY</small>	
	STIMA DI PRODUCIBILITA'		07/10/2023	REV.00

La posizione degli aerogeneratori è stata definita analizzando la distribuzione del potenziale eolico, al fine di ottenere per ogni macchina la massima producibilità e, allo stesso tempo, minimizzare il disturbo causato alle macchine poste in scia ad altre (perdite per effetto scia).

L'area è interessata dalla presenza di altri impianti eolici, le quali turbine saranno considerate nel calcolo delle interferenze e della producibilità; di seguito si riportano le coordinate degli aerogeneratori nel sistema di riferimento Geo [deg,min,sec] - WTG84:

Enel Green Power	Comune	Nord	Est	Altezza s.l.m. (m)
Vestas V52 850kW	Valledolmo	37°45'29,30"	13°50'00,83"	880
Vestas V52 850kW	Valledolmo	37°45'24,57"	13°49'54,06"	879
Vestas V52 850kW	Valledolmo	37°45'32,10"	13°49'55,89"	880
Vestas V52 850kW	Valledolmo	37°45'36,33"	13°49'49,44"	890
Vestas V52 850kW	Valledolmo	37°45'41,78"	13°49'43,24"	890
Vestas V52 850kW	Valledolmo	37°45'45,56"	13°49'39,19"	884
Vestas V52 850kW	Valledolmo	37°45'53,75"	13°49'36,15"	846
Vestas V52 850kW	Valledolmo	37°45'53,10"	13°49'28,77"	848
Vestas V52 850kW	Valledolmo	37°45'55,91"	13°49'21,30"	830

Minieolico	Comune	Nord	Est	Altezza s.l.m. (m)
Stoma ST-K60/D22 60kW	Sclafani Bagni	37°44'33,96"	13°50'35,29"	958
Stoma ST-K60/D22 60kW	Sclafani Bagni	37°44'33,78"	13°50'39,87"	960
Stoma ST-K60/D22 60kW	Sclafani Bagni	37°44'33,85"	13°50'43,71"	963
Endurance E-3120 50kW	Sclafani Bagni	37°44'34,05"	13°50'47,63"	973
Vestas V27 225kW	Sclafani Bagni	37°44'36,48"	13°50'37,71"	961
Stoma ST-K60/D22 60kW	Sclafani Bagni	37°44'36,46"	13°50'41,59"	970
Stoma ST-K60/D22 60kW	Sclafani Bagni	37°44'36,50"	13°50'45,71"	973
Stoma ST-K60/D22 60kW	Sclafani Bagni	37°44'36,31"	13°50'50,37"	983



Endurance E-3120 50kW	Sclafani Bagni	37°44'39,68"	13°50'45,66"	981
Stoma ST-K60/D22 60kW	Sclafani Bagni	37°44'39,66"	13°50'47,71"	986
Vestas V27 225kW	Sclafani Bagni	37°44'39,67"	13°50'52,12"	990
Stoma ST-K60/D22 60kW	Sclafani Bagni	37°44'41,78"	13°50'55,32"	1004
Ropatec T20 proS 20kW	Sclafani Bagni	37°44'40,00"	13°51'18,76"	1039
Ropatec T20 proS 20kW	Sclafani Bagni	37°44'40,34"	13°51'21,00"	1034
Ropatec T20 proS 20kW	Sclafani Bagni	37°44'38,91"	13°51'27,23"	1008
Ropatec T20 proS 20kW	Sclafani Bagni	37°44'39,34"	13°51'27,88"	1008
Aria Libellula 60i 60kW	Sclafani Bagni	37°44'40,38"	13°51'31,42"	992
Ropatec T20 proS 20kW	Sclafani Bagni	37°44'40,72"	13°51'33,17"	990
Ropatec T20 proS 20kW	Sclafani Bagni	37°44'41,06"	13°51'34,80"	990
Ropatec T20 proS 20kW	Sclafani Bagni	37°44'41,27"	13°51'36,51"	990
Ropatec T20 proS 20kW	Sclafani Bagni	37°44'40,71"	13°51'38,64"	989
Aria Libellula 60i 60kW	Sclafani Bagni	37°44'40,90"	13°51'41,21"	983
Aria Libellula 60i 60kW	Sclafani Bagni	37°44'40,83"	13°51'43,95"	980
Aria Libellula 60i 60kW	Sclafani Bagni	37°44'40,82"	13°51'46,28"	971
Northern Power NPS 60-24 60kW	Sclafani Bagni	37°45'01,52"	13°52'34,47"	830
Northern Power NPS 60-24 60kW	Sclafani Bagni	37°45'01,63"	13°52'39,13"	840
Northern Power NPS 60-24 60kW	Caltavuturo	37°45'09,18"	13°52'51,31"	851
Vestas V27 225kW	Caltavuturo	37°45'08,88"	13°52'53,40"	855
GHRE POWER FD23-60 60kW	Caltavuturo	37°44'52,31"	13°53'02,19"	828
GHRE POWER FD23-60 60kW	Caltavuturo	37°44'52,42"	13°53'06,24"	825



GHRE POWER FD23-60 60kW	Caltavuturo	37°44'52,56"	13°53'10,81"	825
Northern Power NPS 60-24 60kW	Caltavuturo	37°46'08,14"	13°53'33,06"	910
Vestas V27 225kW	Caltavuturo	37°46'07,27"	13°53'29,80"	910
Northern Power NPS 60-24 60kW	Caltavuturo	37°46'04,50"	13°53'29,15"	910
Tekna Energy TE30KP-24/30H 30kW	Valledolmo	37°45'28,94"	13°50'03,95"	880
Stoma ST-K60/D22 60kW	Valledolmo	37°45'28,48"	13°50'06,41"	880
Stoma ST-K60/D22 60kW	Valledolmo	37°45'25,37"	13°50'07,36"	880
Stoma ST-K60/D22 60kW	Valledolmo	37°45'24,69"	13°50'10,64"	880
Northern Power NPS 60-24 60kW	Valledolmo	37°45'26,16"	13°50'14,86"	883
Tekna Energy TE30KP-24/30H 30kW	Valledolmo	37°45'26,67"	13°50'16,78"	885
Northern Power NPS 60-24 60kW	Valledolmo	37°45'23,42"	13°50'16,62"	880
Tekna Energy TE30KP-24/30H	Valledolmo	37°45'26,26"	13°50'18,62"	888
Northern Power NPS 60-24 60kW	Valledolmo	37°45'23,61"	13°50'19,73"	878
Stoma ST-K60/D22 60kW	Valledolmo	37°45'23,05"	13°50'25,66"	888
Stoma ST-K60/D22 60kW	Valledolmo	37°45'22,56"	13°50'28,12"	890
Tekna Energy TE30KP-24/30H 30kW	Valledolmo	37°45'21,87"	13°50'30,91"	890
Tekna Energy TE30KP-24/30H 30kW	Valledolmo	37°45'22,94"	13°50'33,67"	900
Tekna Energy TE30KP-24/30H 30kW	Valledolmo	37°45'23,44"	13°50'35,38"	900
Tekna Energy TE30KP-24/30H 30kW	Valledolmo	37°45'21,36"	13°50'35,00"	900
Tekna Energy TE30KP-24/30H 30kW	Valledolmo	37°45'22,06"	13°50'39,82"	909
Tekna Energy TE30KP-24/30H 30kW	Valledolmo	37°45'20,87"	13°50'41,39"	910



Enel Green Power	Comune	Nord	Est	Altezza s.l.m. (m)
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'37,28"	13°55'16,66"	980
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'33,83"	13°55'09,81"	980
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'29,52"	13°55'04,49"	989
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'23,89"	13°54'58,58"	1008
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'20,15"	13°54'53,85"	1030
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'22,04"	13°54'47,18"	1020
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'23,08"	13°54'42,45"	1020
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'13,53"	13°55'03,55"	1008
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'15,41"	13°54'55,10"	1019
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'24,05"	13°54'36,40"	1028
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'25,31"	13°54'31,93"	1026
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'23,35"	13°54'26,73"	1016
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'22,89"	13°54'22,85"	1020
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'24,75"	13°54'17,10"	1007
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'23,91"	13°54'06,94"	980
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'27,35"	13°54'03,38"	979
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'35,97"	13°53'59,04"	970
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'42,41"	13°53'57,76"	980
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'49,83"	13°53'52,33"	956
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'50,19"	13°53'46,16"	930
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'52,21"	13°53'40,12"	920
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'55,22"	13°53'35,50"	920
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'58,75"	13°53'31,23"	919
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'18,84"	13°54'16,50"	1030
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'13,32"	13°54'12,66"	1010
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'13,27"	13°54'04,20"	980
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'09,21"	13°53'59,60"	950
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'06,96"	13°53'52,32"	930
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'06,93"	13°53'45,25"	920
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'04,98"	13°53'37,43"	927

FLYNIS PV 35 S.r.l. Via Cappuccio 12, 20123 Milano (MI) Tel. +39 0118123575 C.F. e P.IVA 12446530961 flynispv35srl@legalmail.it	PARCO EOLICO "CAPELVENERE"				
			STIMA DI PRODUCIBILITA'		07/10/2023

Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'01,34"	13°53'30,01"	900
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'00,92"	13°53'20,45"	878
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'01,90"	13°53'14,39"	870
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'03,95"	13°53'07,49"	856
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'04,22"	13°53'01,69"	852
Vestas V52 850kW	Caltavuturo	37°45'07,38"	13°52'56,78"	850

Asja Ambiente Italia	Comune	Nord	Est	Altezza s.l.m. (m)
Gamesa G114 2650kW	Sclafani Bagni	37°44'51,23"	13°51'56,71"	902

1.3. Metodologia di analisi

Il calcolo della produzione di energia elettrica di un impianto eolico è cruciale per la fattibilità del progetto, nello specifico vengono usati modelli di simulazione.

La produzione di energia eolica da un aereogeneratore in un dato istante è calcolata con la seguente equazione:

$$P = \frac{1}{2} \rho AV^3 \cdot C_p$$

dove:

- ✓ P è la potenza;
- ✓ ρ è la densità dell'aria;
- ✓ V è la velocità del vento;
- ✓ A è l'area spazzata dal rotore;
- ✓ C_p è il coefficiente di potenza.

Il programma utilizzato è Wind Pro con implementazione di WAsP che è uno dei principali e più completi strumenti di analisi del vento attualmente disponibile sul mercato.

Il software è stato usato per la creazione dell'atlante europeo del vento che mira a stabilire la base meteorologica per la valutazione dei potenziali eolici. Il funzionamento del software è piuttosto semplice:

- ✓ i dati di input necessari sono:
 - ❖ modello digitale del terreno;

- ❖ rugosità del terreno;
- ❖ eventuali ostacoli;
- ❖ densità dell'aria;
- ❖ risorsa eolica dell'area considerata;
- ❖ tipologia e caratteristiche dell'aereogeneratore.

✓ l'output è costituito dal cosiddetto calcolo Park ovvero la producibilità annua di un singolo aereogeneratore e dell'intero parco eolico portando in conto le eventuali interferenze dovute all'effetto scia e l'eventuale presenza di ostacoli che possono alterare la distribuzione del vento.

Il software Wind Pro utilizza come piattaforma di calcolo WAsP, arricchendolo di altre funzionalità di verifica e di correlazione tra i dati quali il modulo MCP (measure-correlate-predict), che consente di mettere in relazione tra loro i dati di diverse stazioni di misura e sfruttare serie storiche di lungo periodo per avere una climatologia con basse incertezze. In generale il modulo mette in relazione set di dati di sensori differenti che possono appartenere anche allo stesso anemometro, con lo scopo di ricostruire dati mancanti ad una data altezza.

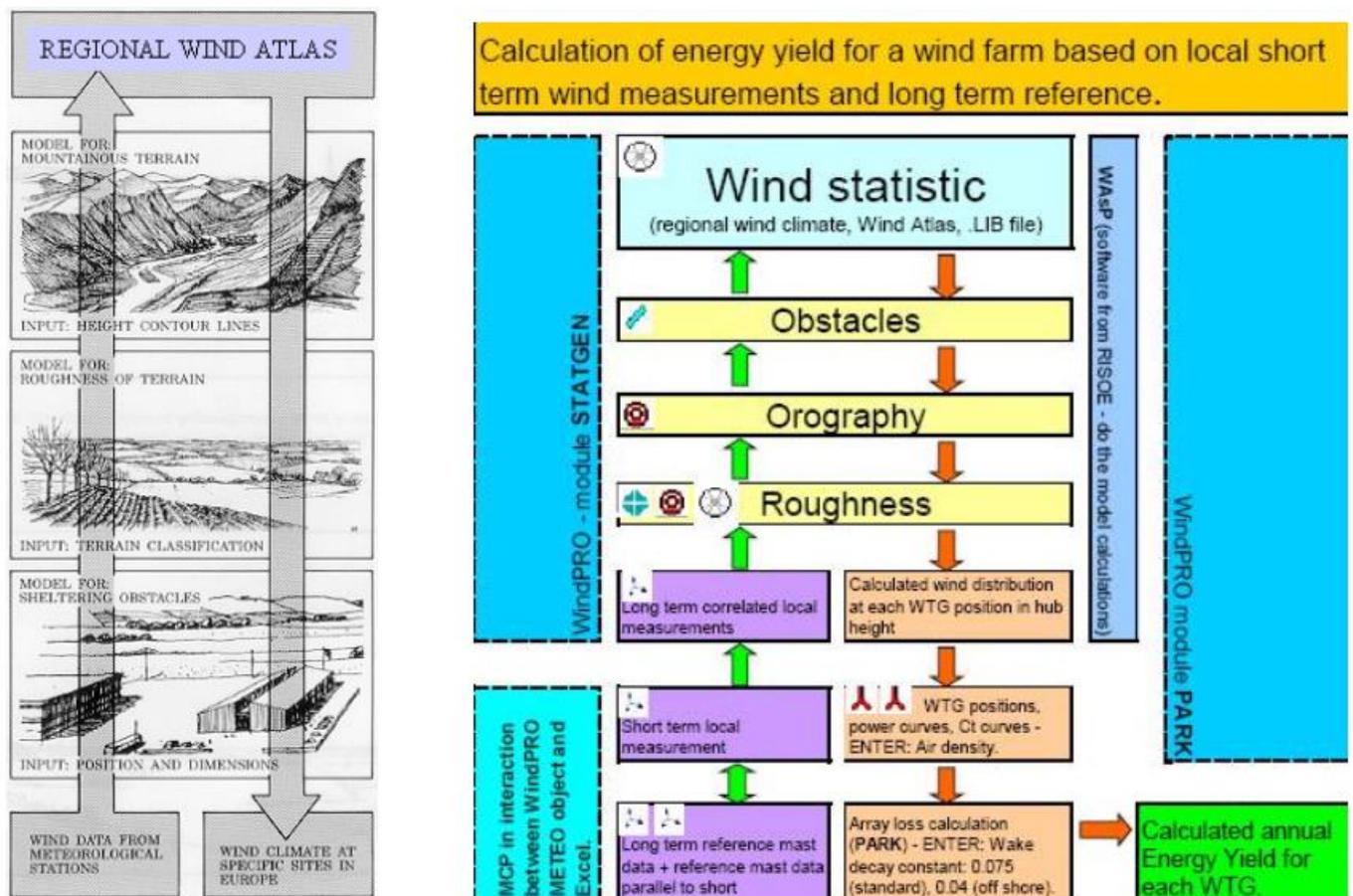


Figura 3: Diagramma di flusso del programma Wind Pro/WAsP

Il modulo Park è in grado di calcolare, offrendo diversi modelli alternativi, le perdite di scia dovute all'effetto di copertura reciproca tra aereogeneratori. L'equazione fondamentale per calcolare le perdite in scia dietro il rotore è:

$$v = u \left[1 - \frac{2}{3} \left(\frac{R}{R + \alpha x} \right)^2 \right]$$

dove:

- ✓ v è la velocità del vento ad una distanza x dietro il rotore;
- ✓ u è la velocità del vento libero subito a monte del rotore;
- ✓ R è il raggio del rotore;
- ✓ α è la costante di decadimento di scia;
- ✓ $2/3$ è un valore approssimato del parametro C_t nel modello di calcolo; il valore esatto di C_t è usato in ciascun intervallo di velocità del vento.

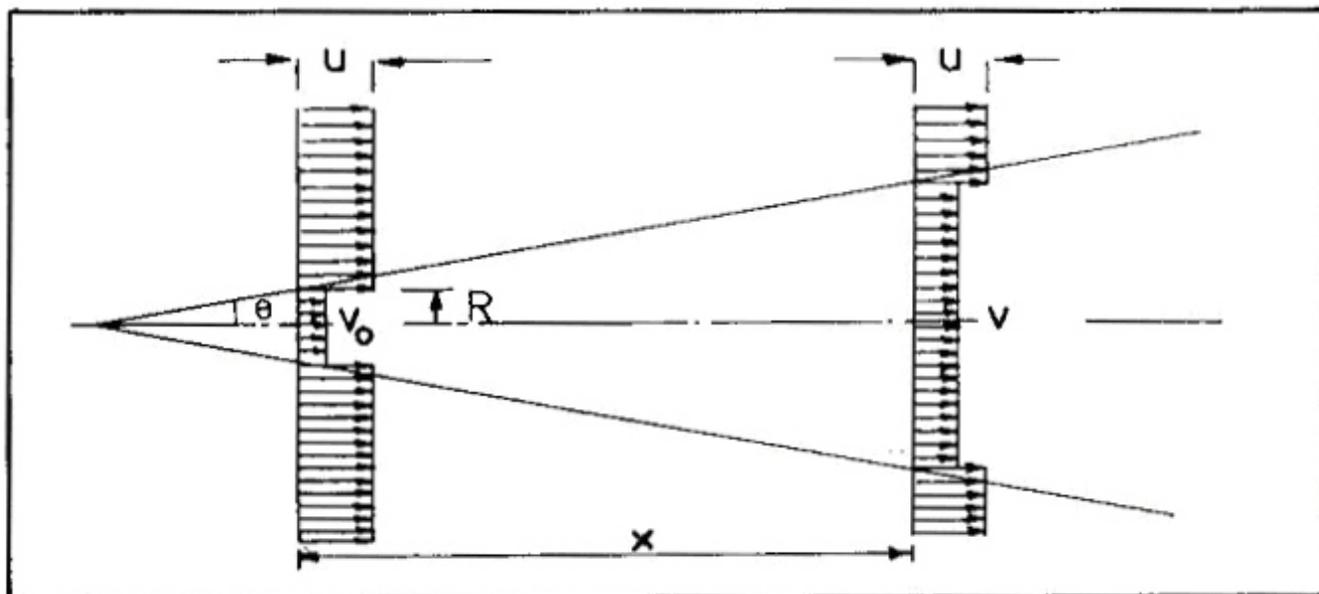


Figura 4: Modello semplificato delle perdite di scia oltre una turbina

La costante di decadimento è una misura dell'allargamento del "cono d'ombra" a valle della turbina. Essa è definita come l'allargamento in metri per metro a valle del rotore, dipende dalla turbolenza e quindi dalla classe di rugosità.

La Commissione Elettrotecnica Internazionale (IEC) stabilisce i requisiti standard di progettazione. La Norma IEC 61400-1 Ed.3 specifica le classi di progettazione con associate le relative velocità del vento estreme ed intensità di turbolenza. Modelli di turbolenza ed altre condizioni ambientali, quali la complessità topografica, sono altresì specificati come illustrato nella tabella che segue:

FLYNIS PV 35 S.r.l. Via Cappuccio 12, 20123 Milano (MI) Tel. +39 0118123575 C.F. e P.IVA 12446530961 fynispv35srl@legalmail.it	PARCO EOLICO "CAPELVENERE"			
			STIMA DI PRODUCIBILITA'	07/10/2023

Wind turbine class	I	II	III	S
V_{ave} (m/s)	10	8.5	7.5	User defined
V_{ref} (m/s)	50	42.5	37.5	
$V_{50,gust}$ (m/s)	70	59.5	52.5	
I_{ref}	A	0.16		
	B	0.14		
	C	0.12		

dove:

- ✓ V_{ref} è la velocità del vento di riferimento media su 10 minuti con un periodo di ricorrenza di 50 anni e rappresenta il parametro estremo di base utilizzato per definire le classi delle turbine eoliche (per una turbina progettata in classe S con una velocità di riferimento V_{ref} , si intende che essa è progettata per resistere climi per cui la media estrema della velocità del vento media 10min con un periodo di ricorrenza di 50 anni è inferiore o uguale a V_{ref});
- ✓ A indica la categoria con caratteristiche di turbolenza superiori;
- ✓ B indica la categoria con caratteristiche di turbolenza medie;
- ✓ C indica la categoria con caratteristiche di turbolenza inferiori;
- ✓ I_{ref} è il valore atteso dell'intensità della turbolenza a 15 m/s.

2. CRITERI ADOTTATI PER LA VALUTAZIONE

2.1. Modello digitale orografico

Il modello digitale del terreno DTM (Digital Terrain Model) è stato estrapolato dal grid disponibile in download dal satellite, georeferenziato, sovrapposto, confrontato e adeguato con le curve di livello presenti sulla cartografia ufficiale IGM 1:25000 con uno step di 10 m. Il modello digitale ottenuto copre l'intera area e trova un buon riscontro con l'andamento orografico verificato in sito.

2.2. Mappa di rugosità

La rugosità superficiale, determinata principalmente dall'altezza e tipologia di vegetazione che ricopre l'area di interesse, gioca un ruolo fondamentale per la variabilità della velocità del vento anche alle altezze del mozzo degli aerogeneratori. Informazioni di rugosità sono rese disponibili dal progetto "Corinne Land Cover 2018" che ricopre, attraverso l'ausilio di satelliti, gran parte della superficie terrestre. La mappa di rugosità, ottenuta attraverso l'ausilio del progetto citato, è stata integrata con le informazioni aggiuntive e di dettaglio ottenute ed annotate durante l'ispezione di sito e attraverso l'integrazione e sovrapposizione di carte aerofotogrammetriche.

2.3. Ostacoli

Gli ostacoli (edifici, siepi, etc.), più alti di $\frac{1}{4}$ dell'altezza del mozzo e non distanti oltre i 1000 metri da ogni singolo aerogeneratore andrebbero trattati come locali e non come elementi di rugosità, influenzano il flusso del vento e modificano di conseguenza la produzione del parco eolico.

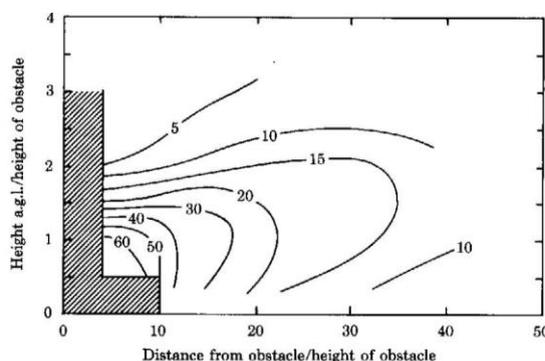
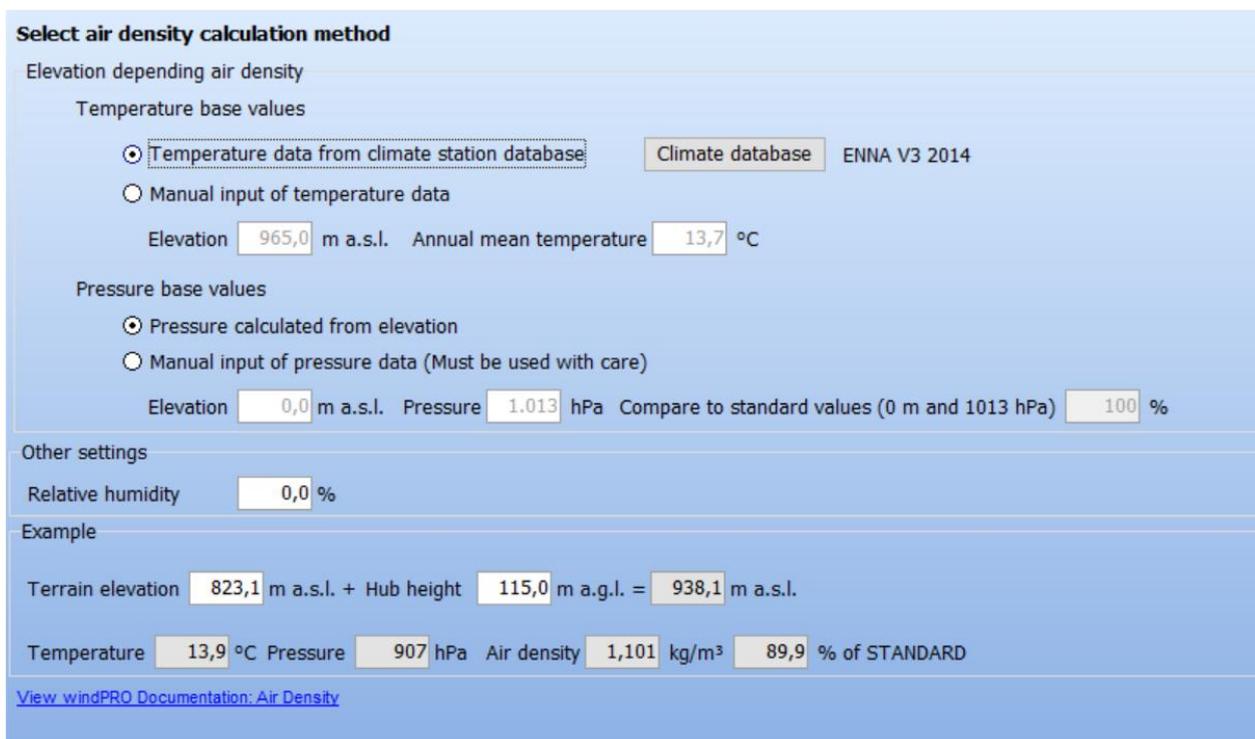


Figura 5: Riduzione percentuale della velocità del vento in presenza di ostacoli

Durante il sopralluogo non è emersa la presenza di particolari e significati ostacoli nell'area.

2.4. Densità dell'aria

La densità dell'aria in sito è stata calcolata basandosi sui dati climatologici, disponibili nel database di WindPro, relativi alla stazione più vicina all'area di progetto.



Select air density calculation method

Elevation depending air density

Temperature base values

Temperature data from climate station database Climate database ENNA V3 2014

Manual input of temperature data

Elevation m a.s.l. Annual mean temperature °C

Pressure base values

Pressure calculated from elevation

Manual input of pressure data (Must be used with care)

Elevation m a.s.l. Pressure hPa Compare to standard values (0 m and 1013 hPa) %

Other settings

Relative humidity %

Example

Terrain elevation m a.s.l. + Hub height m a.g.l. = m a.s.l.

Temperature °C Pressure hPa Air density kg/m³ % of STANDARD

[View windPRO Documentation: Air Density](#)

Figura 6: Caratteristiche della stazione di riferimento per il calcolo della densità dell'aria

2.5. Risorsa eolica

La risorsa eolica specifica del sito è stata valutata utilizzando una griglia di dati mesoscala disponibili dal database EMD del software WindPro.

Al fine di effettuare una correzione di lungo periodo delle misure di ventosità, sono state selezionate diverse fonti di dati mesoscala, con l'obiettivo di mettere in luce eventuali inconsistenze o cambi di tendenza. Questa metodologia permette inoltre di ridurre il rischio di commettere errori di stima della velocità di lungo periodo utilizzando un unico set di dati.

In particolare, ogni set di dati ha una durata da gennaio 1993 ad agosto 2019 ed include queste informazioni con intervallo di tempo orario:

- ✓ Direzione del vento ad un'altezza pari a 10m, 25, 50m, 75m, 100m, 150m e 200m;

FLYNIS PV 35 S.r.l. Via Cappuccio 12, 20123 Milano (MI) Tel. +39 0118123575 C.F. e P.IVA 12446530961 flynispv35sri@legalmail.it	PARCO EOLICO "CAPELVENERE"			
	STIMA DI PRODUCIBILITA'		07/10/2023	REV.00

- ✓ Velocità del vento ad un'altezza pari a 10m, 25, 50m, 75m, 100m, 150m e 200m;
- ✓ Temperatura ad un'altezza pari a 2m;
- ✓ Umidità relativa ad un'altezza pari a 2m.

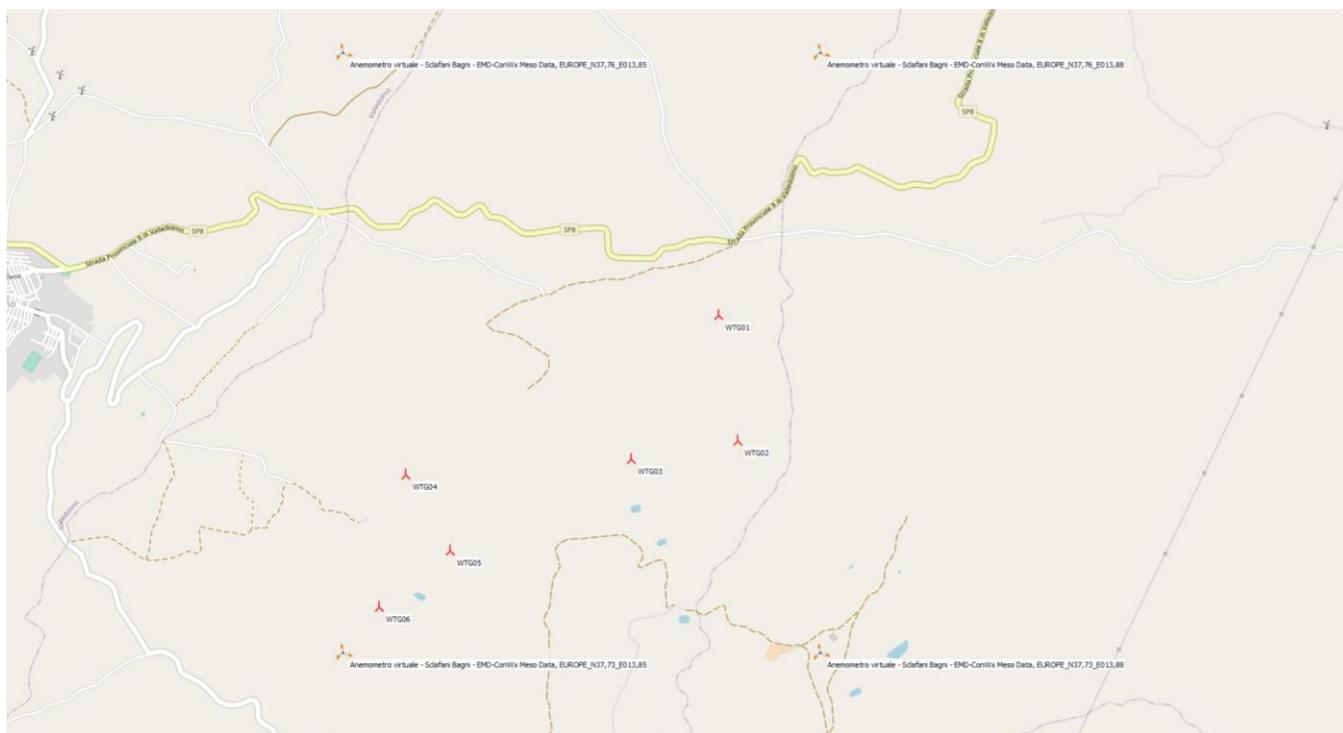


Figura 7: Posizione delle stazioni EMD-ConWx Mesodata Europe

Di seguito si riportano le coordinate delle quattro stazioni mesoscala nel sistema di riferimento WGS84 UTM fuso 33N:

Stazione mesoscala	Nord	Est	Altezza s.l.m. (m)
EMD-ConWx Mesodata Europe_N37,73_E13,85	37°43'48,00"	13°50'60,00"	784
EMD-ConWx Mesodata Europe_N37,73_E13,88	37°43'48,00"	13°52'48,00"	666
EMD-ConWx Mesodata Europe_N37,76_E13,85	37°45'36,00"	13°50'60,00"	808
EMD-ConWx Mesodata Europe_N37,76_E13,88	37°45'36,00"	13°52'48,00"	708

I dati mesoscala EMD-ConWX Europe sono ottenuti tramite un modello numerico mesoscala ad alta risoluzione spaziale di 0,03°x 0,03°, corrispondente a circa 3 km x 3 km, con una risoluzione

temporale oraria. I dati utilizzati per le condizioni al contorno sono i dati di rianalisi ERA-Interim forniti dal Centro Europeo per le Previsioni Meteorologiche di Medio Termine.

Questi dati ricoprono gran parte dell'Europa, inclusa la Turchia e l'Ucraina, ad esclusione dell'estremità a nord della Scandinavia. I dati sono disponibili per circa 20 anni e sono aggiornati mensilmente con circa 3 mesi di ritardo, a causa della disponibilità dei dati ERA-Interim.

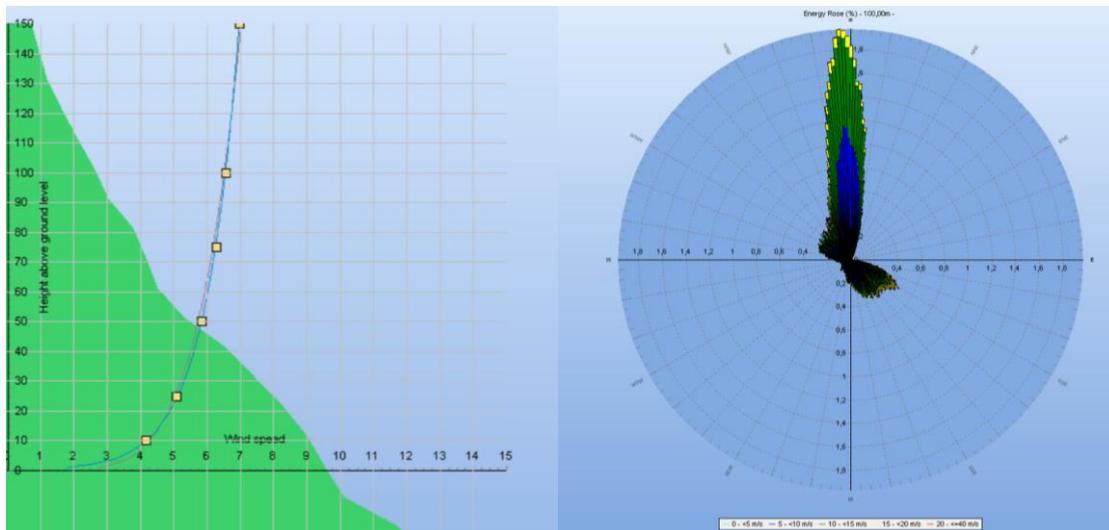


Figura 8: Caratteristiche della stazione EMD-ConWx Mesodata Europe N37,73 E13,85

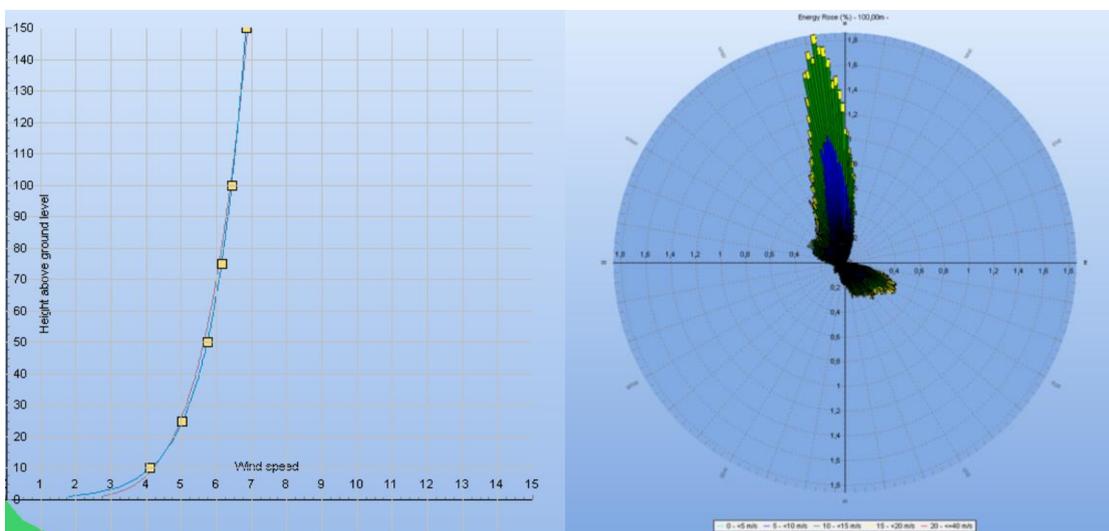
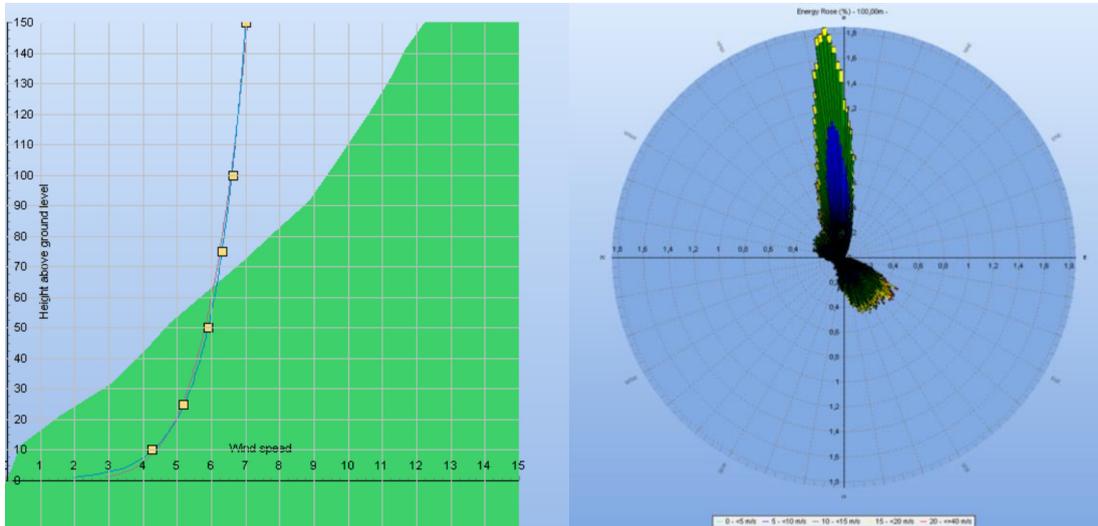
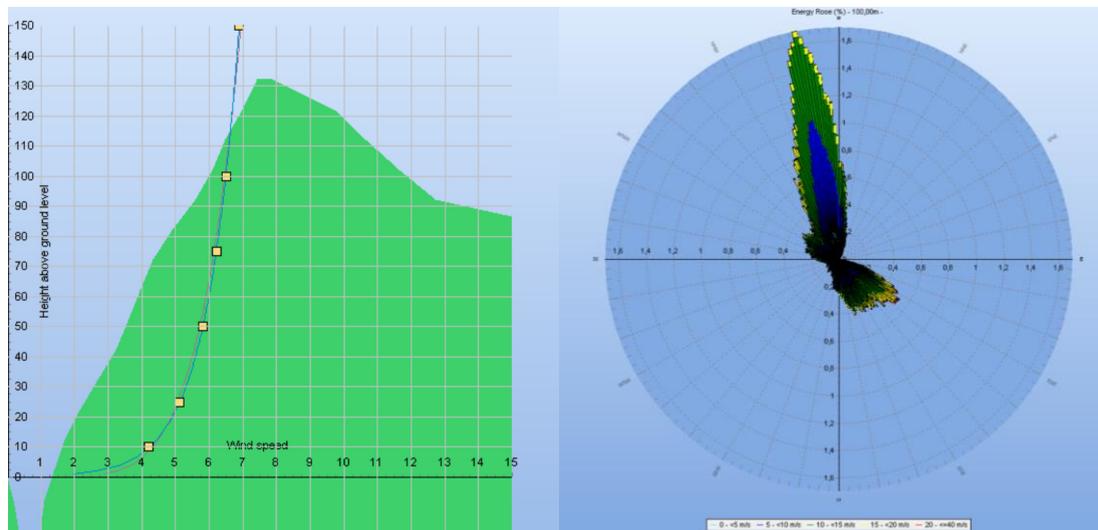


Figura 9: Caratteristiche della stazione EMD-ConWx Mesodata Europe N37,73 E13,88

**Figura 10: Caratteristiche della stazione EMD-ConWx Mesodata Europe N37,76 E13,85****Figura 11: Caratteristiche della stazione EMD-ConWx Mesodata Europe N37,76 E13,88**

Al fine di calcolare le condizioni di ventosità del sito all'altezza del mozzo degli aerogeneratori è necessario effettuare un'extrapolazione verticale a partire dai dati ottenuti alla massima altezza di misura. È stato eseguito un confronto tra l'esponente del profilo verticale (wind shear) misurato e quello calcolato dal modello computazionale WAsP, pesato sulla frequenza di ogni settore. L'esponente di profilo verticale è definito dalla legge esponenziale seguente:

$$U_2 = U_1 \cdot \left(\frac{h_2 - D}{h_1 - D} \right)^\alpha$$

FLYNIS PV 35 S.r.l. Via Cappuccio 12, 20123 Milano (MI) Tel. +39 0118123575 C.F. e P.IVA 12446530961 flynispv35srl@legalmail.it	PARCO EOLICO "CAPELVENERE"		 FLYREN <small>THE CULTURE OF CLEAN ENERGY</small>	
	STIMA DI PRODUCIBILITA'		07/10/2023	REV.00

dove:

- ✓ α è l'esponente di "wind shear" secondo la legge di potenza;
- ✓ U è la velocità media del vento;
- ✓ h è l'altezza sul livello del suolo;
- ✓ D è l'altezza dello spostamento effettivo del flusso.

2.6. Descrizione dell'aereogeneratore

L'aereogeneratore scelto per il progetto è il modello SG6.6-170 Siemens-Gamesa, qui di seguito sono elencate le specifiche tecniche:

GENERALI	
Temperatura di funzionamento a piena potenza	-30°C / +50 °C
Temperatura di declassamento da raggiungere	+50 °C
Temperatura operativa STW	-20 °C / +40 °C
Temperatura CW	Full power: -30 °C to 40 °C, survive -40 °C a 50 °C
Certificazioni	IEC 61400-1
Tipologia turbina	Rotore tripala ad asse orizzontale
Regolazione della potenza	Regolazione attiva singola pala
Potenza nominale	6600 kW
Velocità massima delle lame	1120 rpm-6p (50Hz) 1344 rpm-6p (60Hz)
Condizioni del vento secondo IEC 61400 1 (ed. 3) per il range di temperatura standard	7.5 m/s
Vita di funzionamento stimata	≥20 anni

TORRE	
Tipologia	SG 6.6-170



Altezza all' Hub	115 m
Classe vento	IEC IIIA-III B
Numero di lame	3

ROTORE

Diametro rotore	170,0 m
Area spazzata	22698 m ²
Potenza su superficie nominale	290,77 W/m ²
Regolazione della potenza	Regolazione del pitch e della coppia con velocità variabile
Tilt Rotore	6°

PALE DEL ROTORE

Materiale	G (Glassfiber) – CRP (Carbon Reinforced Plastic)
Lunghezza totale	83,5 m

IMPIANTO ELETTRICO

Potenza nominale PnG	6600 kW
Voltaggio nominale (rotore/statore)	690/6600 V
Potenza reattiva	6600 kVA
Fattore di potenza standard	±0.90
Frequenza	50 / 60 Hz
Isolamento	Esterno
Tensione nominale OV, Ur	690 V

FLYNIS PV 35 S.r.l.

Via Cappuccio 12, 20123 Milano (MI)
Tel. +39 0118123575
C.F. e P.IVA 12446530961
flynispv35sri@legalmail.it

PARCO EOLICO "CAPELVENERE"**FLYREN**
THE CULTURE OF CLEAN ENERGY**STIMA DI PRODUCIBILITA'**

07/10/2023

REV.00

Pag. 19

Tensione nominale massima OV, dipendente dalla rete a 36 kV, Ur	20 kV / 40,5 kV
Corrente nominale	630 A
Velocità nominale	1120 rpm-6p (50Hz) 1344 rpm-6p (60Hz)
Deriva Frequenza max	4 Hz/sec
Squilibrio di tensione max	<5 %

FLYNIS PV 35 S.r.l. Via Cappuccio 12, 20123 Milano (MI) Tel. +39 0118123575 C.F. e P.IVA 12446530961 flynispv35sri@legalmail.it	PARCO EOLICO "CAPELVENERE"			
		STIMA DI PRODUCIBILITA'	07/10/2023	REV.00

3. CALCOLO E VERIFICA DELLA PRODUZIONE ATTESA

3.1. Stima della produzione energetica

La variazione della velocità del vento al sito è stata stimata utilizzando il software WASP, sviluppato dal Dipartimento di Energia Eolica del Laboratorio Nazionale del Risø in Danimarca (DTU Wind Energy Department), mediante l'interfaccia del software WindPRO, sviluppato dalla società EMD della Danimarca. Il modello fluidodinamico del vento, inizializzato a partire dalle condizioni misurate nella posizione delle torri anemometriche, è stato usato per predire la velocità del vento di lungo termine nelle posizioni dei singoli aerogeneratori.

La stima di produzione energetica è stata effettuata utilizzando i dati tecnici della turbina e le caratteristiche dell'area convolta, oltre alla densità dell'aria specifica di sito che incide sulla performance e adattamento della curva di potenza. Nel calcolo eseguito si è tenuto in conto anche del deficit di produzione legato alle perdite tecniche stimate nella percentuale del 8,1% e delle perdite di scia.

Setup

AEP scaled to a full year based on number of samples
Include seasonal correction: EMD MCP Default
Scaling factor from 26,7 years to 1 year, All year: 0,038
Resulting scaling factor: 0,038

Calculation performed in UTM (north)-WGS84 Zone: 33
At the site centre the difference between grid north and true north is: -0,3°

Wake

Wake Model: N.O. Jensen (RISØ/EMD) Park 2 2018
Wake decay constant
Wake decay constant: 0,090 DTU default onshore
Reference WTG: Parco eolico Sclafani Bagni - WTG01 Siemens-Gamesa SG170 6600kW 115,0m

Scaler/wind data

Name	EMD Default Meso Scaler
Terrain scaling	Meso-scale Data Downscaling
Micro terrain flow model	WASP IBZ from Site Data
Used period	01/01/1993 01:00:00 - 31/08/2019
Meteo object(s)	Anemometro virtuale - Sclafani Bagni - EMD-ConWx Meso Data, EUROPE_N37,76_E013,85 Anemometro virtuale - Sclafani Bagni - EMD-ConWx Meso Data, EUROPE_N37,76_E013,88 Anemometro virtuale - Sclafani Bagni - EMD-ConWx Meso Data, EUROPE_N37,73_E013,85 Anemometro virtuale - Sclafani Bagni - EMD-ConWx Meso Data, EUROPE_N37,73_E013,88
Horizontal interpolation	Take nearest
Displacement height	Omnidirectional from objects
RIX correction used	
WASP version	WASP 12 Version 12.07.0068

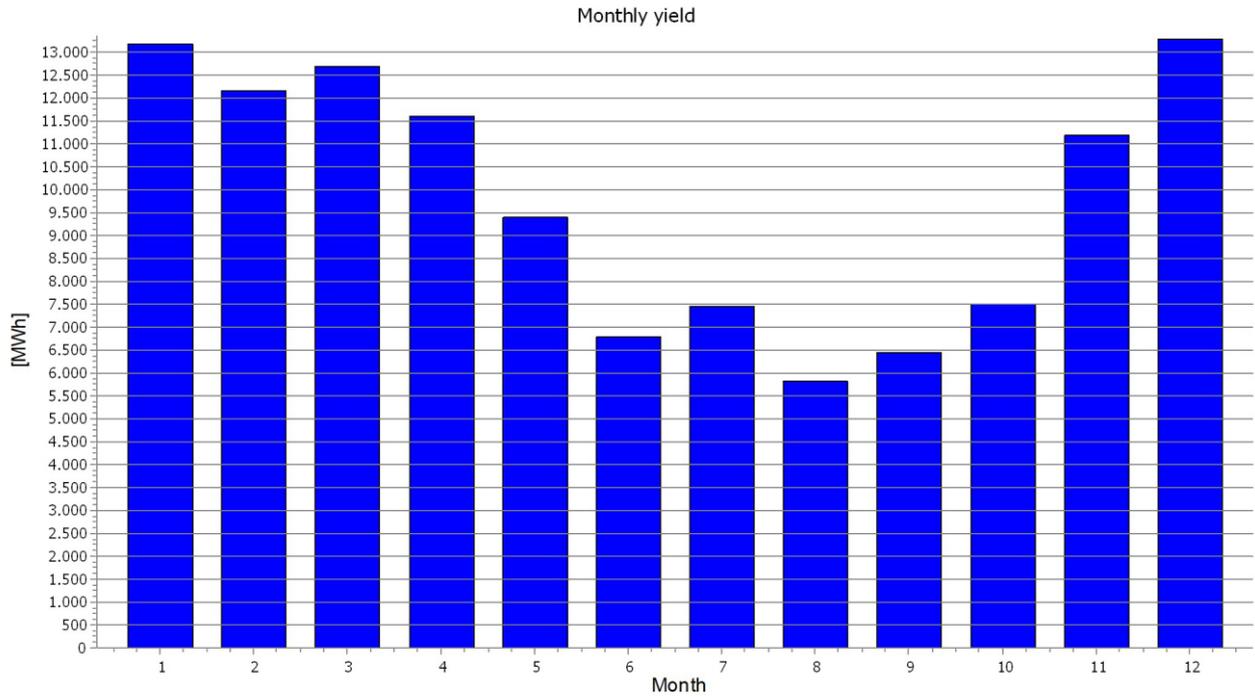
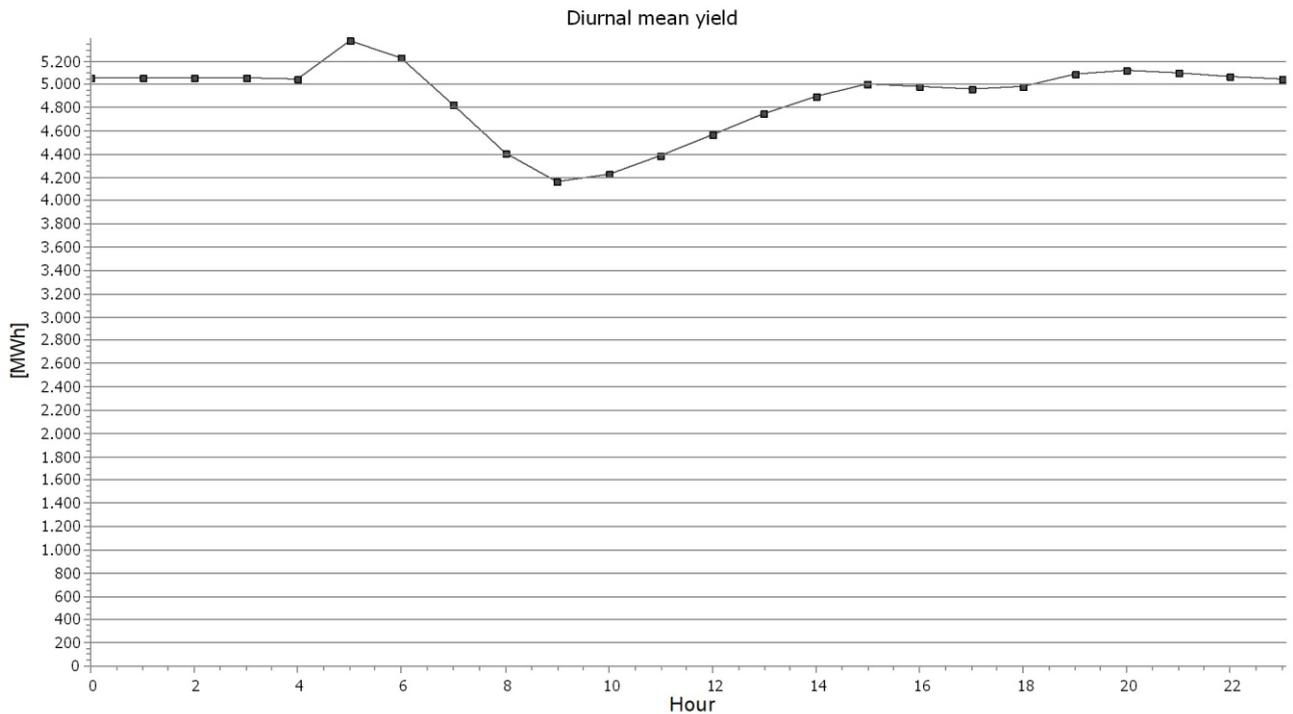
Power correction (All new WTGs)

Power curve correction (adjusted IEC method, improved to match turbine control)

		Min	Max	Avg	Corr. [%]	Neg. corr. [%]	Pos. corr. [%]
Air density							
From air density settings	[°C]	13,0	14,0	13,7			
From air density settings	[hPa]	893,3	909,7	903,8			
Resulting air density	[kg/m ³]	1,087	1,104	1,098			
Relative to 15°C at sea level	[%]	88,8	90,1	89,6	-6,7	-6,7	0,0

**Parco eolico Sclafani Bagni****Siemens-Gamesa SG170****6.6MW Hub=115m**

Modello utilizzato		WASP
Numero WTG [n°]		6
Altezza torre [m]		115
Diametro rotore [m]		170
Altezza massima al tip [m]		200
Potenza unitaria [MW]		6,6
Potenza complessiva installata [MW]		39,6
Vento medio all'hub [m/s]		6,60
Densità dell'aria [kg/m3]		1,098
GROSS [MWh/y]		125.239
AEP [MWh/y]		117.459
Park efficiency [%]		93,80%
Perdite in scia [%]		6,20%
<i>Sclafani Bagni WTG01</i> [%]		3,90%
<i>Sclafani Bagni WTG02</i> [%]		11,80%
<i>Sclafani Bagni WTG03</i> [%]		5,40%
<i>Sclafani Bagni WTG04</i> [%]		4,70%
<i>Sclafani Bagni WTG05</i> [%]		9,40%
<i>Sclafani Bagni WTG06</i> [%]		2,50%
Stima perdite complessive [%]		-8,1%
<i>Disponibilità aerogeneratori</i> [%]		-3,0%
<i>Efficienza elettrica</i> [%]		-2,0%
<i>Efficienza dell'impianto</i> [%]		-1,0%
<i>Cause ambientali</i> [%]		-1,0%
<i>Disponibilità della rete</i> [%]		-0,7%
<i>Altro</i> [%]		-0,7%
Dettaglio turbine - P50		
<i>Sclafani Bagni WTG01</i> [MWh/y]		16.917
<i>Sclafani Bagni WTG02</i> [MWh/y]		16.172
<i>Sclafani Bagni WTG03</i> [MWh/y]		18.381
<i>Sclafani Bagni WTG04</i> [MWh/y]		20.241
<i>Sclafani Bagni WTG05</i> [MWh/y]		17.206
<i>Sclafani Bagni WTG06</i> [MWh/y]		19.027
Energia netta in rete - P50 [MWh/y]		107.945
Ore equivalenti [ore]		2.726
Capacity factor [%]		31,1%
Energia netta in rete - P75 [MWh/y]		99.128
Ore equivalenti [ore]		2.503
Capacity factor [%]		28,6%
Energia netta in rete - P90 [MWh/y]		91.192
Ore equivalenti [ore]		2.303
Capacity factor [%]		26,3%

***Figura 12: Produzione media mensile******Figura 13: Produzione media giornaliera***

FLYNIS PV 35 S.r.l. Via Cappuccio 12, 20123 Milano (MI) Tel. +39 0118123575 C.F. e P.IVA 12446530961 flynispv35srl@legalmail.it	PARCO EOLICO "CAPELVENERE"				
	STIMA DI PRODUCIBILITA'		07/10/2023	REV.00	Pag. 23

3.2. Verifica dell'idoneità del sito

La verifica dell'idoneità del sito è stata effettuata con il modulo Site Compliance di Wind Pro secondo lo standard IEC61400-1, in particolare si valuta se una classe di turbina eolica è adatta alle effettive condizioni del sito e del layout.

Main result

Main IEC checks

Terrain complexity	<i>Caution</i>
Fatigue/Normal conditions	
(a) Wind distribution	OK
(b) Effective turbulence	OK
(c) Flow inclination	OK
(d) Wind shear	OK
(e) Air density	OK
Ultimate/Extreme conditions	
(a) Ambient 90% turbulence [NTM]	OK
(b) Extreme wind	OK
(c) Ambient extreme turbulence [ETM]	OK
(d) Max centre-wake 90% turbulence [ETM]	OK

Other IEC checks & analysis

Seismic hazard	<i>Caution</i>
Temperature range	<i>Caution</i>
Lightning rate	OK

Result details

			WTG class	Method	Quality	WTG Mean	Max WTG	Min WTG	WTGs OK	WTGs Caution	WTGs Critical
Main IEC checks											
Terrain complexity	Cct	[-]		Active DEM		1,05	1,10	1,00	2	4	0
Fatigue/Normal conditions											
(a) Wind distribution	pdf(u)*	[-]	IA+	Mast Weibull shear	B	-	-	-	6	0	0
(b) Effective turbulence	seff(u)*	[-]	IA+	WEng	B/C	-	-	-	6	0	0
(c) Flow inclination	favg	[°]		Terrain fit	C	0,1	3,5	-2,0	6	0	0
(d) Wind shear	a	[-]		Mast	C	0,16	0,16	0,15	6	0	0
(e) Air density	?	[kg/m³]		Mast	A/B	1,101	1,107	1,090	6	0	0
Ultimate/Extreme conditions											
(a) Ambient 90% turbulence [NTM]	s90(u)*	[-]	IA+	WEng	B/C	-	-	-	6	0	0
(b) Extreme wind	u50y	[m/s]	IA+	AM	A+C	26,6	26,8	26,4	6	0	0
(c) Ambient extreme turbulence [ETM]	sext(u)*	[-]	IA+	WEng	B/C	-	-	-	6	0	0
(d) Max centre-wake 90% turbulence [ETM]	smax(u)*	[-]	IA+	WEng	B/C	-	-	-	6	0	0
Other IEC checks & analysis											
Seismic hazard	PGA	[m/s²]		GSHAP map		0,9	-	-			
Temperature range											
Normal range, hours outside		[h/year]	Std	Full gauss		9,8	-	-			
Extreme range, hours outside		[h/year]	Std	Full gauss		0,0	-	-			
Lightning rate		[flashes/year/km²]		NASA GHCC		4,8	-	-			

* Parameter checked for a range of windspeeds (u), a single summary value is not possible.

FLYNIS PV 35 S.r.l. Via Cappuccio 12, 20123 Milano (MI) Tel. +39 0118123575 C.F. e P.IVA 12446530961 flynispv35sri@legalmail.it	PARCO EOLICO "CAPELVENERE"			
	STIMA DI PRODUCIBILITA'		07/10/2023	REV.00

Design standard: IEC61400-1 ed. 4 (2019)

Main checks - WTGs

Criteria

Critical

Caution

OK

Masts

A Anemometro virtuale - Sclafani Bagni - EMD-ConWx Meso Data, EUROPE_N37,76_E013,85

B Anemometro virtuale - Sclafani Bagni - EMD-ConWx Meso Data, EUROPE_N37,76_E013,88

C Anemometro virtuale - Sclafani Bagni - EMD-ConWx Meso Data, EUROPE_N37,73_E013,85

D Anemometro virtuale - Sclafani Bagni - EMD-ConWx Meso Data, EUROPE_N37,73_E013,88

WTG-name	Class	Mast	Main IEC checks										Total	
			Terrain complexity	Wind distribution	Effective turbulence	Flow inclination	Wind shear	Air density	Ambient 90% turbulence [NTM]	Extreme wind	Ambient extreme turbulence [ETM]	Max centre-wake 90% turbulence [ETM]		
1	WTG01	IA+	B	[-]	[-]	[-]	[°]	[-]	[kg/m³]	[-]	[m/s]	[-]	[-]	
				No	OK	OK	0	0,15	1,106	OK	26,8	OK	OK	OK
2	WTG02	IA+	D	No	OK	OK	-1	0,16	1,107	OK	26,5	OK	OK	OK
3	WTG03	IA+	D	Medium	OK	OK	3	0,16	1,101	OK	26,4	OK	OK	Caution
4	WTG04	IA+	C	Low	OK	OK	1	0,16	1,090	OK	26,5	OK	OK	Caution
5	WTG05	IA+	C	Low	OK	OK	0	0,16	1,098	OK	26,6	OK	OK	Caution
6	WTG06	IA+	C	Medium	OK	OK	-2	0,16	1,102	OK	26,7	OK	OK	Caution

3.3. Conclusioni

In base all'analisi dei dati anemometrici disponibili per il sito in esame, si è potuto stimare che con l'installazione del modello di aerogeneratore ipotizzato Siemens-Gamesa SG170 di potenza nominale pari a 6,6 MW e con altezza del mozzo di 115,0 m, è attesa una resa energetica dell'impianto in Contrada "Capelvenere" nel comune di Sclafani Bagni (PA) una produzione netta P50 pari a **107,945 GWh** annui corrispondenti a circa **2.726** ore equivalenti/anno pur decurtando una percentuale di perdite tecniche stimate pari a 8,1 %. In base alle valutazioni preliminari eseguite, il modello di turbina scelto per l'impianto risulta compatibile con le caratteristiche anemologiche del sito.