

AUTORIZZAZIONE UNICA EX D. LGS. N. 387/2003



PROGETTO DEFINITIVO PARCO EOLICO COLOBRARO TURSI

Titolo elaborato:

RELAZIONE ANEMOLOGICA

GD	GD	WPD	EMISSIONE	24/11/21	0	0
REDATTO	CONTR.	APPROV.	DESCRIZIONE REVISIONE DOCUMENTO	DATA	REV	

PROPONENTE



WPD MURGE S.R.L.
CORSO D'ITALIA 83
00198 ROMA

CONSULENZA



GE.CO.D'ORS.R.L.
VIA P. AMEDEO N. 32
75021 COLOBRARO (MT)

PROGETTISTA

ING. GAETANO D'ORONZIO
VIA GOITO 14 – COLOBRARO (MT)

Codice
PGSA011

Formato
A4

Scala
/

Foglio
1 di 35

Sommario

PREMESSA	1
1. INTRODUZIONE	1
2. SCELTA E DESCRIZIONE DEL SITO	2
3. ANALISI DEI DATI UTILIZZATI	8
4. I DATI A LUNGO TERMINE NELL'AREA DI TURSI E COLOBRARO	10
5. MODELLO DI TURBINA E LA CURVA DI POTENZA	11
6. RISULTATO DEI MODELLI PER IL CALCOLO DEI PARAMETRI DEL VENTO SUL LUNGO TERMINE	13
7. I MODELLI MATEMATICI PER LE RAPPRESENTAZIONE SPAZIALE DEL VENTO	16
8. STIMA DELLA PRODUZIONE DI ENERGIA DEL PARCO EOLICO	17
9. CONCLUSIONI	21

PREMESSA

La società wpd Murge S.r.l., parte del gruppo **WPD**, che opera da anni nel settore delle energie rinnovabili con particolare focus sull'eolico, ha predisposto uno studio sulle caratteristiche anemologiche e stima di producibilità per un impianto eolico situato nel comune di Tursi e Colobraro in provincia di Matera, ai fini del procedimento autorizzativo.

La finalità di questo studio è quella di caratterizzare le condizioni anemologiche e determinare la stima del rendimento energetico dell'impianto, su base annuale.

Tale valutazione viene eseguita tramite l'uso di dati satellitari tipo EMD-WRF Europe+ (ERA5) che opportunamente inseriti nel modello di calcolo WINDPRO, sono in grado di analizzare in dettaglio l'area in cui ricade il parco.

1. INTRODUZIONE

Lo studio ha lo scopo di verificare la bontà della scelta del layout in base alle caratteristiche di ventosità del sito. L'analisi parte dallo studio delle informazioni fornite dall'atlante eolico, che mostra una stima di massima della risorsa eolica nell'area individuata. Questa successivamente viene analizzata con modelli complessi che permettono di analizzare la ventosità sulla micro scala, quale è la posizione delle macchine.

L'obiettivo finale è di verificare la producibilità del sito con le turbine indicate dalla società. I dati del vento processati, diventano file di ingresso nei modelli matematici specifici per l'analisi della produttività di un parco eolico, sono verificate varie configurazioni di layout e tipologie di macchine, fino al raggiungimento del massimo rendimento dal punto di vista di sfruttamento della risorsa eolica.

La struttura della documentazione si divide in cinque sezioni principali.

- La prima (cap 2) descrive la zona oggetto dello studio attraverso le proprie specificità: l'orografia, la rugosità e la disposizione degli aerogeneratori sul territorio.

- La seconda (cap 3 e 4) descrive la tipologia dei dati anemometrici analizzati.
- La terza (cap 5) descrive il tipo di macchina utilizzato e la sua curva di potenza.
- Nella quarta sezione (cap 6 e 7) si vede come i dati del vento si trasformano in curve di Weibull, dalle quali si ricavano i parametri necessari ai modelli di calcolo. La previsione si effettua con software specifico WINDPRO del quale viene illustrata brevemente le metodologie di calcolo e le caratteristiche peculiari.
- L'ultima parte (cap 8 e 9) è dedicata alle conclusioni in cui la stima di ventosità si trasforma in una stima di produzione energetica, arrivando al risultato finale in cui vi è una eliminazione delle perdite e calcolo dell'incertezza.

2. SCELTA E DESCRIZIONE DEL SITO

Il sito oggetto dello studio è situato nei territori comunali di Colobraro (MT) e Tursi (MT), come riportato in Figura 1. La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile di tipo eolico, costituito da n. 21 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 4,57 MW per una potenza complessiva di 96,00 MW, da realizzarsi nei territori comunali di Tursi e Colobraro in Provincia di Matera, in cui ricadono gli aerogeneratori e l'elettrodotto di collegamento interno.

Il Parco eolico si può intendere suddiviso in tre parti, quella ricadente ad ovest del centro abitato di Colobraro, costituita da 11 WTG, che si sviluppa lungo un crinale tra i 400 m e i 700 m s.l.m., in corrispondenza delle C.de Serre, Sirianni, Murge, Santanaria e Cozzo della Croce, quella ricadente a Nord Ovest del centro abitato di Tursi, costituito da 5 WTG, che si sviluppa su un altopiano a circa 500 m s.l.m., in corrispondenza della C.da Il Monticello e quella che si sviluppa al confine tra il Comune di Colobraro e Tursi, costituito da 5 WTG, che si sviluppa su un altopiano a circa 500 m s.l.m, in corrispondenza della C.da Cozzo della Lite (Colobraro) e C.da Cozzo di Penne (Tursi)

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa, in cui sono indicate per ciascun aerogeneratore le relative coordinate (UTM fuso 33).

Tabella dati geografici degli

Aerogeneratori:

WTG	Comune	D rotore	H tot	Hhub	Coordinate UTM-WGS84 T33	
		m	m	m	E	N
CT 01	Colobrarò	170	250	165	617474.96	4448965.62
CT 02	Colobrarò	170	250	165	617333.30	4449607.63
CT 03	Colobrarò	170	250	165	617337.65	4450068.78
CT 04	Colobrarò	170	250	165	617480.00	4450787.00
CT 05	Colobrarò	170	250	165	617388.26	4451321.41
CT 06	Colobrarò	170	250	165	616837.69	4451571.83
CT 07	Colobrarò	170	250	165	616244.92	4451903.15
CT 08	Colobrarò	170	250	165	617160.33	4452354.86
CT 09	Colobrarò	170	250	165	616926.07	4452740.12
CT 10	Colobrarò	170	250	165	615330.74	4453155.37
CT 11	Colobrarò	170	250	165	615741.43	4453907.10
CT 12	Tursi	170	250	165	618324.56	4459089.20
CT 13	Tursi	170	250	165	617258.21	4459154.87
CT 14	Tursi	170	250	165	616800.58	4459352.86
CT 15	Tursi	170	250	165	616428.63	4459623.40
CT 16	Tursi	170	250	165	616312.95	4460104.01
CT 17	Colobrarò	170	250	165	621534.25	4452590.42
CT 18	Colobrarò	170	250	165	620532.78	4452283.00
CT 19	Colobrarò	170	250	165	619574.08	4453284.35
CT 20	Tursi	170	250	165	620463.97	4454979.03
CT 21	Tursi	170	250	165	621057.70	4454606.86

Tabella 1: Localizzazione planimetrica degli aerogeneratori di progetto

L'area scelta, si basa su una prima indicazione fornita dai modelli matematici, tra i più utilizzati ed accessibile a tutti è l'atlante eolico, disponibile sul sito <https://globalwindatlas.info/> gestito dalla World Bank Group per potenziare il settore delle energie rinnovabili.

E' stato scelto come rappresentazione delle velocità media quella a livello 150m, ovvero il livello più rappresentativo del vento all'altezza del mozzo del rotore della turbina eolica scelta. La turbina selezionata in termini della miglior efficienza di macchina è una Siemens Gamesa 170 da 165m di altezza mozzo, per cui **165m**

sul livello del suolo è l'altezza di riferimento dei nostri studi. La massima altezza di studio è impostata a quota 150m, si può osservare una certa omogeneità dell'area che riporta una ventosità tra gli 7 m/s - 8 m/s, per questo il sito è stato considerato idoneo per portare avanti un'analisi approfondita della risorsa eolica.

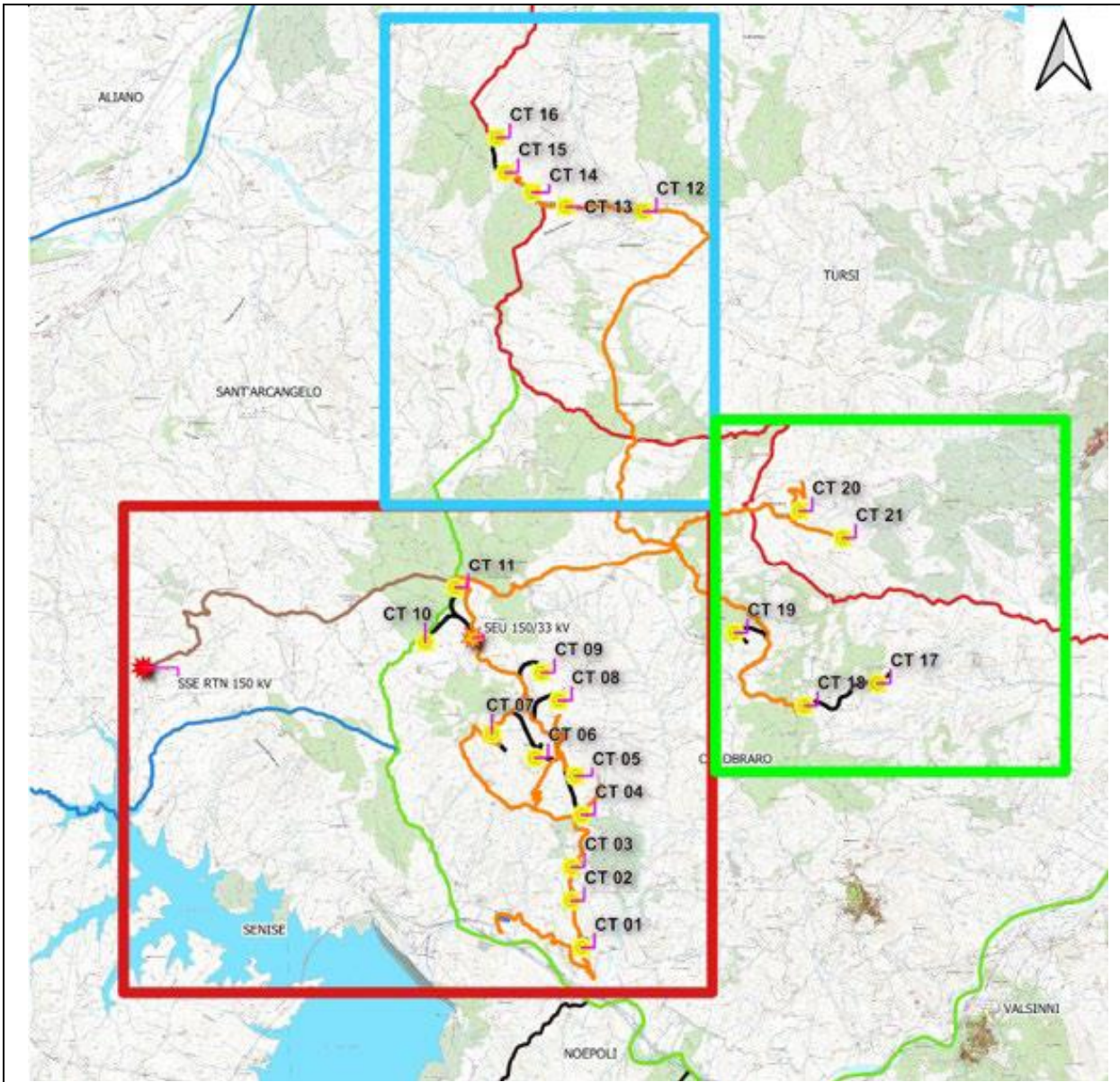


Figura 1: Inquadramento su CTR del progetto – Tursi e Colobraro.

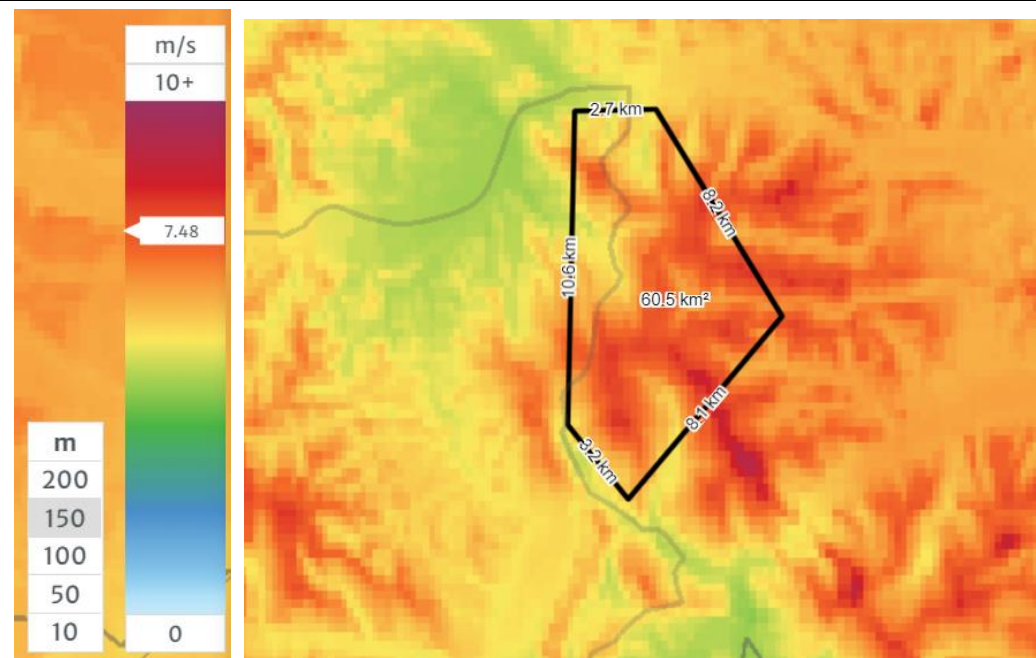
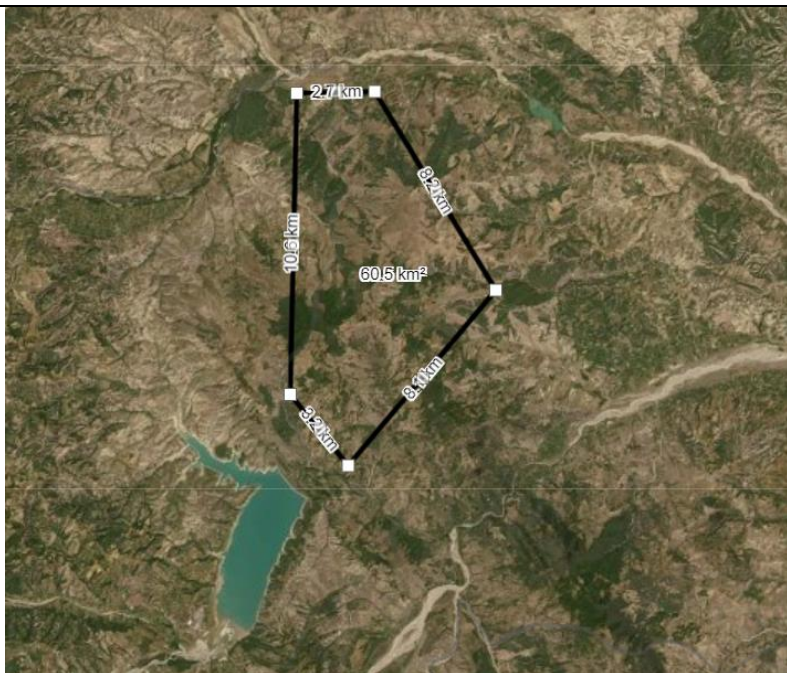


Figura 2: Dati del vento nell'area parco ad una quota di 150m. La media per l'area è pari a 7,48m/s. Fonte Global Wind Atlas.

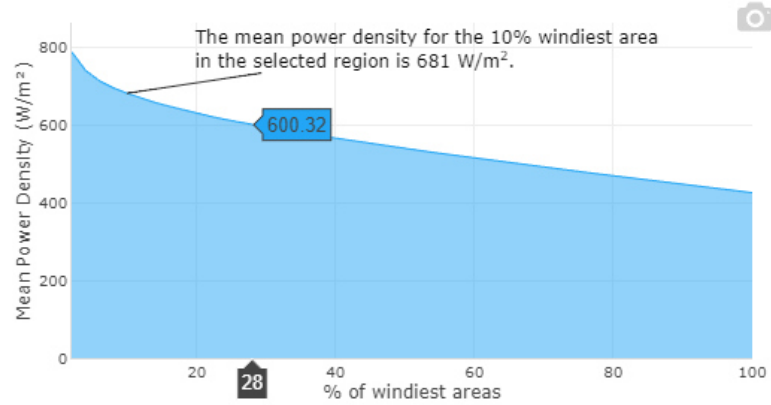
Data for 10% windiest areas

681 W/m²

7.9 m/s

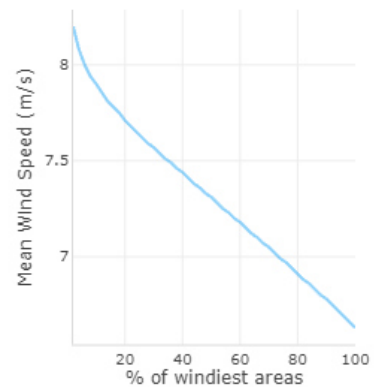
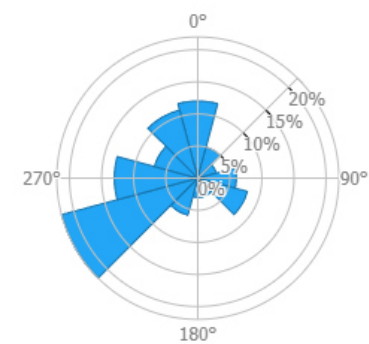
Height: 150m

Mean Power Density @Height 150m



Wind Frequency Rose 1/3 next

Mean Wind Speed @Height 150m

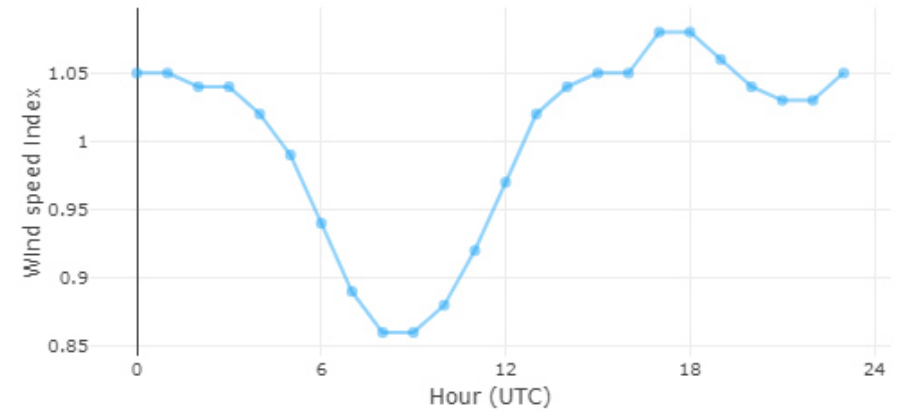


Wind Speed Variability



Hourly

3/3 next



Hourly vs. monthly (cross table)

2/2 next

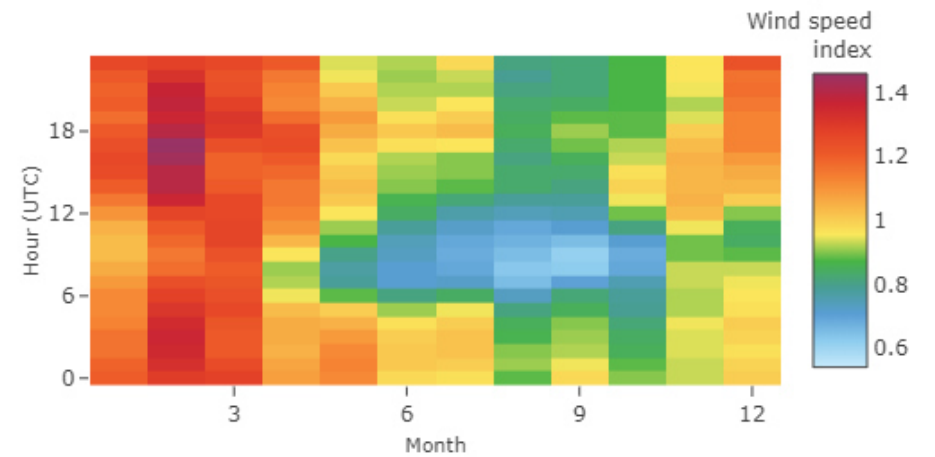


Figura 2: Elaborazioni dei dati del vento simulati nell'area. Fonte Global Wind Atlas.

L'area di posizionamento degli aerogeneratori è caratterizzata da una area orograficamente semplice senza particolari rilievi. Topograficamente ha una altezza compresa tra 285 e 736 metri. Si è considerata una densità media dell'aria all'altezza del mozzo pari a: $\rho=1,225 \text{ Kg/m}^3$.

Il suolo occupato dal Progetto in esame interessa principalmente "seminativi in aree non irrigue", ed in minima parte "prati stabili"; l'uso principale del suolo in questa area è legato quindi all'agricoltura. Questo significa che la copertura vegetazionale è quasi del tutto assente e perciò l'area in studio si caratterizza per una rugosità medio-bassa.

Gli aerogeneratori sono localizzati in modo da sfruttare al massimo il vento che ha una direzione prevalente da Ovest-Sud-Ovest. Il posizionamento è stato deciso in base a diversi fattori: prima di tutto il miglior sfruttamento della risorsa eolica posizionando le macchine sulle alture dove non vi siano coperture come rilievi vicini o vegetazione, la lontananza dai recettori sensibili, la mancanza di colture speciali e l'assenza di vincoli.

Nella Figura 1 è mostrato il layout che si sviluppa su una un'area di circa 650 ettari. L'area di progetto è ampia per consentire il distanziamento necessario con lo scopo di ottimizzare la producibilità del parco eolico stesso.

Un'indagine meteorologica puntuale è quindi sufficiente a descrivere l'area e per fare questo sono stati usati dei diversi strumenti di simulazione e previsione dell'andamento del vento, per avere una chiara e dettagliata informazione della produttività del parco e della sua configurazione ideale.

3. ANALISI DEI DATI UTILIZZATI

Il set di dati necessari al calcolo della producibilità del parco eolico, sono stati determinati dai dati satellitari tipo *EMD-WRF Europe+ (ERA5)*.

I dati sono forniti dal European Centre for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF) sono generati da un modello a mesoscala in grado di avere una

risoluzione spaziale di 3km e una temporale di 1 h, il risultato sono i dati tipo EMD-WRF Europe+ (ERA5) forniti dalla società EMD.

I dati sono stati forniti nel punto indicato (ERA5)_N40.23_E016.39) e in Figura 3 è riportata la localizzazione su mappa, rispetto al layout di parco.

Dopo aver trovato la fonte più attendibile da cui prendere i dati del vento, vengono elaborate serie temporali di 20 anni, al fine di trovare parametri rappresentativi e consistenti del vento.

Successivamente il software di calcolo WINDpro è in grado di ridurre la scala spaziale su cui viene elaborato il dato satellitare, grazie ad uno sistema di infittimento dei dati su una scala dettagliata al metro, tipo SRTM (SRTM topographic data set). Il procedimento è chiamato "downscaling"

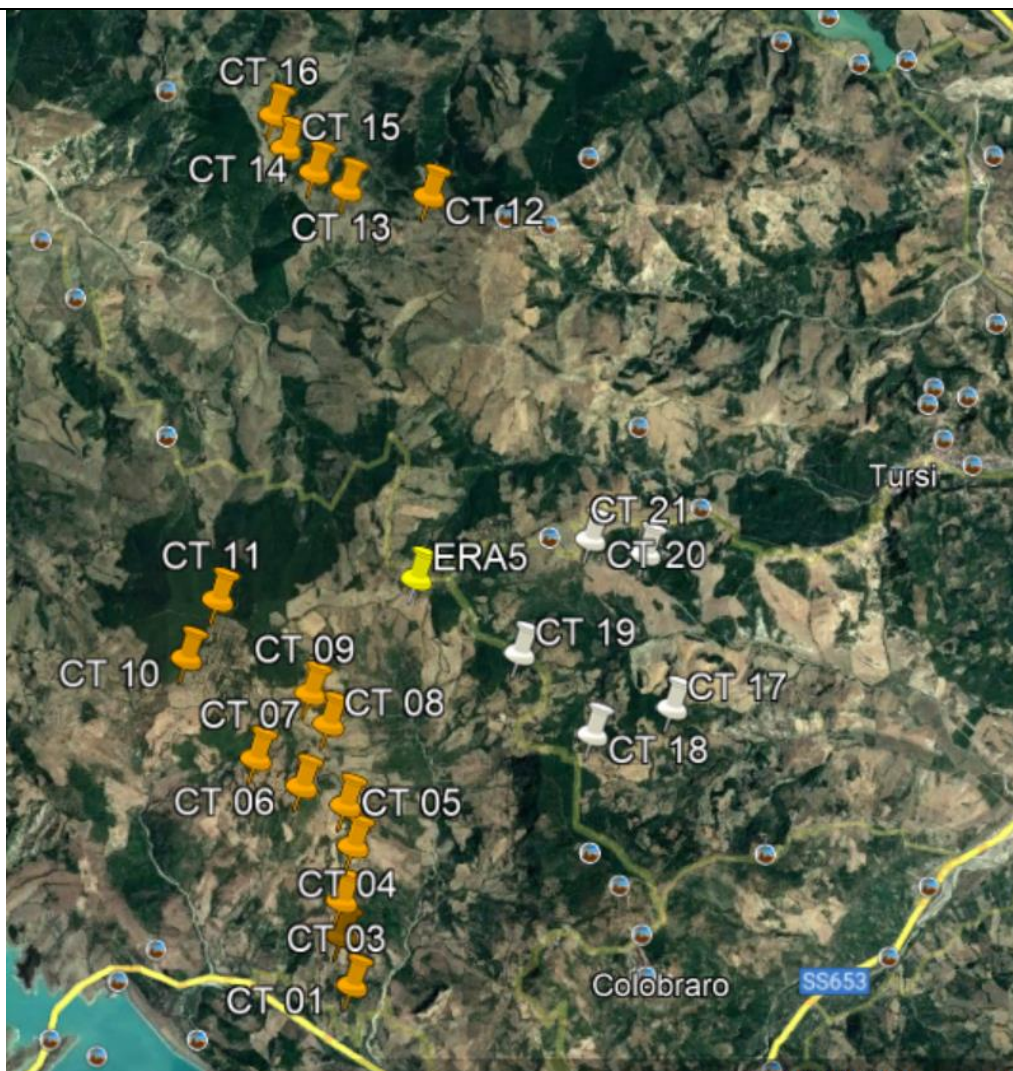
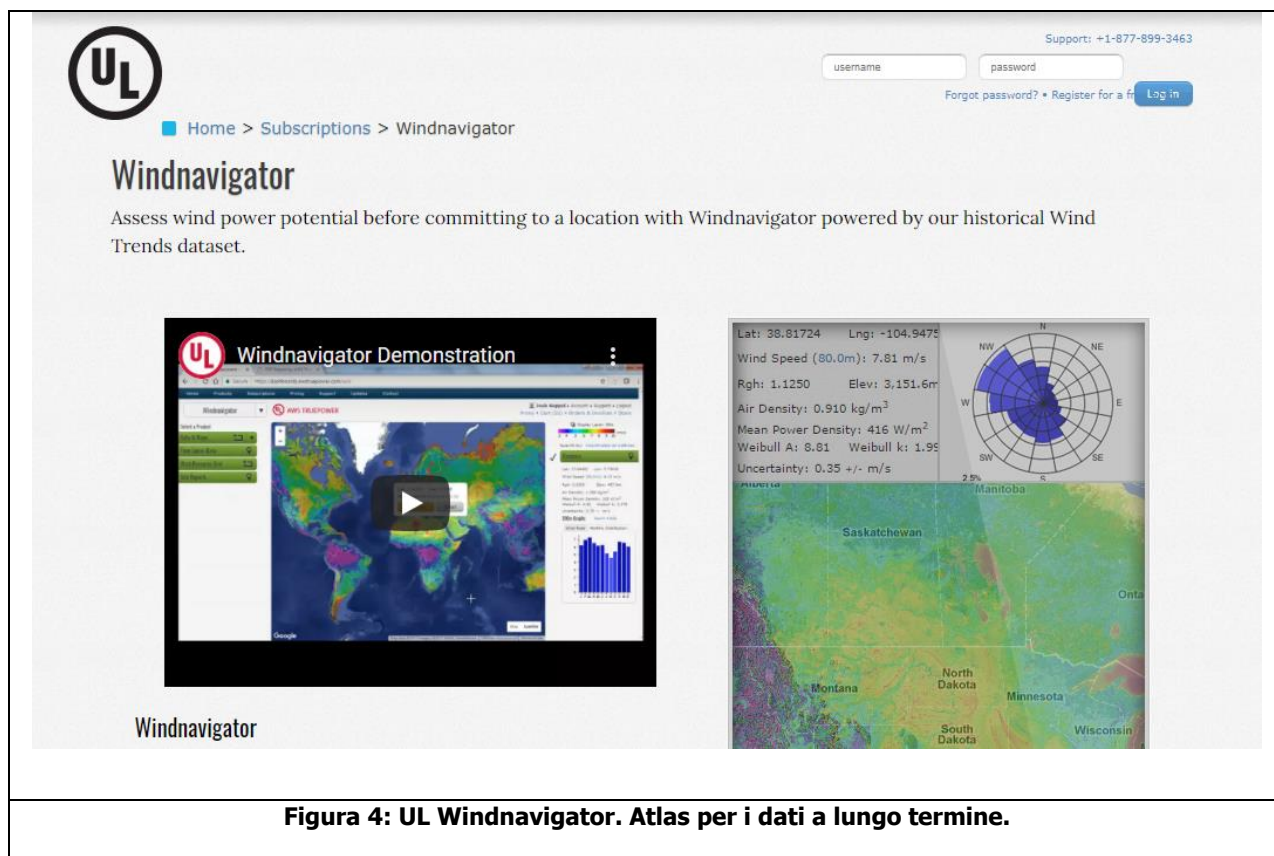


Figura 3: Inquadratura 3D di Google Earth del parco eolico di Tursi e Colobraro con il punto di inserimento di ERA5 in giallo.

4. I DATI A LUNGO TERMINE NELL'AREA DI TURSI E COLOBRARO

Per poter verificare che i dati simulati di lungo termine fossero rappresentativi dell'area di Tursi e Colobrarò, è stata fatta girare una rianalisi di una serie temporale di 20 anni provenienti da un modello commerciale tipo Atlas, chiamato UL Windnavigator, fornito dalla società UL (Figura 4).



I valori di velocità sono stati calcolati su diverse altezze da 80m fino a 140m. Grazie a questi valori a diverse quote è stato calcolato α , un parametro da inserire nella legge logaritmica del vento, che lega la velocità con la quota, come mostrato in Figura 5.

$$\frac{v}{v_0} = \left(\frac{z}{z_0}\right)^\alpha$$

Dove:

- v_0 è la velocità del vento misurata alla quota z_0 ;
- v è la velocità che vuole essere identificata alla quota z (ad esempio all'altezza del mozzo);
- α è un coefficiente che correla la differenza di quota alla differenza di velocità del vento.

Figura 5 : Legge logaritmica del vento.

Una volta determinato α , anche noto come *wind shear* o gradiente verticale di velocità, è possibile stimare la velocità a diverse quote. Il calcolo della velocità all'altezza del mozzo della macchina eolica è stato quindi determinato a partire da una misura di velocità ad una quota conosciuta, grazie al valore del wind shear sull'area considerata.

5. MODELLO DI TURBINA E LA CURVA DI POTENZA

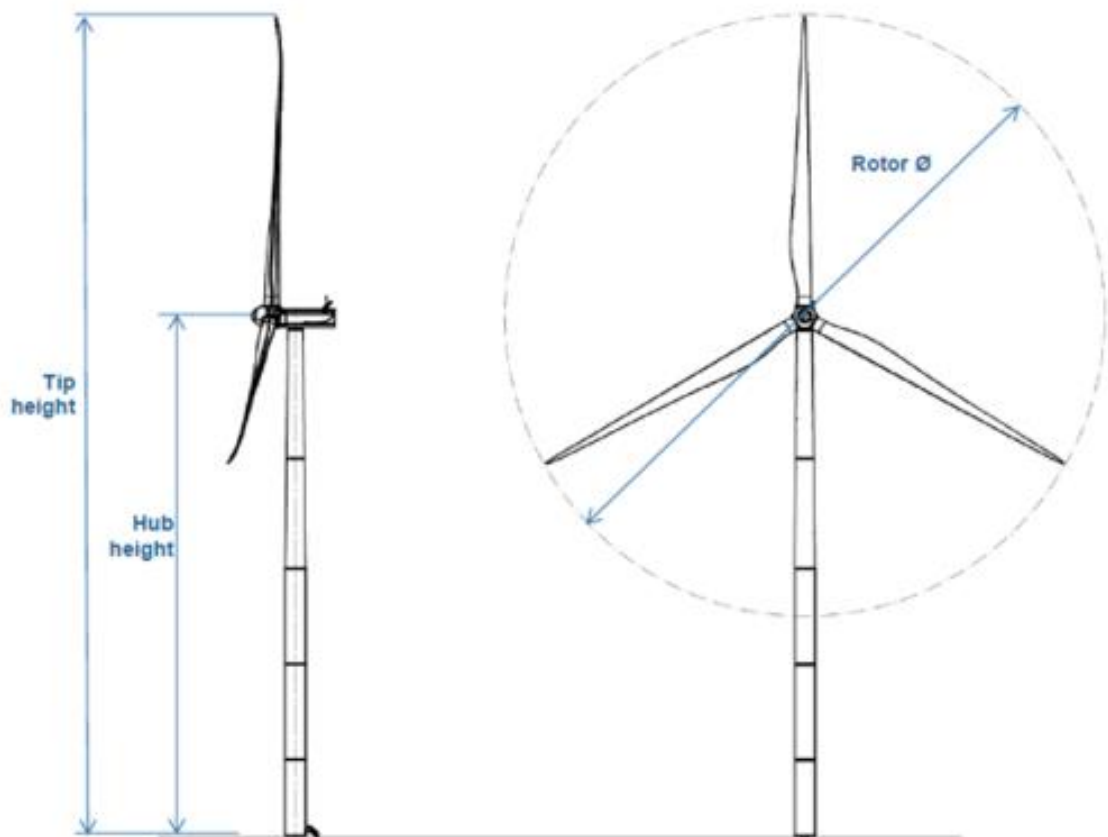
Gli aerogeneratori installati nel progetto di Tursi e Colobrarò sono modello SIEMENS-GAMESA con:

rotore = 170m,

hub height = 165m,

tip height = 250m





La potenza della macchina è di 6 MW.

La curva di potenza tipica della macchina è riportata in Figura 6 (S-G da 6MW), e nel caso specifico sarà depotenziata a 4,57 MW.

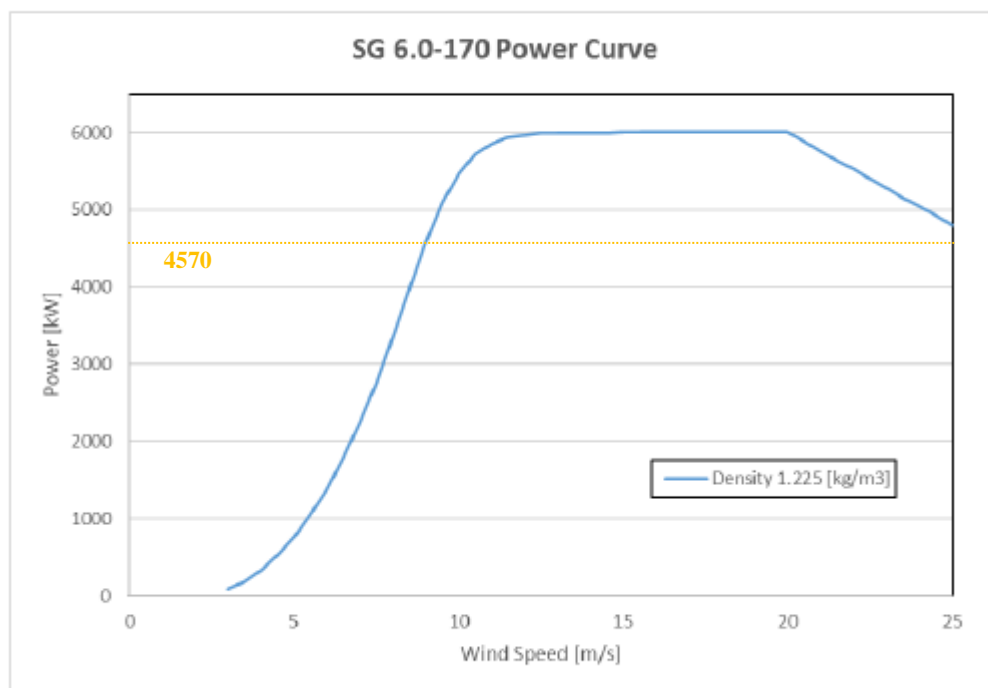


Figura 6: Curva di Potenza della Siemens Gamesa da 6 MW

6. RISULTATO DEI MODELLI PER IL CALCOLO DEI PARAMETRI DEL VENTO SUL LUNGO TERMINE

In questo paragrafo sono riportati i risultati dei dati meteo a lungo termine. La Figura 7 mostra le distribuzioni di Weibull per i diversi settori della rosa dei venti a 165m. La distribuzione di Weibull è la componente statistica della nostra analisi e grazie ad essa abbiamo una stima realistica della produttiva del parco.

PARK - Analisi dei Dati di vento

Calcolo: 21x SG 6.0-170_manual cutted 4.57MW_WRF-0.8 reduced_2021.08.11 Dati di vento: A - EMD-WRF Europe+ _Korr.0.8; Altezza mozzo: 165.0

Coordinate del sito
UTM (north)-WGS84 Zone: 33
Est: 618'062 Nord: 4'454'562

Statistica del Vento
EMD-WRF Europe+ (ERA5)_N40.23_E016.39 - 150m-Corr0.8.wws

Parametri Weibull

Settore	Sito attuale			Riferimento: classe di Rugosità 1			
	Parametro A	Velocità del vento [m/s]	Parametro k	Frequenza [%]	Parametro A [m/s]	Parametro k	Frequenza [%]
0 N	8.11	7.18	2.096	11.9	7.35	2.136	11.0
1 NNE	5.54	4.98	1.572	4.7	5.60	1.676	5.2
2 ENE	4.18	3.83	1.350	2.9	4.27	1.379	3.1
3 E	4.45	4.02	1.490	3.8	4.65	1.494	4.0
4 ESE	5.21	4.71	1.486	6.0	5.19	1.502	6.3
5 SSE	5.04	4.61	1.361	5.3	4.81	1.375	5.1
6 S	4.29	3.94	1.334	3.7	3.79	1.339	3.3
7 SSO	7.35	6.56	1.705	7.7	5.19	1.459	5.1
8 OSO	9.95	8.85	2.670	23.2	9.61	2.700	23.5
9 O	7.51	6.66	2.037	11.6	8.16	2.145	14.1
10 ONO	6.15	5.50	1.674	7.1	6.23	1.708	7.7
11 NNO	8.32	7.37	2.229	12.0	7.87	2.272	11.7
Tutti	7.47	6.64	1.826	100.0	7.20	1.817	100.0

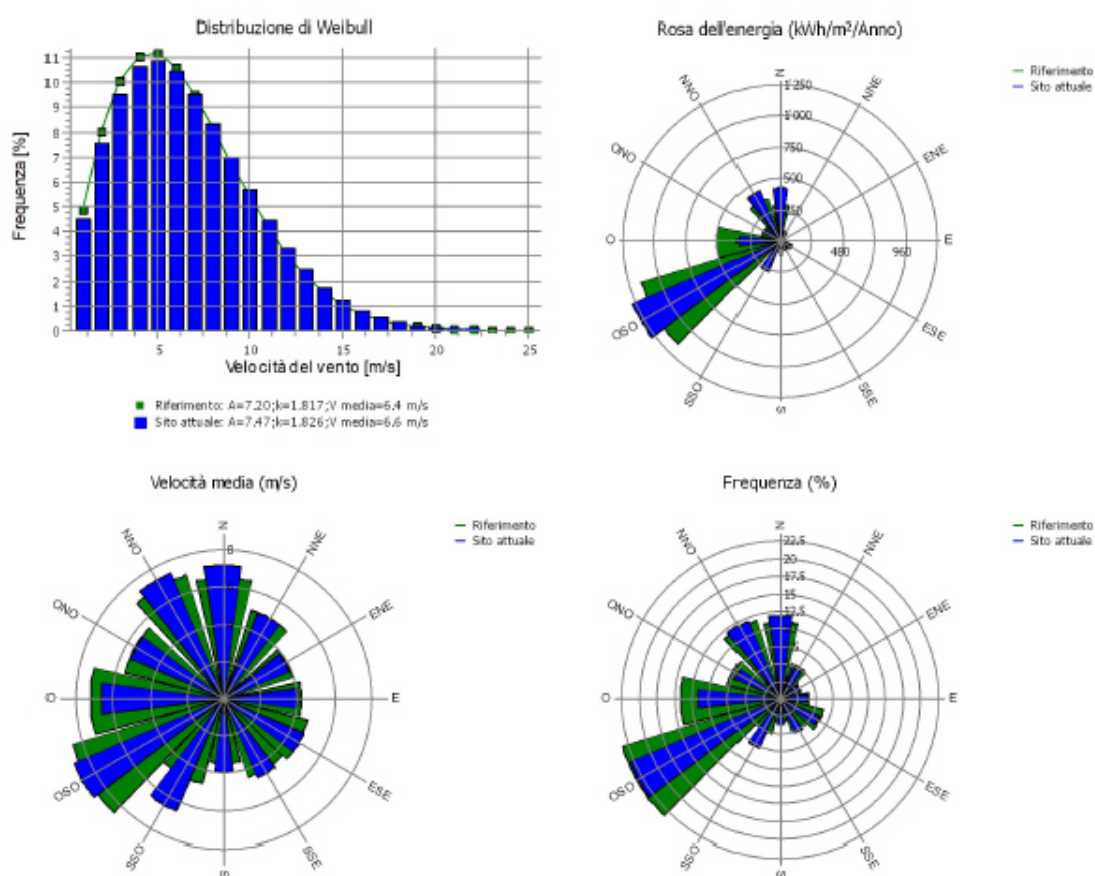


Figura 7: Distribuzione di Weibull per i diversi settori della rosa dei venti.

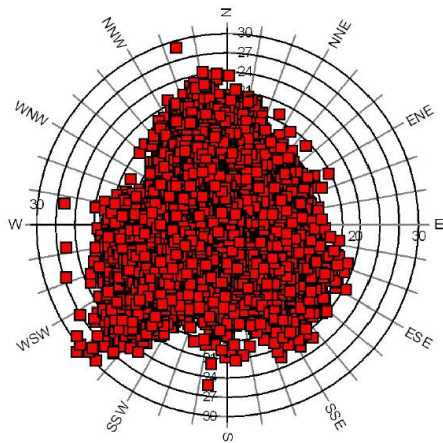
In Figura 8 è riportato l'andamento sul lungo termine del dato meteorologico come direzione e intensità del vento.

Il risultato della correlazione a lungo termine, nei pressi della posizione di ERA5, è **6.6m/s** ad altezza mozzo.

Relazione dati meteo - Risultati principali

Palo di misura: EMD-WRF Europe+ (ERA5)_N40.233177_E016.387817 (1); Meteo data report_Tursi e Colobraro_20210811_English Periodo: Periodo completo: 01.01.2001 - 01.01.2021 (240.0 mesi)

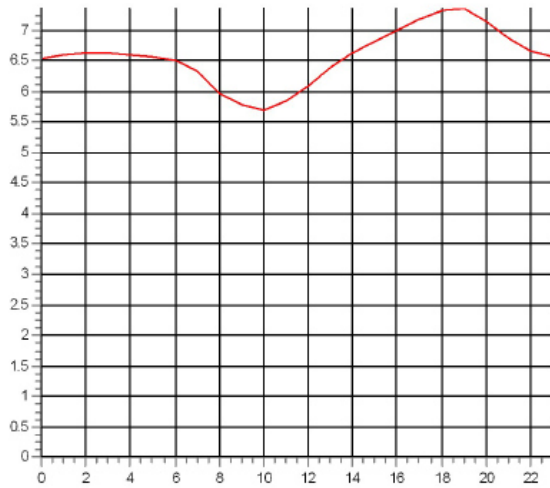
Distribuzione direzionale delle velocità



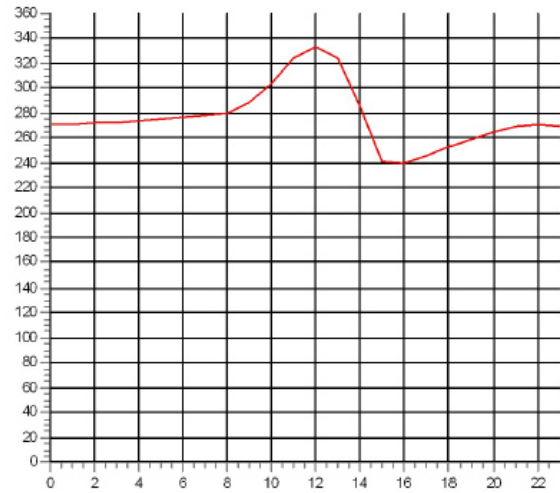
Statistica

Parametro	Unità	N. dati	Percentuale del totale [%]	Media	Weibull media	Weibull A	Weibull k
165.00m - 0.91 Velocità media del vento, tutti i dati	m/s	175320	100.0	6.58	6.61	7.42	1.74
165.00m - 0.91 Wind direction, tutti i dati	Gradi	175320	100.0	273.21			
165.00m - 0.91 Temperature, tutti i dati	°C	175320	100.0	12.84			
165.00m - 0.91 Turbulence intensity, tutti i dati		175320	100.0	0.05			
165.00m - 0.91 Turbulence intensity, abilitati		124885	71.2	0.08			
165.00m - 0.91 Shear, tutti i dati		175320	100.0	0.04			
165.00m - 0.91 Veer, tutti i dati	Degrees/m	175320	100.0	0.01			

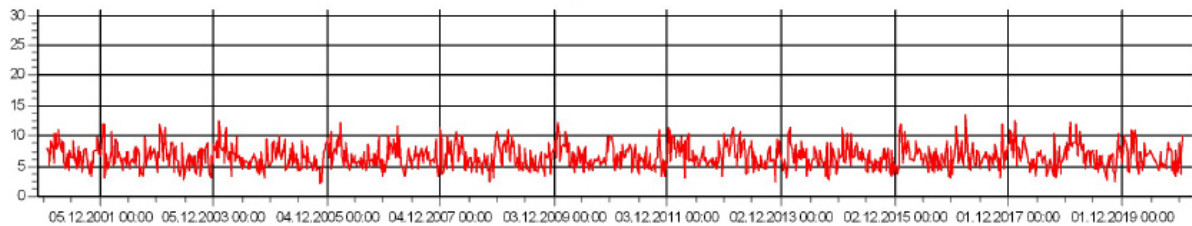
Velocità media oraria



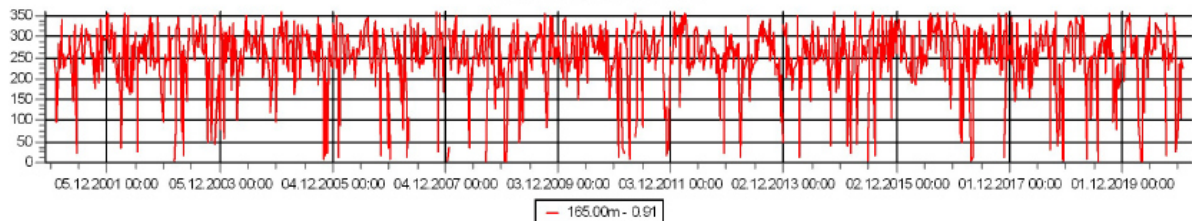
Direzione media oraria



Velocità, media: Week



Direzione, media: Week



— 165.00m - 0.91

Figura 8: Andamento giornaliero del vento in termini di direzione e intensità e statistica nella correlazione di lungo termine.

7. I MODELLI MATEMATICI PER LE RAPPRESENTAZIONE SPAZIALE DEL VENTO

Per calcolare la mappa del vento lungo tutta la ampiezza del sito è necessario usare prima di tutto modelli che permettano di estrapolare dai dati di vento stimato, i valori nell'area del sito a differenti altezze. Lo studio richiede quindi una modellizzazione spaziale del campo di vento. Questa modellizzazione permette l'estrapolazione, sia spaziale dell'area considerata, sia verticale fino all'altezza della navicella del rotore, delle misure di vento disponibili, per il posizionamento più corretto degli aerogeneratori.

Oltre allo studio dei dati di vento e della orografia, risulta molto importante analizzare altri aspetti come la rugosità, che influenza la valorizzazione energetica del sito modificando il gradiente verticale di velocità (wind shear). La stima della rugosità ("roughness"), viene effettuata da un utente esperto sulla base dei sopralluoghi in cui si definisce il tipo di copertura superficiale del luogo. Nel nostro sito si è stimato un livello di rugosità media stabilendo una rugosità $z_0=0,1$ m (Sistemi colturali e particellari complessi) per tutto il sito, e poi andando a dettagliare con classi diverse, particolari aree (aree agricole, boschi, area industriale etc) che risultavano avere una rugosità più o meno elevata rispetto a quella di riferimento.

Così, con l'obiettivo di valutare l'effetto che tutti questi fattori hanno sul comportamento del vento, si è prodotta una modellizzazione del vento utilizzando i software Wind Pro e WASP.

Il software Wind Pro, interfacciandosi con il modulo di calcolo del WASP, riesce a prevedere un campo di ventosità nell'area del parco, partendo dai seguenti dati di input:

- misura effettuata con ERA 5 in downscaling per un periodo di 20 anni, dal 1 Gennaio 2001 al 1 Gennaio 2021
- mappa di curve di livello (5 metri di risoluzione)
- mappa di rugosità del sito, proveniente da immagini satellitari

I dati meteo di ERA 5, sono stati poi correlati con il Global Wind Atlas, per la consistenza dei dati di lungo periodo calcolati tramite la re-analisi di dati meteo. La serie di dati correlata a lungo termine è stata poi utilizzata per il calcolo di produzione.

8. STIMA DELLA PRODUZIONE DI ENERGIA DEL PARCO EOLICO

Dalla applicazione del campo di ventosità calcolato per ogni settore e dalla modellizzazione dell'orografia e della rugosità si può stabilire l'intensità del vento in ogni punto della zona. Dopodiché, per calcolare la produzione lorda (cioè ai morsetti del generatore, non considerando i fermi macchina e altre perdite) si deve applicare la curva di potenza della macchina per la specifica densità dell'aria e si deve calcolare la turbolenza che la presenza delle altre turbine potrebbe creare nella zona.

Per quanto riguarda la valutazione della turbolenza, detta anche effetto scia, il software WINDpro determina, secondo alcuni modelli matematici (GH, Eddy, Park), la percentuale di perdita di energia a causa della scia. Il calcolo suddetto non tiene conto delle riduzioni di produzione dovute a fermi macchina, perdite nei cavi di collegamento alla sottostazione, efficienza della sottostazione.

Per quantificare la produzione annuale netta stimata si sono adottati perciò i seguenti coefficienti di incertezza dovuti per i seguenti motivi:

Fattore di incertezza: Riduzione %

INCERTEZZA

	Uncertainty in wind	Uncertainty in production
Wind accuracy	5.0%	
Long term scaling	4.5%	
Vertical extrapolation	1.0%	
Horizontal extrapolation	3.2%	
Total uncertainty wind related	7.5%	10.7%
Wake losses		5.2%
Electrical losses		2.3%
Turbine performance		3.0%
other		0.1%
Total uncertainty energy related		6.4%

Future wind frequency distribution		2.0%
Wind speed variability	4.5%	6.4%
availability		3.0%
Overall uncertainty 10 years		12.7%

L'incertezza totale, attualmente di 14.5% può essere ridotta introducendo un anemometro, che una volta installato, ridurrebbe sicuramente l'incertezza sotto un valore 10%.

PERDITE

Availability and maintenance losses	3.3%
Grid and interconnection station losses	2.3%
Rotor blade degeneration	0.5%
Icing	0.1%
Total losses (without wake)	6.1%

Questi valori sono quelli che si indicano come "coefficienti di perdita" della produzione attesa e che contribuiscono a ridurre il valore di produzione stimato dai modelli matematici.

Di seguito è quindi riportata una tabella con i valori di produzione dei singoli aerogeneratori per il sito eolico considerato.

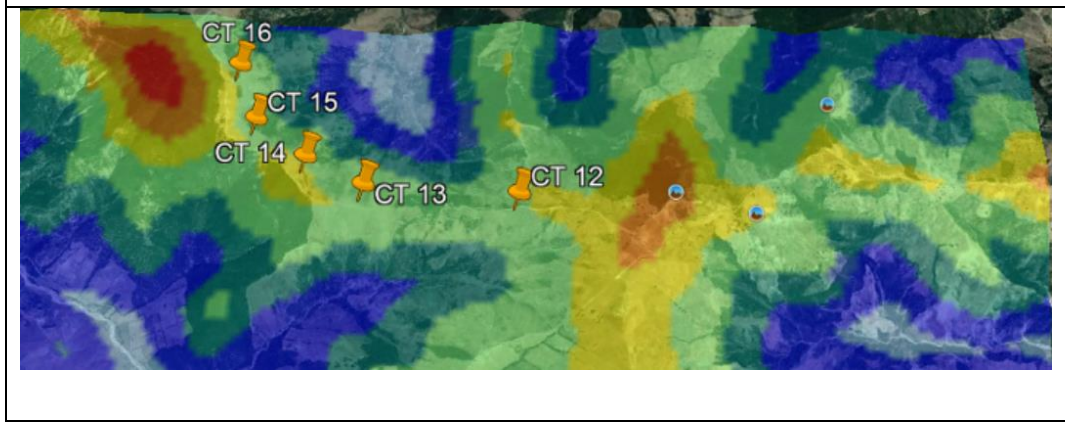
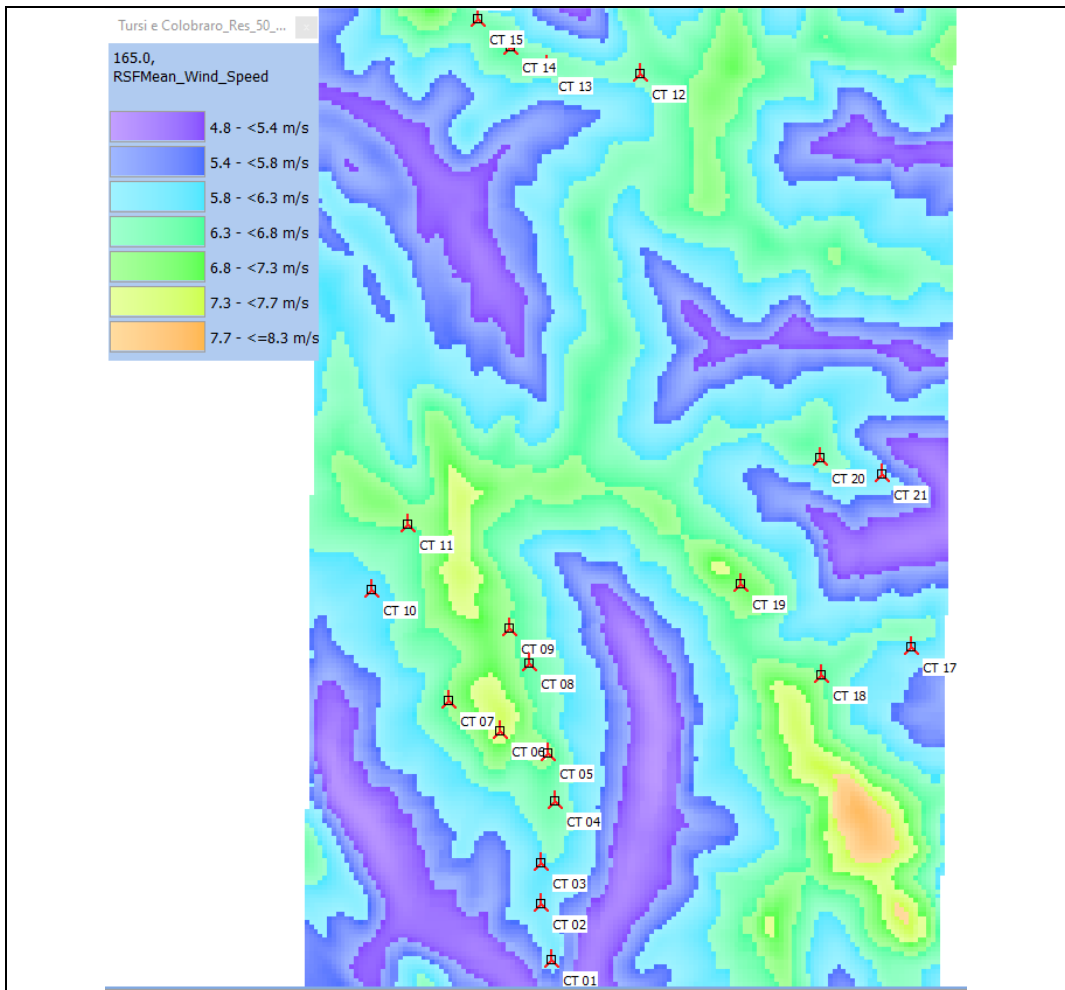
Statistica	Tipo di WTG		Tipo generatore	Potenza nominale	Diametro rotore	Altezza mozzo	Curva di potenza		Produzione annuale		
	Valida	Produttore					Creata da	Nome	Risultato	Perdite di scia	Velocità del vento imperturbato
				[kW]	[m]	[m]			[MWh/anno]	[%]	[m/s]
1 A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	14'256.0	4.7	5.96
2 A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	14'480.2	6.0	6.10
3 A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	14'995.3	5.5	6.23
4 A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	15'624.1	7.2	6.56
5 A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	17'101.1	5.9	6.94
6 A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	18'761.1	6.3	7.53
7 A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	17'454.9	4.7	6.88
8 A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	15'531.1	11.1	6.67
9 A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	17'218.3	4.4	6.86
10 A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	15'407.3	2.2	6.16
11 A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	17'524.3	2.9	6.82
12 A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	16'478.7	3.2	6.48
13 A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	16'530.2	3.5	6.55
14 A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	16'647.0	4.8	6.68
15 A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	15'865.8	5.9	6.54
16 A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	17'075.1	1.7	6.60
17 A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	14'817.7	8.0	6.22
18 A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	16'751.1	5.7	6.75
19 A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	17'814.6	4.8	7.17
20 A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	16'582.5	3.9	6.53
21 A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	14'001.5	7.3	5.96

Figura 9 : Stima della produzione per il parco eolico di Tursi e Colobrarò

In Figura 10 sono riportati valori calcolati per l'intero parco.

Produzione annuale stimata del parco eolico TOTALE						
Risultato Park [MWh/anno]	Lordo (senza perdite) [MWh/anno]	Wake loss (%)	Fattore di Capacità (%)	Media per WTG [MWh/anno]	Ore equivalenti [Ore/anno]	Velocità media al mozzo [m/s]
340.918,1	359.656	5.2	40.5	16.234,2	3552	6,6
Figura 10: risultati della simulazione di WINDpro sul calcolo della producibilità del parco eolico						

Infine, in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** è riportata una mappa che stima la risorsa eolica in termini di produzione annuale, calcolata tenendo conto della orografia e rugosità del terreno; da questa mappa si può vedere quindi la differente produzione annua sull'area, e quindi stimare in funzione delle posizioni delle turbine la loro relativa produzione.



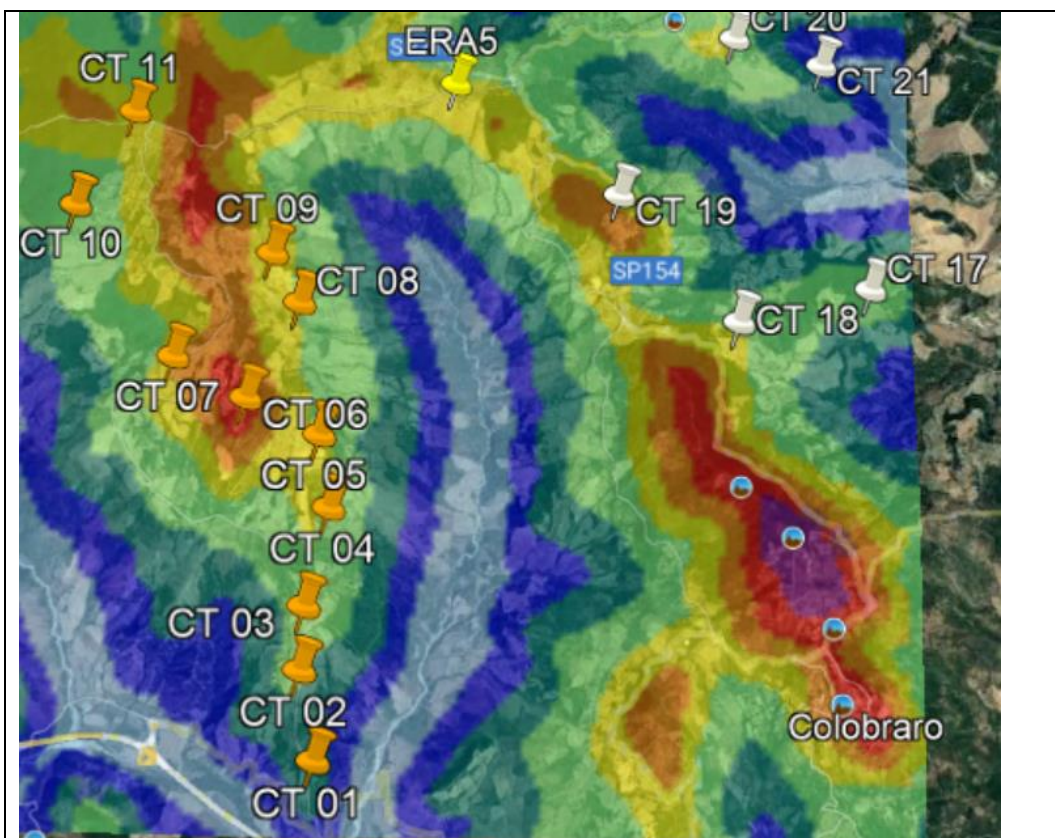


Figura 11: Mappe di ventosità elaborate con Windpro, riportate su Google Earth

9. CONCLUSIONI

Il layout del futuro parco eolico analizzato in questo studio, presenta un livello di risorsa del vento, perfettamente vocata allo sfruttamento eolico. Il parco si trova localizzato nei comuni di Tursi e Colobraro in provincia di Matera.

Il parco eolico proposto è costituito da 21 aerogeneratori Siemens Gamesa 170 con una potenza nominale di 4.57 MW, ad una altezza al mozzo di 165m, la

progettazione del parco sul territorio è avvenuta tenendo conto dei vincoli, degli aspetti morfologici del territorio e rispettando le distanze che permettano di sfruttare al massimo il vento disponibile.

Sono stati utilizzati i dati a lungo termine provenienti da modello ERA5 insieme al modello Atlas UL Windnavigator, per creare un dato meteorologico affidabile e consistente sul lungo termine.

Infine, mediante il programma Wind Pro e WASP si è calcolata la produzione di energia per aerogeneratore, questo ha tenuto conto dell'effetto scia degli aerogeneratori, della rugosità del terreno e dei rilievi topografici per l'ottimizzazione del layout.

Concludendo, i valori stimati della produzione di energia si sono ridotti per tener conto altre fonti potenziali di perdita di energia quali: disponibilità degli aerogeneratori, perdite elettriche, manutenzione, ed incertezze su misura, modelli, etc. Possiamo dire che il risultato, ottenuto grazie ai diversi modelli, per il sito di Tursi e Colobrarò, sia un buon risultato con una produzione di 340.918,1 MWh/anno, che equivale a circa 3552 ore annuali equivalenti per l'impianto di aerogeneratori considerato, così come riportato nella tabella riassuntiva in Figura 10.

L'area in oggetto è quindi perfettamente votata all'eolico che si configura come un impianto redditizio ed efficiente.

Allegati allo studio, i report con i risultati delle simulazioni.

PARK - Risultato principale

Calcolo: 21x SG 6.0-170_manual cutted 4.57MW_WRF-0.8 reduced_2021.08.11

Modello di scia N.O. Jensen (RISØ/EMD)

Calcolo delle scie eseguito in UTM (north)-WGS84 Zona: 33
 Al centro del sito, la differenza tra Nord del sistema di riferimento e Nord Vero è: 0.9°

Metodo di correzione della curva di potenza
 Nuovo metodo windPRO (metodo IEC modificato per accordarsi al controllo turbina) <RACCOMANDATO>
 Metodo di calcolo della densità dell'aria
 Funzione dell'altezza, temperatura da stazione climatica
 Stazione: LATRONICO V3 2014
 Temperatura di riferimento: 11.2 °C a 896.0 m
 Pressione di riferimento: 1013.3 hPa a 0.0 m
 Densità dell'aria al Centro Sito, all'altezza di riferimento: 612.7 m + 150.0 m = 1.130 kg/m³ -> 92.3 % dello standard
 Umidità relativa: 0.0 %

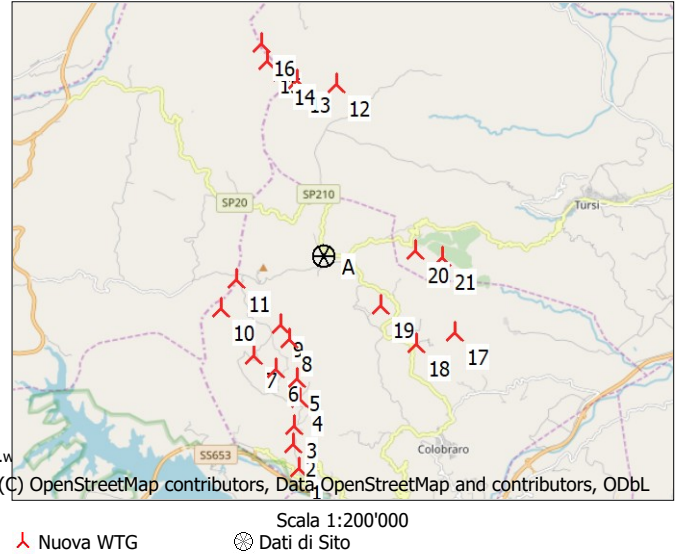
Parametri del modello di scia
 Tipo terreno Costante di decadimento scia
 Definito dall'utente 0.050

Altezza di displacement omnidirezionale importata dagli Oggetti

Impostazioni calcolo scie
Angolo [°] **Velocità del vento [m/s]**
 inizio fine passo inizio fine passo
 0.5 360.0 1.0 0.5 30.5 1.0

Statistica del Vento EMD-WRF Europe+ (ERA5)_N40.23_E016.39 - 150m-Corr0.8.w

Versione WAsP WAsP 12 Version 12.00.0128



Risultati di riferimento a 150.0 m sopra il terreno

Terreno UTM (north)-WGS84 Zona: 33

Easting Northing Nome Oggetto Dati di Sito Tipo

					Energia del vento [kWh/m²]	Velocità media [m/s]	Rugosità equivalente
A	618°062	4'454'562	EMD-WRF Europe+ _Korr.0.8	WAsP (WAsP 12 Version 12.00.0128)	2'822	6.5	-1.2

Produzione annuale stimata del parco eolico

Combinazione di WTG	Risultato		Lordo [MWh/anno]	Perdite di scia [%]	Fattore di capacità [%]	Media per WTG [MWh/anno]	Ore equivalenti [Ore/anno]	Velocità media al mozzo [m/s]
	PARK [MWh/anno]	(senza perdite) [MWh/anno]						
Parco eolico	340'918.1	359'656.0	5.2	40.5	16'234.2	3'552	6.6	

*) Basati su perdite in scia e decurtazioni.

Energia annuale calcolata per ciascuna delle 21 nuove WTG, per un totale di 96.0 MW nominali installati

Statistica	Tipo di WTG		Tipo generatore	Potenza nominale [kW]	Diametro rotore [m]	Altezza mozzo [m]	Curva di potenza Creata da	Nome	Produzione annuale			
	Valida	Produttore							Risultato [MWh/anno]	Perdite di scia [%]	Velocità del vento imperturbato [m/s]	
1	A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	14'256.0	4.7	5.96
2	A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	14'480.2	6.0	6.10
3	A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	14'995.3	5.5	6.23
4	A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	15'624.1	7.2	6.56
5	A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	17'101.1	5.9	6.94
6	A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	18'761.1	6.3	7.53
7	A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	17'454.9	4.7	6.88
8	A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	15'531.1	11.1	6.67
9	A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	17'218.3	4.4	6.86
10	A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	15'407.3	2.2	6.16
11	A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	17'524.3	2.9	6.82
12	A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	16'478.7	3.2	6.48
13	A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	16'530.2	3.5	6.55
14	A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	16'647.0	4.8	6.68
15	A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	15'865.8	5.9	6.54
16	A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	17'075.1	1.7	6.60
17	A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	14'817.7	8.0	6.22
18	A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	16'751.1	5.7	6.75
19	A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	17'814.6	4.8	7.17
20	A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	16'582.5	3.9	6.53
21	A	Si	Siemens Gamesa	SG 6.0-170_4.57MW-4'570	4'570	170.0	165.0	USER	Manual cutted 4.57MW	14'001.5	7.3	5.96

I risultati di produzione annuale includono le perdite indicate. In fase decisionale, andranno considerate ulteriori perdite e incertezze.

PARK - Risultato principale

Calcolo: 21x SG 6.0-170_manual cutted 4.57MW_WRF-0.8 reduced_2021.08.11

Posizione delle WTG

UTM (north)-WGS84 Zona: 33

	Easting	Northing	Z	Dati/Descrizione
	[m]			
1 Nuova	617'474	4'448'965	285.0	Siemens Gamesa SG 6.0-170_4.57MW 4570 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (1)
2 Nuova	617'333	4'449'607	332.2	Siemens Gamesa SG 6.0-170_4.57MW 4570 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (2)
3 Nuova	617'337	4'450'068	384.7	Siemens Gamesa SG 6.0-170_4.57MW 4570 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (3)
4 Nuova	617'480	4'450'787	482.9	Siemens Gamesa SG 6.0-170_4.57MW 4570 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (4)
5 Nuova	617'388	4'451'321	592.1	Siemens Gamesa SG 6.0-170_4.57MW 4570 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (5)
6 Nuova	616'837	4'451'571	703.0	Siemens Gamesa SG 6.0-170_4.57MW 4570 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (6)
7 Nuova	616'244	4'451'903	651.3	Siemens Gamesa SG 6.0-170_4.57MW 4570 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (7)
8 Nuova	617'160	4'452'354	642.5	Siemens Gamesa SG 6.0-170_4.57MW 4570 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (8)
9 Nuova	616'926	4'452'740	687.1	Siemens Gamesa SG 6.0-170_4.57MW 4570 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (9)
10 Nuova	615'331	4'453'155	615.0	Siemens Gamesa SG 6.0-170_4.57MW 4570 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (10)
11 Nuova	615'741	4'453'907	736.7	Siemens Gamesa SG 6.0-170_4.57MW 4570 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (11)
12 Nuova	618'325	4'459'094	519.6	Siemens Gamesa SG 6.0-170_4.57MW 4570 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (12)
13 Nuova	617'258	4'459'164	480.3	Siemens Gamesa SG 6.0-170_4.57MW 4570 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (13)
14 Nuova	616'841	4'459'382	473.6	Siemens Gamesa SG 6.0-170_4.57MW 4570 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (14)
15 Nuova	616'462	4'459'688	442.0	Siemens Gamesa SG 6.0-170_4.57MW 4570 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (15)
16 Nuova	616'309	4'460'111	464.2	Siemens Gamesa SG 6.0-170_4.57MW 4570 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (16)
17 Nuova	621'545	4'452'606	438.4	Siemens Gamesa SG 6.0-170_4.57MW 4570 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (17)
18 Nuova	620'523	4'452'269	585.0	Siemens Gamesa SG 6.0-170_4.57MW 4570 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (18)
19 Nuova	619'578	4'453'285	644.1	Siemens Gamesa SG 6.0-170_4.57MW 4570 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (19)
20 Nuova	620'463	4'454'741	529.9	Siemens Gamesa SG 6.0-170_4.57MW 4570 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (20)
21 Nuova	621'177	4'454'571	412.1	Siemens Gamesa SG 6.0-170_4.57MW 4570 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (21)

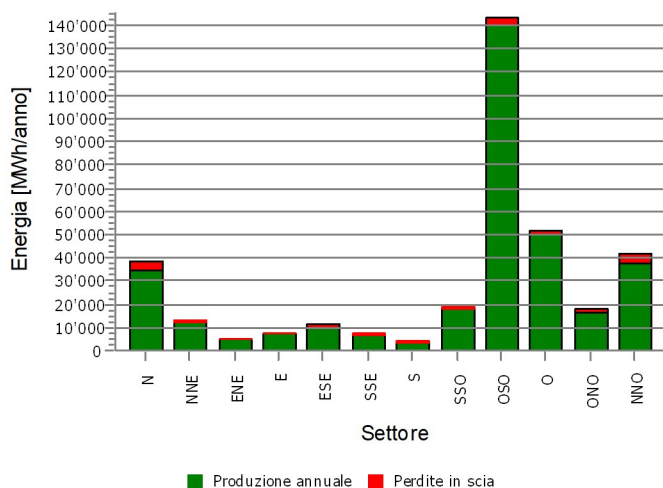
PARK - Analisi della produzione

Calcolo: 21x SG 6.0-170_manual cutted 4.57MW_WRF-0.8 reduced_2021.08.11 **WTG:** Tutte le WTG nuove, densità dell'aria variabile con la posizione della WTG: 1.115 kg/m³ - 1.165 kg/m³

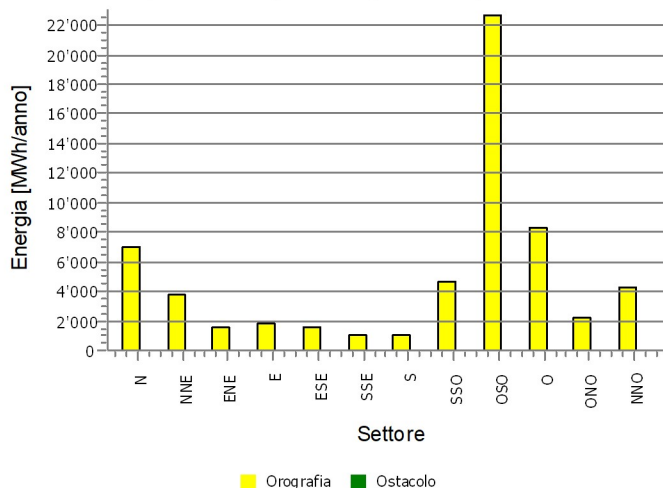
Analisi direzionale

Settore		0 N	1 NNE	2 ENE	3 E	4 ESE	5 SSE	6 S	7 SSO	8 OSO	9 O	10 ONO	11 NNO	Totale
Energia basata sulla rugosità	[MWh]	31'086.6	9'031.6	3'532.8	5'619.5	9'847.8	6'775.2	2'823.6	14'295.1	120'646.8	43'145.9	15'645.1	37'533.1	299'983.1
+Incremento dovuto all'orografia	[MWh]	7'019.9	3'717.9	1'609.4	1'782.7	1'511.4	975.3	977.9	4'629.7	22'665.0	8'328.6	2'228.8	4'226.2	59'673.0
-Perdite dovute alle scie	[MWh]	3'375.8	613.5	239.7	335.1	1'172.0	980.5	478.3	759.2	3'078.1	1'596.9	1'704.5	4'404.2	18'737.9
Energia risultante	[MWh]	34'730.8	12'136.0	4'902.5	7'067.0	10'187.2	6'770.1	3'323.2	18'165.6	140'233.6	49'877.6	16'169.4	37'355.0	340'918.0
Energia specifica	[kWh/m ²]													715
Energia specifica	[kWh/kW]													3'552
Incremento dovuto all'orografia	[%]	22.6	41.2	45.6	31.7	15.3	14.4	34.6	32.4	18.8	19.3	14.2	11.3	19.89
Perdite dovute alle scie	[%]	8.9	4.8	4.7	4.5	10.3	12.7	12.6	4.0	2.1	3.1	9.5	10.5	5.21
Utilizzazione	[%]	26.5	28.2	29.1	30.6	27.3	25.4	28.9	22.4	19.5	23.9	27.2	26.9	22.8
Tempo di operatività	[Ore/anno]	852	427	265	346	476	366	258	512	1'962	1'018	565	872	7'920
Ore equivalenti	[Ore/anno]	362	126	51	74	106	71	35	189	1'461	520	168	389	3'552

Energia per settore



Impatto dell'orografia e degli ostacoli per settore



PARK - Analisi della curva di potenza

Calcolo: 21x SG 6.0-170_manual cutted 4.57MW_WRF-0.8 reduced_2021.08.11 **WTG:** 1 - Siemens Gamesa SG 6.0-170_4.57MW 4570 170.0 !O!, Altezza mozzo: 165.0 m

Nome: Manual cutted 4.57MW

Fonte:

Data fonte	Creata da	Creato	Modificato	Soglia di blocco [m/s]	Controllo della potenza	Tipo di curva Ct	Tipo di generatore	Potenza specifica kW/m ²
11.08.2021	USER	11.08.2021	11.08.2021	25.0	Pitch	Definito dall'utente	One generator	0.20

Confronto con curva HP - Nota: per densità dell'aria standard

V media	[m/s]	5	6	7	8	9	10
Valore HP Pitch, single generator (2009)	[MWh]	10'036	14'817	19'599	23'771	26'967	29'933
Siemens Gamesa SG 6.0-170_4.57MW 4570 170.0 !O! Manual cutted 4.57MW	[MWh]	10'779	15'419	19'476	22'819	25'465	27'454
Valore di controllo	[%]	-7	-4	1	4	6	9

La tabella mostra il confronto con la produzione annuale di energia calcolata sulla base delle semplici "curva HP", che assumono che tutte le WTG abbiano prestazioni simili - solo la potenza specifica (kW/m²), la velocità singola/duale o stallo/pitch influenzano i valori calcolati. La produzione è intesa senza le perdite di scia.

Per ulteriori dettagli, consultare la relazione di progetto n. 51171/00-0016 dell'Agenzia Danese per l'Energia, o il manuale di windPRO.

Il metodo è descritto nel rapporto EMD "20 Detailed Case Studies comparing Project Design Calculations and actual Energy Productions for Wind Energy Projects worldwide", gennaio 2003.

Usare la tabella per valutare se la curva di potenza data è ragionevole - se il valore di controllo è inferiore a -5%, la curva di potenza è probabilmente troppo ottimistica a causa dell'incertezza sulla sua misurazione.

Curva di potenza

Dati originali dal Catalogo WTG, Densità dell'aria: 1.225 kg/m³

Velocità del vento [m/s]	Potenza [kW]	Cp	Velocità del vento [m/s]	Curva Ct
3.0	89.0	0.24	3.0	0.95
3.5	178.0	0.30	3.5	0.88
4.0	328.0	0.37	4.0	0.85
4.5	522.0	0.41	4.5	0.83
5.0	758.0	0.44	5.0	0.82
5.5	1040.0	0.45	5.5	0.83
6.0	1376.0	0.46	6.0	0.83
6.5	1771.0	0.46	6.5	0.84
7.0	2230.0	0.47	7.0	0.84
7.5	2757.0	0.47	7.5	0.84
8.0	3344.0	0.47	8.0	0.82
8.5	3953.0	0.46	8.5	0.79
9.0	4512.0	0.45	9.0	0.74
9.5	4570.0	0.38	9.5	0.66
10.0	4570.0	0.33	10.0	0.57
10.5	4570.0	0.28	10.5	0.49
11.0	4570.0	0.25	11.0	0.42
11.5	4570.0	0.22	11.5	0.36
12.0	4570.0	0.19	12.0	0.31
12.5	4570.0	0.17	12.5	0.27
13.0	4570.0	0.15	13.0	0.24
13.5	4570.0	0.13	13.5	0.21
14.0	4570.0	0.12	14.0	0.19
14.5	4570.0	0.11	14.5	0.17
15.0	4570.0	0.10	15.0	0.15
15.5	4570.0	0.09	15.5	0.14
16.0	4570.0	0.08	16.0	0.13
16.5	4570.0	0.07	16.5	0.12
17.0	4570.0	0.07	17.0	0.11
17.5	4570.0	0.06	17.5	0.10
18.0	4570.0	0.06	18.0	0.09
18.5	4570.0	0.05	18.5	0.09
19.0	4570.0	0.05	19.0	0.08
19.5	4570.0	0.04	19.5	0.08
20.0	4570.0	0.04	20.0	0.07
20.5	4570.0	0.04	20.5	0.06
21.0	4570.0	0.04	21.0	0.06
21.5	4570.0	0.03	21.5	0.05
22.0	4570.0	0.03	22.0	0.05
22.5	4570.0	0.03	22.5	0.05
23.0	4570.0	0.03	23.0	0.04
23.5	4570.0	0.03	23.5	0.04
24.0	4570.0	0.02	24.0	0.04
24.5	4570.0	0.02	24.5	0.03
25.0	4570.0	0.02	25.0	0.03

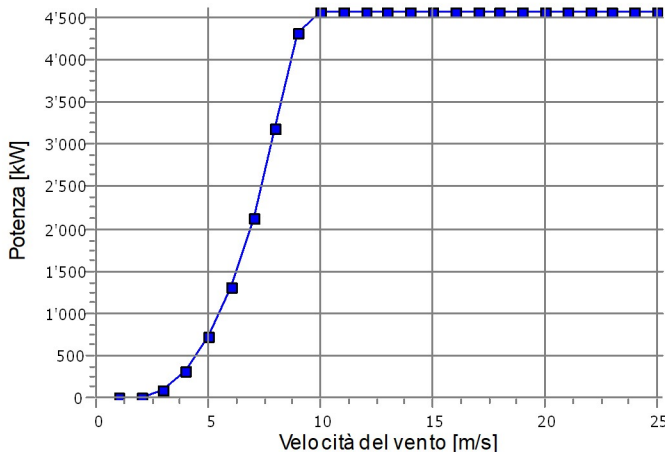
Potenza, efficienza ed energia vs. velocità del vento

Dati usati nel calcolo, Densità dell'aria: 1.165 kg/m³ Nuovo metodo windPRO (metodo IEC modificato per accordarsi al controllo turbina) <RACCOMANDATO>

Velocità del vento [m/s]	Potenza [kW]	Cp	Intervallo [m/s]	Energia [MWh]	Energia cumulata [MWh]	Frazione del totale [%]
1.0	0.0	0.00	0.50-1.50	0.0	0.0	0.0
2.0	0.0	0.00	1.50-2.50	0.0	0.0	0.0
3.0	79.8	0.22	2.50-3.50	77.0	77.0	0.5
4.0	307.4	0.36	3.50-4.50	303.8	380.8	2.7
5.0	717.6	0.43	4.50-5.50	657.6	1'038.4	7.3
6.0	1'306.9	0.46	5.50-6.50	1'095.4	2'133.8	15.0
7.0	2'119.9	0.47	6.50-7.50	1'562.7	3'696.5	25.9
8.0	3'181.8	0.47	7.50-8.50	1'976.7	5'673.2	39.8
9.0	4'325.4	0.45	8.50-9.50	2'127.3	7'800.5	54.7
10.0	4'570.0	0.35	9.50-10.50	1'868.5	9'669.0	67.8
11.0	4'570.0	0.26	10.50-11.50	1'435.4	11'104.4	77.9
12.0	4'570.0	0.20	11.50-12.50	1'060.8	12'165.3	85.3
13.0	4'570.0	0.16	12.50-13.50	754.7	12'920.0	90.6
14.0	4'570.0	0.13	13.50-14.50	515.6	13'435.6	94.2
15.0	4'570.0	0.10	14.50-15.50	337.3	13'772.9	96.6
16.0	4'570.0	0.08	15.50-16.50	210.7	13'983.6	98.1
17.0	4'570.0	0.07	16.50-17.50	125.5	14'109.1	99.0
18.0	4'570.0	0.06	17.50-18.50	71.2	14'180.3	99.5
19.0	4'570.0	0.05	18.50-19.50	38.4	14'218.7	99.7
20.0	4'570.0	0.04	19.50-20.50	19.8	14'238.5	99.9
21.0	4'570.0	0.04	20.50-21.50	9.7	14'248.2	99.9
22.0	4'570.0	0.03	21.50-22.50	4.6	14'252.7	100.0
23.0	4'570.0	0.03	22.50-23.50	2.1	14'254.8	100.0
24.0	4'570.0	0.03	23.50-24.50	0.9	14'255.7	100.0
25.0	4'570.0	0.02	24.50-25.50	0.3	14'256.0	100.0

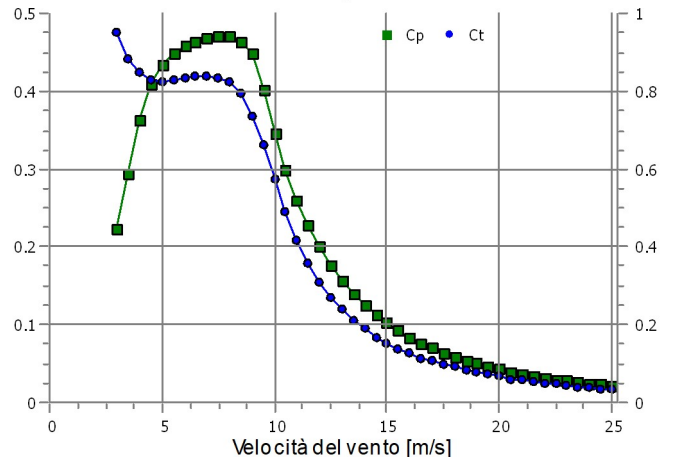
Curva di potenza

Per una densità dell'aria: 1.165 kg/m³ e dati climatici di riferimento



Curve Cp e Ct

Per una densità dell'aria: 1.165 kg/m³ e dati climatici di riferimento



Progetto:

Tursi e Colobraro

Utente autorizzato:

wpd AG
Stephanitorsbollwerk 3 (Haus LUV)
DE-28211 Bremen
+49 7142 77810
Vragel / m.vragel@wpd.de
Redatto il:
11.08.2021 16:15/3.4.415



PARK - Terreno

Calcolo: 21x SG 6.0-170_manual cutted 4.57MW_WRF-0.8 reduced_2021.08.11 **Dati di Sito:** A - EMD-WRF Europe+_Korr.0.8

Ostacoli:

0 ostacoli usati

Rugosità:

Il calcolo usa i seguenti files .map:

\\deubb1srv02.adhb.loc\data\PE\Wind\02_projects\Italy\2_New_projects\11. Tursi e Colobraro\09_WindPRO\Rauigkeitslinien_Tursi e Colobraro_nachdigitalisi

Min X: 588'892, Max X: 648'763, Min Y: 4'424'674, Max Y: 4'486'631, Ampiezza: 59'870 m, Altezza: 61'957 m

Orografia:

Il calcolo usa i seguenti files .map:

L:\PE\Wind\02_projects\Italy\2_New_projects\11. Tursi e Colobraro\09_WindPRO\Contours\Contours.map.wpo

Min X: 598'264, Max X: 638'284, Min Y: 4'434'227, Max Y: 4'475'496, Ampiezza: 40'020 m, Altezza: 41'269 m

PARK - Analisi dei Dati di vento

Calcolo: 21x SG 6.0-170_manual cutted 4.57MW_WRF-0.8 reduced_2021.08.11 **Dati di vento:** A - EMD-WRF Europe+_Korr.0.8; Altezza mozzo: 165.0

Coordinate del sito

UTM (north)-WGS84 Zone: 33

Est: 618°062 Nord: 4°45'562

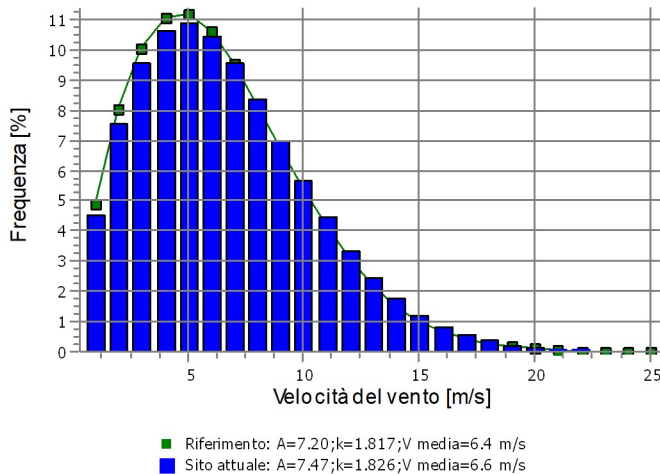
Statistica del Vento

EMD-WRF Europe+ (ERA5)_N40.23_E016.39 - 150m-Corr0.8.wws

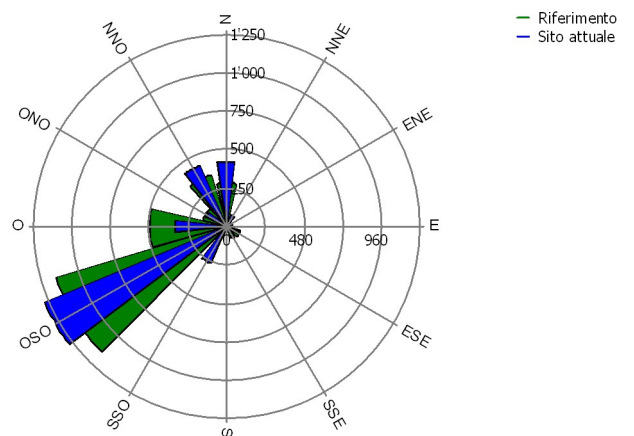
Parametri Weibull

Settore	Sito attuale				Riferimento: classe di Rugosità 1			
	Parametro A	Velocità del vento	Parametro k	Frequenza	Parametro A	Parametro k	Frequenza	
	[m/s]	[m/s]		[%]	[m/s]		[%]	
0 N	8.11	7.18	2.096	11.9	7.35	2.136	11.0	
1 NNE	5.54	4.98	1.572	4.7	5.60	1.676	5.2	
2 ENE	4.18	3.83	1.350	2.9	4.27	1.379	3.1	
3 E	4.45	4.02	1.490	3.8	4.65	1.494	4.0	
4 ESE	5.21	4.71	1.486	6.0	5.19	1.502	6.3	
5 SSE	5.04	4.61	1.361	5.3	4.81	1.375	5.1	
6 S	4.29	3.94	1.334	3.7	3.79	1.339	3.3	
7 SSO	7.35	6.56	1.705	7.7	5.19	1.459	5.1	
8 OSO	9.95	8.85	2.670	23.2	9.61	2.700	23.5	
9 O	7.51	6.66	2.037	11.6	8.16	2.145	14.1	
10 ONO	6.15	5.50	1.674	7.1	6.23	1.708	7.7	
11 NNO	8.32	7.37	2.229	12.0	7.87	2.272	11.7	
Tutti	7.47	6.64	1.826	100.0	7.20	1.817	100.0	

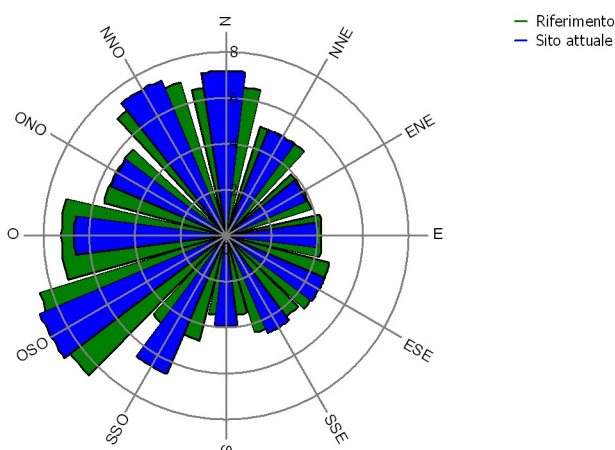
Distribuzione di Weibull



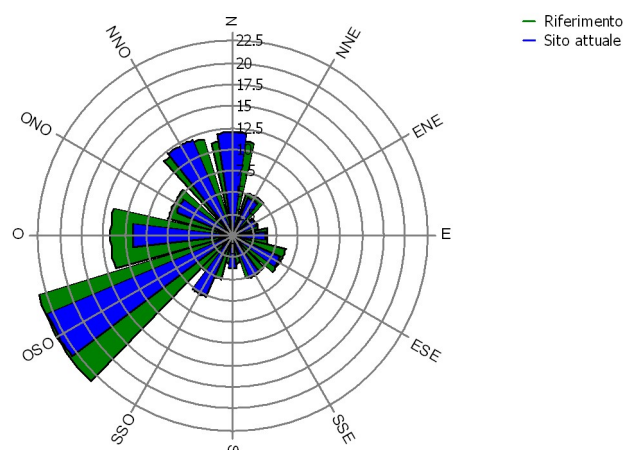
Rosa dell'energia (kWh/m²/Anno)



Velocità media (m/s)



Frequenza (%)



PARK - Analisi dei Dati di vento

Calcolo: 21x SG 6.0-170_manual cutted 4.57MW_WRF-0.8 reduced_2021.08.11 **Dati di vento:** A - EMD-WRF Europe+_Korr.0.8; Altezza mozzo: 165.0

Coordinate del sito

UTM (north)-WGS84 Zone: 33
 Est: 617474 Nord: 4'448'965
 CT 01 - Siemens Gamesa SG 6.0-170_4.57MW 4570 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (1)

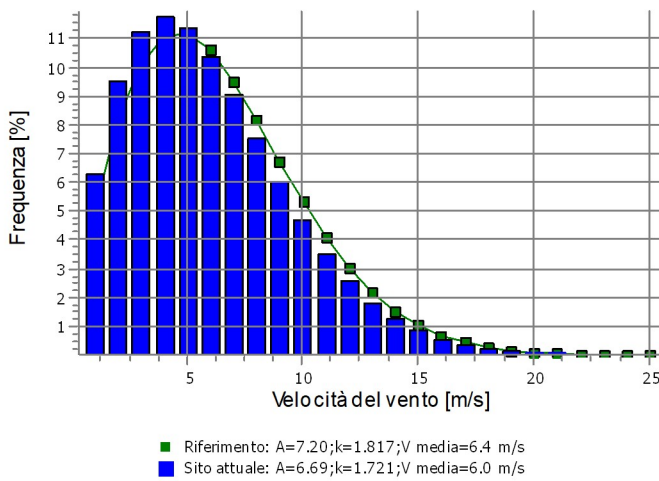
Statistica del Vento

EMD-WRF Europe+ (ERA5)_N40.23_E016.39 - 150m-Corr0.8.wws

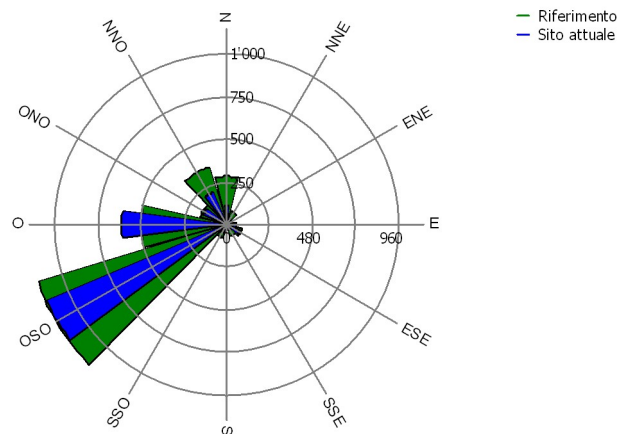
Parametri Weibull

Settore	Sito attuale				Riferimento: classe di Rugosità 1			
	Parametro A	Velocità del vento	Parametro k	Frequenza	Parametro A	Parametro k	Frequenza	
	[m/s]	[m/s]		[%]	[m/s]		[%]	
0 N	5.68	5.03	2.088	9.2	7.35	2.136	11.0	
1 NNE	4.53	4.05	1.654	4.8	5.60	1.676	5.2	
2 ENE	3.93	3.59	1.385	3.5	4.27	1.379	3.1	
3 E	4.57	4.14	1.479	5.0	4.65	1.494	4.0	
4 ESE	4.86	4.40	1.471	6.7	5.19	1.502	6.3	
5 SSE	4.05	3.72	1.342	4.5	4.81	1.375	5.1	
6 S	2.96	2.71	1.350	2.7	3.79	1.339	3.3	
7 SSO	4.52	4.10	1.447	4.8	5.19	1.459	5.1	
8 OSO	9.56	8.49	2.561	22.9	9.61	2.700	23.5	
9 O	8.25	7.31	2.088	16.3	8.16	2.145	14.1	
10 ONO	5.93	5.28	1.768	8.6	6.23	1.708	7.7	
11 NNO	6.68	5.91	2.271	11.1	7.87	2.272	11.7	
Tutti	6.69	5.96	1.721	100.0	7.20	1.817	100.0	

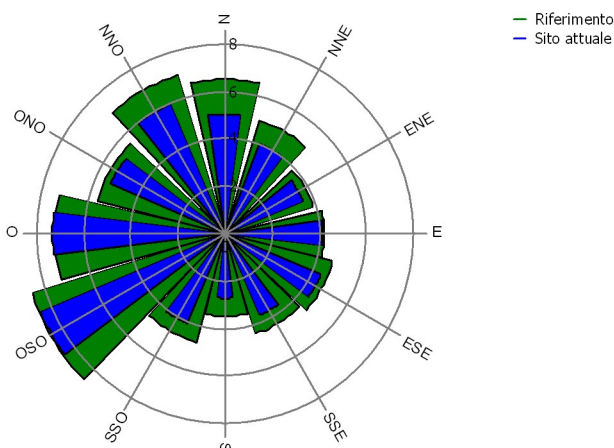
Distribuzione di Weibull



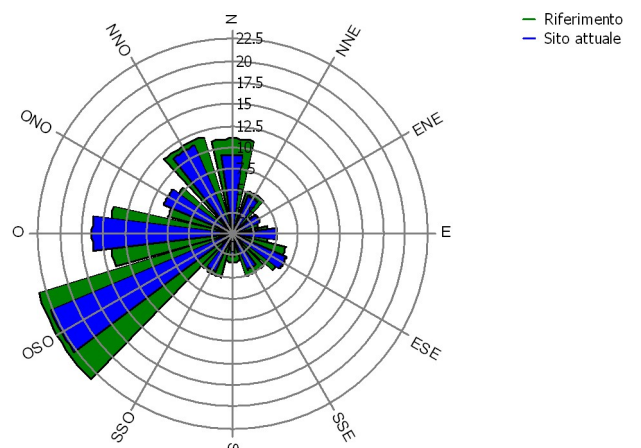
Rosa dell'energia (kWh/m²/Anno)



Velocità media (m/s)



Frequenza (%)



PARK - Curva di potenza del parco

Calcolo: 21x SG 6.0-170_manual cutted 4.57MW_WRF-0.8 reduced_2021.08.11

Velocità del vento [m/s]	Potenza													
	WTG libere [kW]	WTG in parco [kW]	N [kW]	NNE [kW]	ENE [kW]	E [kW]	ESE [kW]	SSE [kW]	S [kW]	SSO [kW]	OSO [kW]	O [kW]	ONO [kW]	NNO [kW]
0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.5	3'410	2'850	2'554	2'980	3'072	3'045	2'618	2'467	2'495	2'993	3'076	3'061	2'627	2'438
4.5	10'043	8'728	7'958	9'069	9'261	9'193	8'142	7'880	7'789	9'100	9'275	9'232	8'157	7'779
5.5	20'207	17'864	16'475	18'471	18'833	18'701	16'792	16'328	16'229	18'525	18'857	18'766	16'812	16'154
6.5	34'487	30'646	28'368	31'637	32'223	32'010	28'903	28'135	28'026	31'728	32'265	32'114	28'931	27'850
7.5	53'735	47'894	44'420	49'397	50'287	49'973	45'262	44'072	43'936	49'538	50'354	50'130	45'296	43'638
8.5	77'400	69'780	64'955	71'837	73'006	72'628	66'157	64'686	64'349	72'003	73'087	72'822	66'207	64'183
9.5	95'310	89'868	84'986	91'874	92'824	92'517	85'890	85'628	84'514	91'823	92'886	92'703	86'005	85'722
10.5	95'970	94'933	92'263	95'790	95'866	95'881	93'357	94'420	92'597	95'773	95'906	95'868	93'287	94'481
11.5	95'970	95'922	95'637	95'970	95'970	95'970	95'849	95'970	95'913	95'970	95'970	95'970	95'832	95'961
12.5	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970
13.5	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970
14.5	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970
15.5	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970
16.5	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970
17.5	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970
18.5	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970
19.5	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970
20.5	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970
21.5	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970
22.5	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970
23.5	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970
24.5	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970	95'970
25.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Descrizione:

La curva di potenza del parco è simile alla curva di potenza di una WTG, nel senso che quando una data velocità del vento si manifesta "di fronte al parco" con lo stesso valore nell'intera area del parco eolico (prima dell' effetto del parco stesso), allora la produzione complessiva può essere espressa dalla curva di potenza del parco. In altre parole: la curva di potenza del parco include le perdite di scia, ma NON include le variazioni della velocità del vento dovute al terreno entro l' area del parco. Misurare la curva di potenza di un parco eolico non è semplice come misurare quella di una WTG, a causa del fatto che la prima dipende dalla direzione del vento e che una data velocità del vento normalmente non si manifesta contemporaneamente sull'intera area del parco (solo in terreni molto piani). Questa versione della curva di potenza del parco non andrebbe dunque utilizzata per validazioni basate su misurazioni. Ciò richiederebbe almeno 2 masts su due lati del parco, a meno che non vengano testati solo alcuni settori, e un terreno non complesso (tipicamente, offshore). Per terreni complessi è disponibile un'altra versione della curva di potenza del parco.

La curva di potenza del parco può essere usata per:

1. Sistemi di previsione, basati su più dati di vento approssimativi; la curva di potenza del parco sarebbe un modo efficace di ottenere il legame tra la velocità (e la direzione) del vento e la potenza.
2. Costruzione delle curve di durata, che descrivono quanto spesso un dato output di potenza si presenta. La curva di potenza del parco può essere usata insieme con la distribuzione media del vento sull'area del parco eolico all'altezza del mozzo. Tale distribuzione può eventualmente essere ottenuta dai parametri Weibull per ogni posizione delle WTG. Questi si trovano nel menu di stampa "Risultato su file", in "Risultato del Parco", che può essere salvato su file o copiato e incollato in Excel.
3. Calcolo dell'Indice di Vento basato sulla produzione del parco (v. sotto).
4. Stima della produzione attesa di una centrale eolica esistente sulla base di misure in almeno due siti ai lati della centrale. I masts vanno usati per ottenere la velocità del vento imperturbato. Questa è usata nella simulazione della produzione con la curva di potenza del parco. Questa procedura è adatta solo a terreni non complessi. Per terreni complessi è disponibile un altro calcolo della curva di potenza del parco (modello PPV).

Nota:

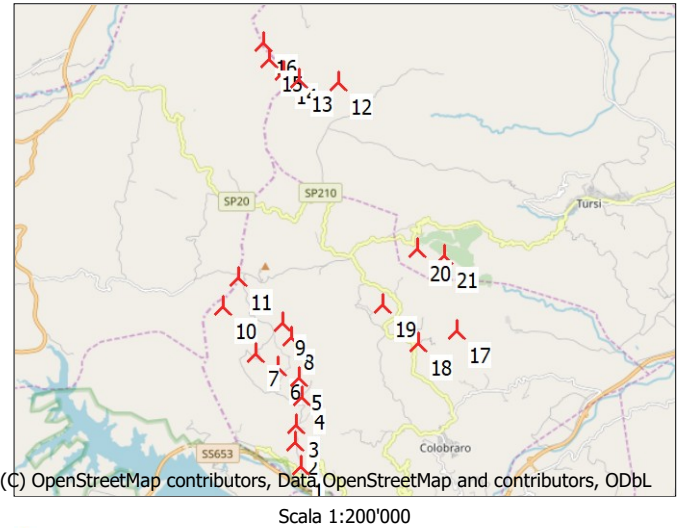
Nel menu " Risultato su file" è disponibile anche l' opzione " Velocità del vento entro il parco eolico" . Essa può essere utilizzata per estrarre (e.g. con Excel) le perdite indotte dalle scie sulla velocità del vento misurata.

PARK - Distanze tra le WTG

Calcolo: 21x SG 6.0-170_manual cutted 4.57MW_WRF-0.8 reduced_2021.08.11

Distanze tra le WTG

Z	WTG più vicina	Z	Distanza orizzontale [m]	Distanza in Diametri Rotore
1	2	2	332.2	3.9
2	3	3	384.7	2.7
3	2	2	332.2	2.7
4	5	5	592.1	3.2
5	4	4	482.9	3.2
6	5	5	592.1	3.6
7	6	6	703.0	4.0
8	9	9	687.1	2.7
9	8	8	642.5	2.7
10	11	11	736.7	5.0
11	10	10	615.0	5.0
12	13	13	480.3	6.3
13	14	14	473.6	2.8
14	13	13	480.3	2.8
15	16	16	464.2	2.6
16	15	15	442.0	2.6
17	18	18	585.0	6.3
18	17	17	438.4	6.3
19	18	18	585.0	8.2
20	21	21	412.1	4.3
21	20	20	529.9	4.3
Min	285.0	332.2	450	2.6
Max	736.7	736.7	1'388	8.2



▲ Nuova WTG

Progetto:

Tursi e Colobrarò

Utente autorizzato:

wpd AG

Stephanitorsbollwerk 3 (Haus LUV)

DE-28211 Bremen

+49 7142 77810

Vragel / m.vragel@wpd.de

Redatto il:

11.08.2021 16:15/3.4.415



PARK - Info Statistica di Vento

Calcolo: 21x SG 6.0-170_manual cutted 4.57MW_WRF-0.8 reduced_2021.08.11

Dati per il calcolo della Statistica del Vento

File L:\PE\Wind\02_projects\Italy\2_New_projects\11. Tursi e Colobrarò\09_WindPRO\EMD-WRF Europe+ (ERA5)_N40.23_E016.39 - 150m-Corr0.8.wws
Nome EMD-WRF Europe+ (ERA5)_N40.23_E016.39 - 150m-Corr0.8
Paese Italy
Fonte User
Coordinate mast UTM (north)-WGS84 Zona: 33 Est: 618'062 Nord: 4'454'562
Creato 10.08.2021
Modificato 10.08.2021
Settori 12
Versione WAsP WAsP 12 Version 12.00.0128
Sistema di coordinate UTM (north)-WGS84 Zona: 33
Altezza di dislocamento Nessuna

Ulteriori informazioni sulla Statistica

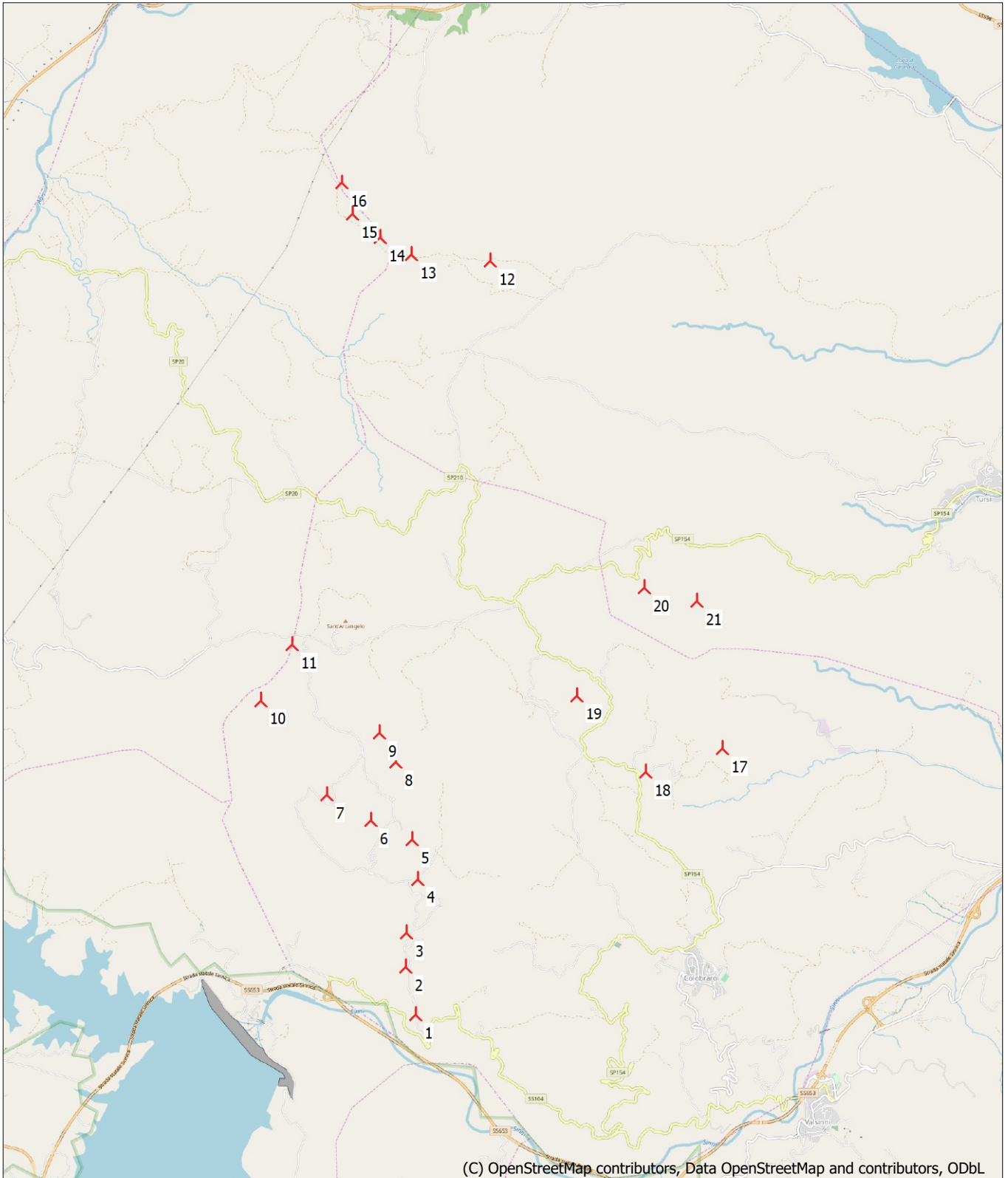
Fonte dati EMD-WRF Europe+ (ERA5)_N40.233177_E016.387817 (1)
Dati dal 01.01.2001
al 01.01.2021
Periodo di misura 240.0 mesi
Tasso di recupero 100.0 %
Periodo di misura effettivo 240.0 mesi

Commento

Per ottenere un risultato corretto, la Statistica del Vento deve essere stata calcolata con lo STESSO modello e parametrizzazione selezionati in questo calcolo. Versioni di WAsP precedenti alla 10.0 non presentano variazioni sostanziali, ma nelle versioni successive le modifiche applicate hanno effetto sulla Statistica del Vento. Analogamente, WAsP CFD deve sempre utilizzare Statistiche di Vento calcolate con WAsP CFD.

PARK - Mappa

Calcolo: 21x SG 6.0-170_manual cutted 4.57MW_WRF-0.8 reduced_2021.08.11



0 1 2 3 4 km

Mappa: EMD OpenStreetMap , Scala di stampa 1:75'000, Centro mappa UTM (north)-WGS84 Zone: 33 Est: 618'438 Nord: 4'454'538

🚧 Nuova WTG