

Regione Puglia

COMUNE DI SAN PANCRAZIO SALENTINO (BR) - SALICE SALENTINO (LE)
AVETRANA (TA) - ERCHIE (BR)

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI IMPIANTO PER LA
PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTI RINNOVABILI,
NONCHE' OPERE CONNESSE ED INFRASTRUTTURE, DI POTENZA
NOMINALE PARI A 36 MW ALIMENTATO DA FONTE EOLICA,
CON ANNESSO SISTEMA DI ACCUMULO INTEGRATO DI POTENZA
PARI A 24 MW, PER UNA POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 60MW
DENOMINATO IMPIANTO "NEXT2"**

PROGETTO PARCO EOLICO "NEXT2"

Codice Regionale AU: CY53TR6

Tav.:	Titolo:
R35	RELAZIONE PRODUCIBILITA'

Scala:	Formato Stampa:	Codice Identificatore Elaborato
s.c.	A4	CY53TR6_NPDI2_ERC_R35_RelazioneProducibilità

Progettazione:	Committente:
QMSOLAR s.r.l. Via Guglielmo Marconi scala C n.166 - Cap 72023 MESAGNE (BR) P.IVA 02683290742 - qmsolar.srls@pec.it Amm.re unico Ing. Francesco Masilla Gruppo di progettazione: MSC Innovative Solutions s.r.l.s - Via Milizia 55 - 73100 LECCE (LE) P.IVA 05030190754 - msc.innovativesolutions@gmail.com Ing. Santo Masilla - Responsabile Progetto	NPD Italia II s.r.l. Galleria Passarella, 2, Cap - 20122 MILANO P.IVA 11987560965 - email: npditaliaii@legalmail.it
Indagini Specialistiche :	

Data Progetto	Motivo	Redatto:	Controllato:	Approvato:
15/09/2023	Prima versione Documento riservato	F.M.	S.M.	NPD Italia II srl

	RELAZIONE DESCRITTIVA		
	CY53TR6_NPDI2_ERC_R35_RelazioneProducibilità	Rev. 0	

Sommario

1. INTRODUZIONE	2
1.1. Premessa.....	2
1.2. Inquadramento geografico del sito	2
1.3. Metodologia di analisi	4
2. CRITERI ADOTTATI PER LA VALUTAZIONE	8
2.1. Modello digitale orografico	8
2.2. Mappa di rugosità.....	9
2.3. Ostacoli	9
2.4. Densità dell'aria	9
2.5. Risorsa eolica	10
2.6. Descrizione dell'aereogeneratore.....	14
3. CALCOLO E VERIFICA DELLA PRODUZIONE ATTESA	16
3.1. Stima della produzione energetica	16
3.2. Verifica dell'idoneità del sito	20
3.3. Conclusioni	21

	RELAZIONE DESCRITTIVA		
	CY53TR6_NPDI2_ERC_R35_RelazioneProducibilità	Rev. 0	

1. INTRODUZIONE

1.1. Premessa

La presente relazione ha lo scopo di valutare la risorsa eolica in riferimento al progetto di parco eolico nei comuni di San Pancrazio Salentino (BR) e Salice Salentino (LE), con opere di connessione e infrastrutture nel comune di Avetrana (TA) ed Erchie (BR) con allaccio alla futura STAZIONE ELETTRICA 150/380 kV. In particolare verrà riportata la descrizione della campagna anemometrica effettuata in sito e la producibilità espressa in ore equivalenti di funzionamento a pieno carico in un anno solare.

1.2. Inquadramento geografico del sito

Il parco eolico è localizzato in Puglia, precisamente nei Comuni di Erchie (BR) San Pancrazio Salentino (BR) e Salice Salentino (LE), con soluzione di connessione che interesserà il comune di Erchie (BR). L'intera zona è caratterizzata principalmente da terreni adibiti a pascolo e alla coltivazione di ulivi. L'orografia del terreno è molto semplice poiché ci troviamo in presenza di un territorio pianeggiante.

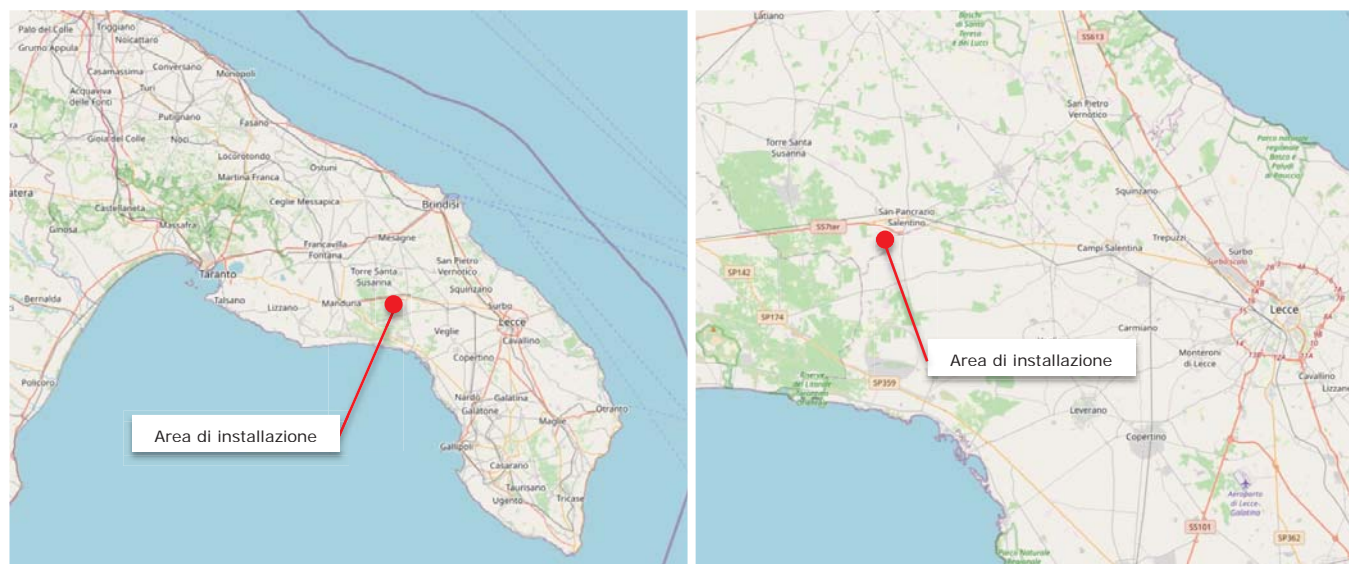


Figura 1: Sito di installazione

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-Nordovest e Sud. 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.

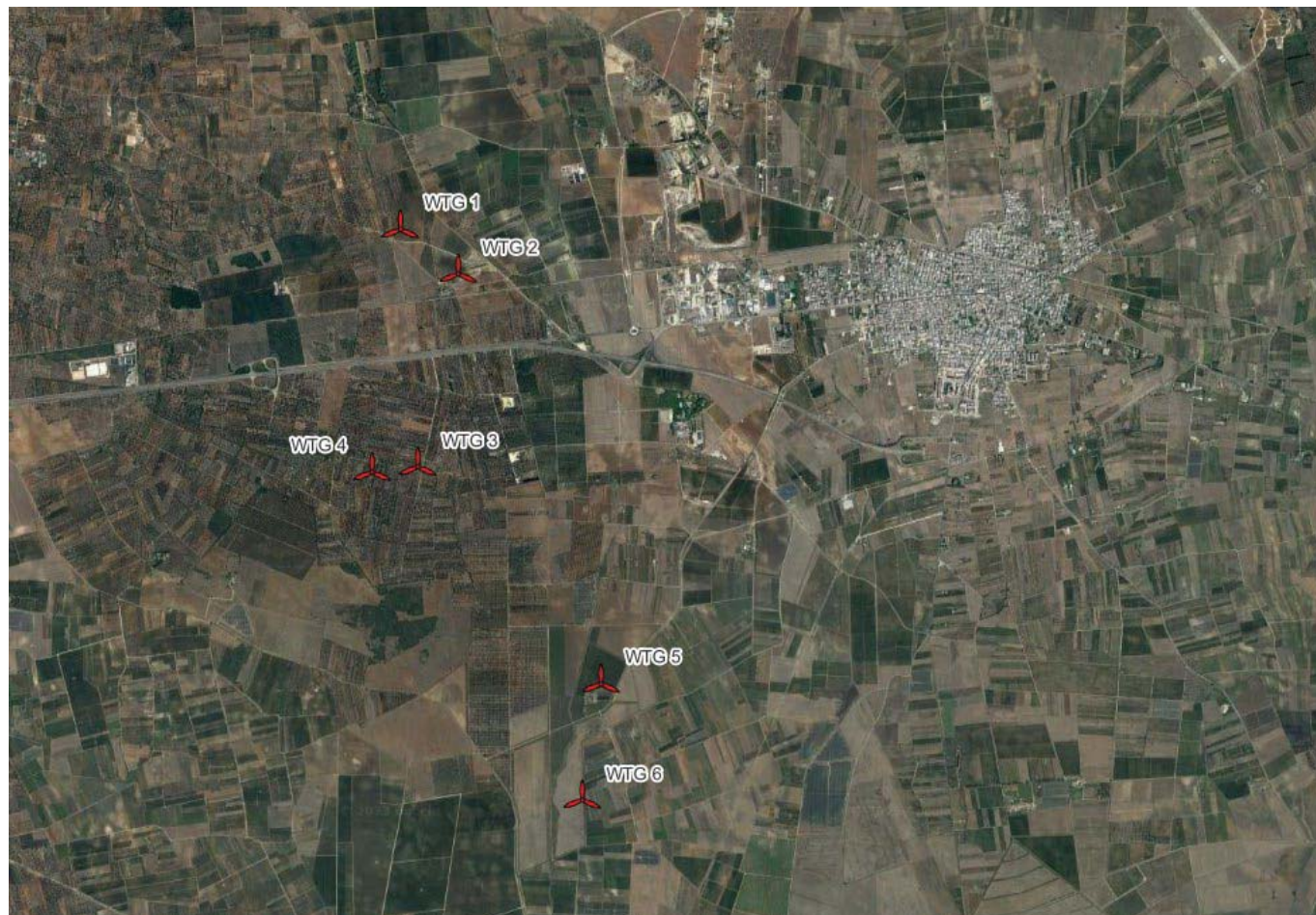


Figura 2: Layout del parco eolico

Di seguito si riportano le coordinate degli aerogeneratori nel sistema di riferimento Geo [deg,min] - WTG84:

ID Turbina	Comune	Nord	Est	Altezza s.l.m. (m)
WTG01	San Pancrazio Salentino (BR)	40°25'34,75"	17°47'27,27"	56
WTG02	San Pancrazio Salentino (BR)	40°25'16,69"	17°47'58,00"	54
WTG03	San Pancrazio Salentino (BR)	40°24'38,88"	17°47'36,62"	60
WTG04	San Pancrazio Salentino (BR)	40°24'37,03"	17°47'12,50"	60
WTG05	San Pancrazio Salentino (BR)	40°23'51,87"	17°48'33,47"	60
WTG06	Salice Salentino (LE)	40°23'04,99"	17°48'23,76"	62

	RELAZIONE DESCRITTIVA		
	CY53TR6_NPDI2_ERC_R35_RelazioneProducibilità	Rev. 0	

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:

Toshiba	Comune	Nord	Est	Altezza s.l.m. (m)
Gamesa G90 20000kW	Erchie (BR)	40°26'59,79"	17°42'26,60"	74
Gamesa G90 20000kW	Erchie (BR)	40°26'28,10"	17°42'10,83"	72
Gamesa G90 20000kW	Erchie (BR)	40°26'13,75"	17°42'07,53"	71
Gamesa G90 20000kW	Erchie (BR)	40°26'14,67"	17°41'31,80"	73
Gamesa G90 20000kW	Erchie (BR)	40°25'58,26"	17°42'26,20"	70
Gamesa G90 20000kW	Erchie (BR)	40°25'53,44"	17°42'08,94"	70
Gamesa G90 20000kW	Erchie (BR)	40°25'49,69"	17°41'45,64"	70
Gamesa G90 20000kW	Erchie (BR)	40°25'28,46"	17°42'25,57"	73
Gamesa G90 20000kW	Erchie (BR)	40°25'10,78"	17°43'00,65"	75
Gamesa G90 20000kW	Erchie (BR)	40°25'21,89"	17°41'55,57"	72
Gamesa G90 20000kW	Erchie (BR)	40°25'11,58"	17°42'36,56"	75
Gamesa G90 20000kW	Erchie (BR)	40°24'51,57"	17°43'07,30"	76
Gamesa G90 20000kW	Erchie (BR)	40°24'08,79"	17°43'49,64"	77
Gamesa G90 20000kW	Erchie (BR)	40°24'02,58"	17°45'10,17"	67
Gamesa G90 20000kW	Erchie (BR)	40°23'56,67"	17°44'03,30"	77

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 aerogeneratore in un dato istante è calcolata con la seguente equazione:

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

	RELAZIONE DESCRITTIVA		
	CY53TR6_NPDI2_ERC_R35_RelazioneProducibilità	Rev. 0	

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 aerogeneratore 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.

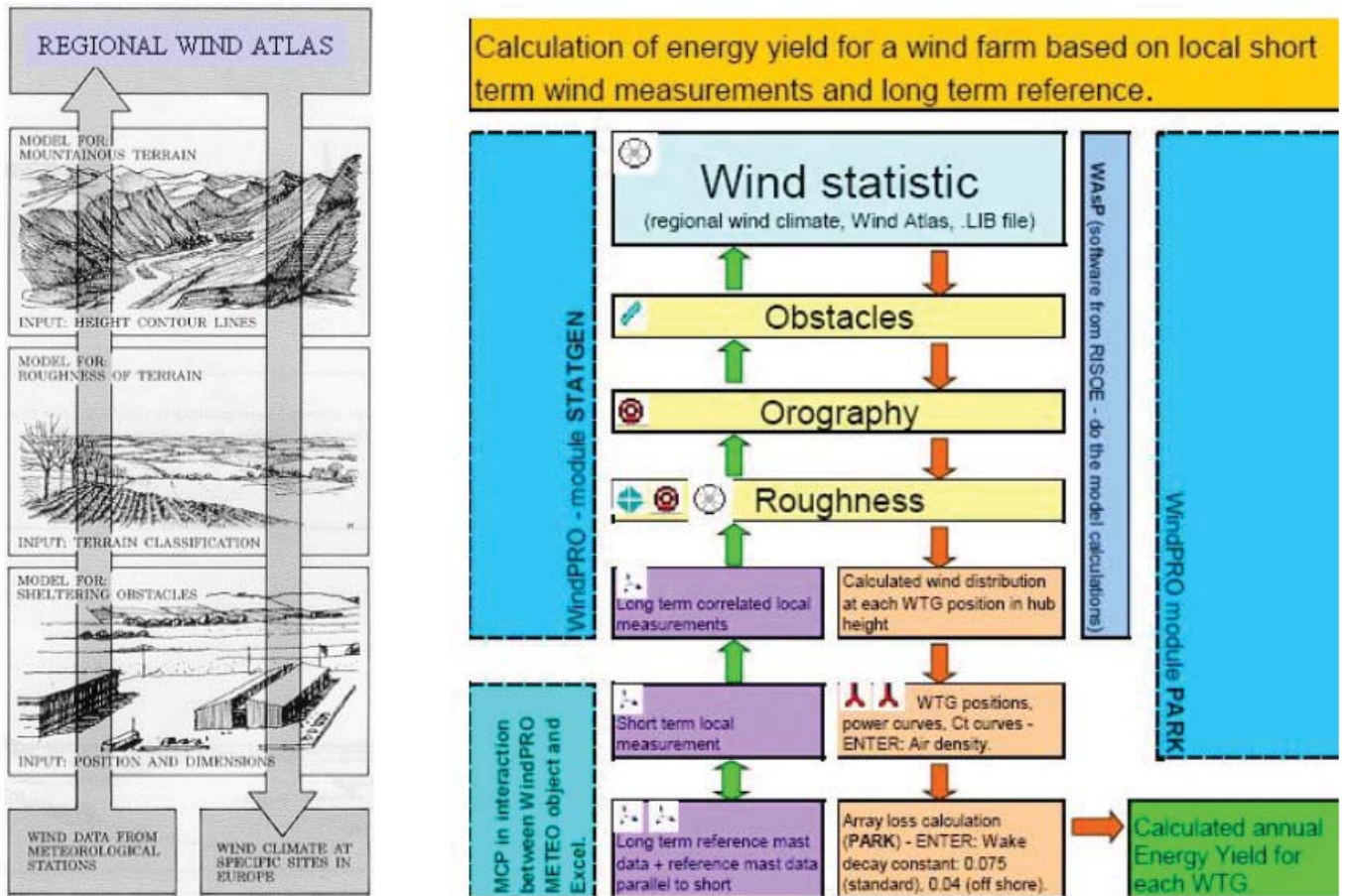


Figura 3: Diagramma di flusso del programma Wind Pro/WASP

Il modulo Park è in grado di calcolare, offrendo diversi modelli alternativi, le perdite di scia dovute all'effetto di copertura reciproca tra aerogeneratori. 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 Ct nel modello di calcolo; il valore esatto di Ct è usato in ciascun intervallo di velocità del vento.

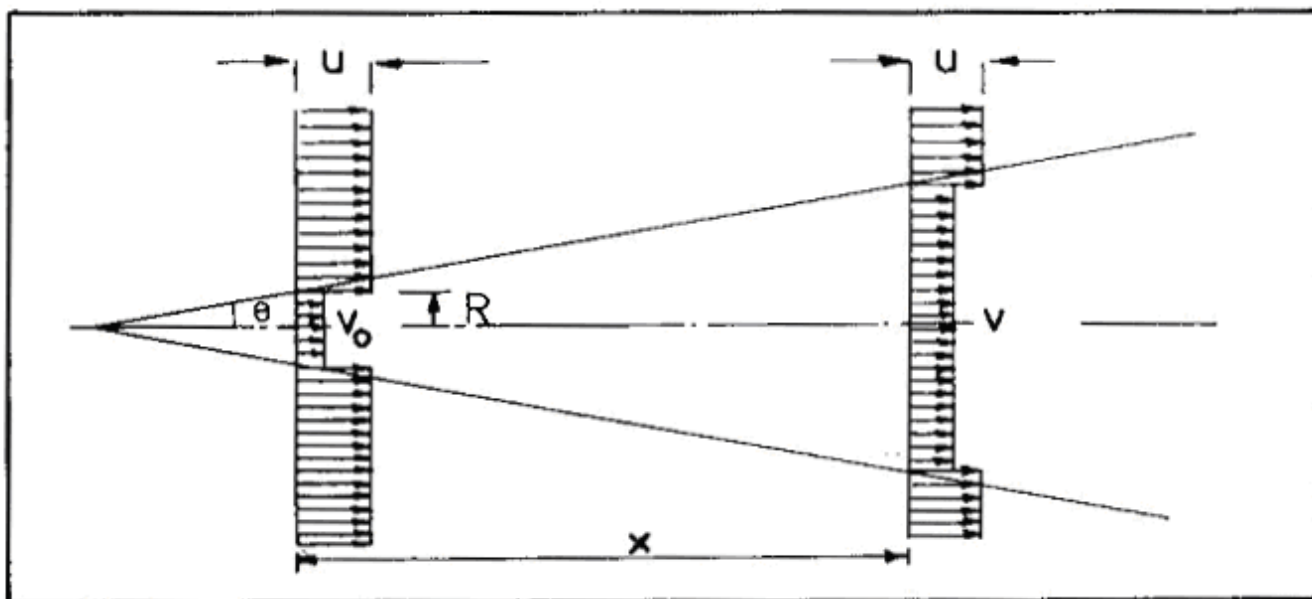


Figura 4: Modello semplificato delle perdite di scia oltre una turbina

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:

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});

	RELAZIONE DESCRITTIVA		
	CY53TR6_NPDI2_ERC_R35_RelazioneProducibilità	Rev. 0	

- ✓ 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;
- ✓ Iref è il valore atteso dell'intensità della turbolenza a 15 m/s.

2. CRITERI ADOTTATI PER LA VALUTAZIONE

2.1. Modello digitale orografico

	RELAZIONE DESCRITTIVA		
	CY53TR6_NPDI2_ERC_R35_RelazioneProducibilità	Rev. 0	

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.

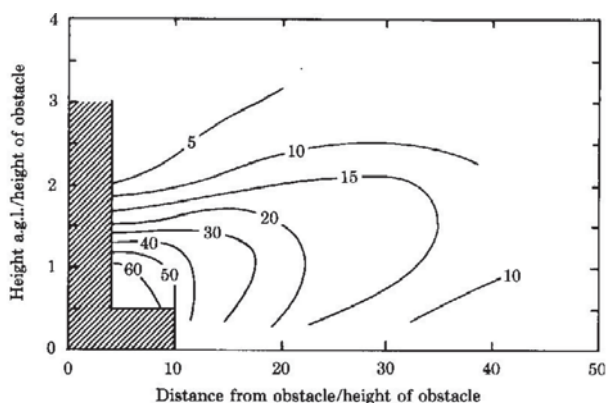


Figura 5: Riduzione percentuale della velocità del vento in presenza di ostacoli

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
BRINDISI

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;
- ✓ 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.

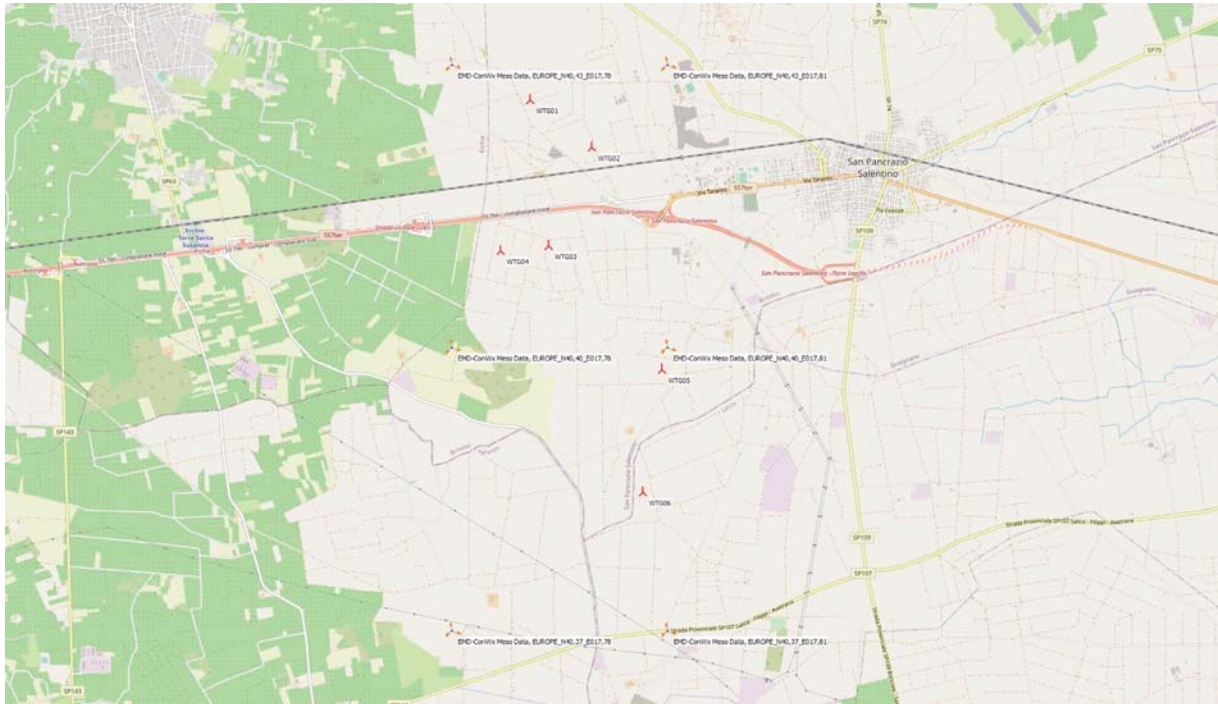


Figura 7: Posizione delle stazioni EMD-ConWx Mesodata Europe

Di seguito si riportano le coordinate delle sei stazioni mesoscala nel sistema di riferimento Geo [deg,min] - WTG84:

Stazione mesoscala	Nord	Est	Altezza s.l.m. (m)
EMD-ConWx Mesodata Europe_N40,37_E17,78	40°22'12,00"	17°46'48,00"	75
EMD-ConWx Mesodata Europe_N40,37_E17,81	40°22'12,00"	17°48'36,00"	75
EMD-ConWx Mesodata Europe_N40,40_E17,78	40°24'00,00"	17°46'48,00"	60
EMD-ConWx Mesodata Europe_N40,40_E17,81	40°24'00,00"	17°48'36,00"	60
EMD-ConWx Mesodata Europe_N40,43_E17,78	40°25'48,00"	17°46'48,00"	59
EMD-ConWx Mesodata Europe_N40,43_E17,81	40°25'48,00"	17°48'36,00"	52

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.

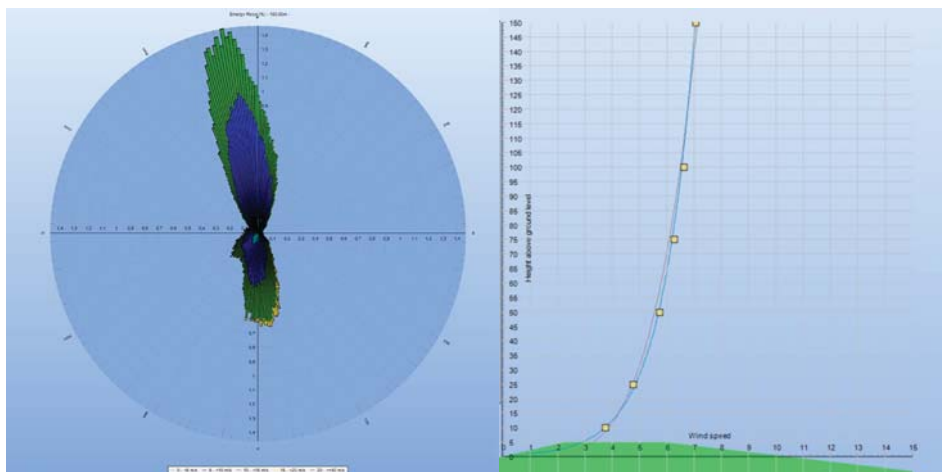


Figura 8: Caratteristiche della stazione EMD-ConWx Mesodata Europe N40.37 E17.78

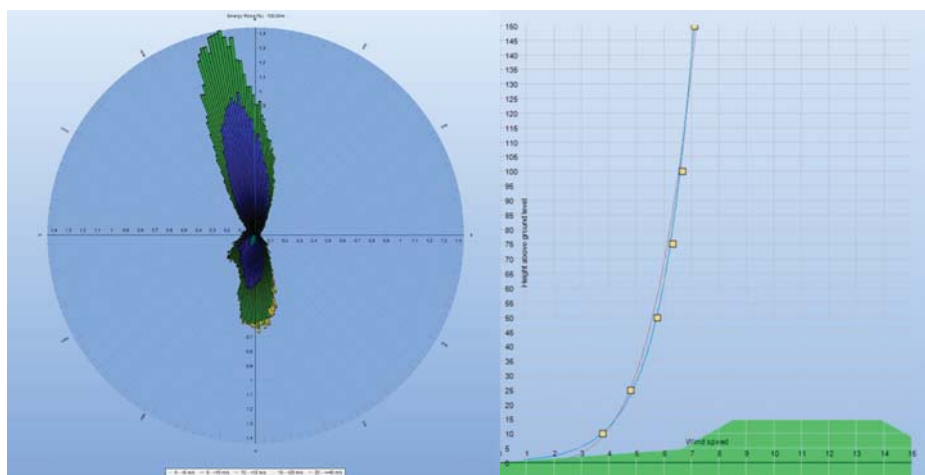


Figura 9: Caratteristiche della stazione EMD-ConWx Mesodata Europe N40.37 E17.81

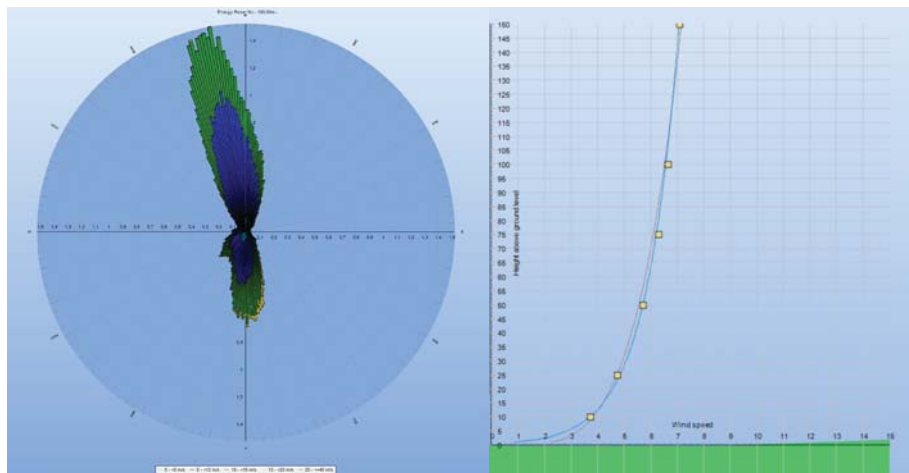


Figura 10: Caratteristiche della stazione EMD-ConWx Mesodata Europe N40,40 E17,78

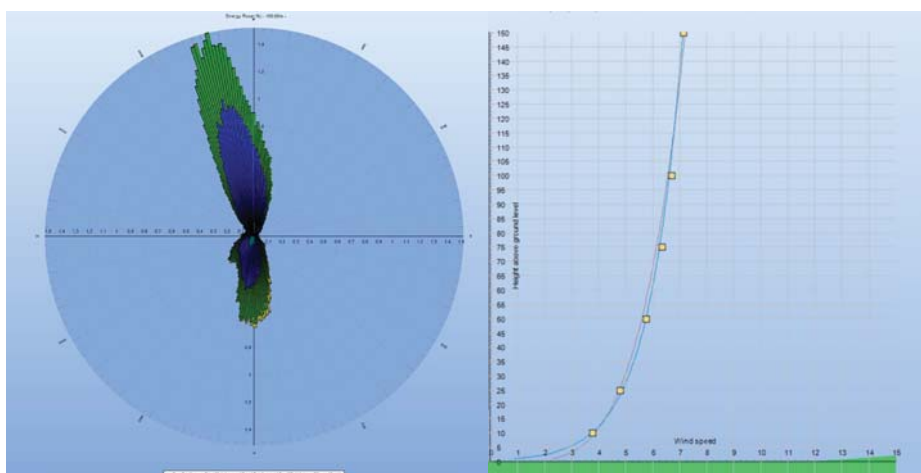


Figura 11: Caratteristiche della stazione EMD-ConWx Mesodata Europe N40,40 E17,81

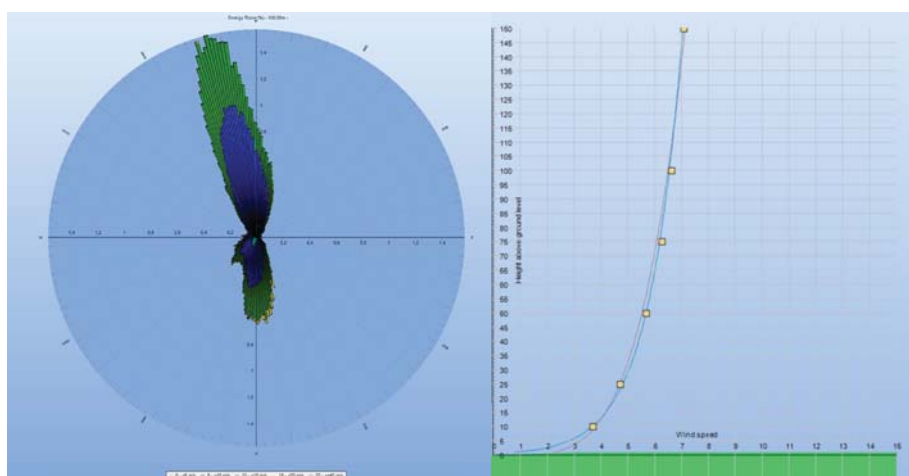


Figura 12: Caratteristiche della stazione EMD-ConWx Mesodata Europe N40,43 E17,78

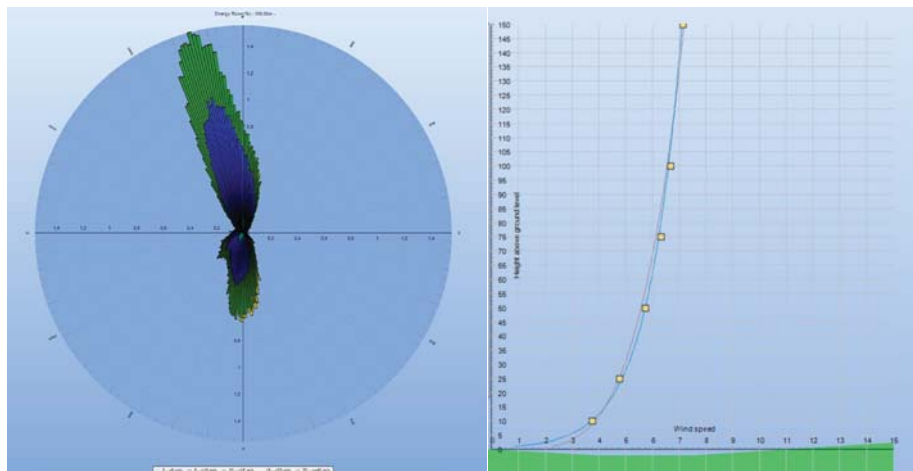


Figura 13: Caratteristiche della stazione EMD-ConWx Mesodata Europe N40.43 E17.81

Al fine di calcolare le condizioni di ventosità del sito all'altezza del mozzo degli aerogeneratori è necessario effettuare un'estrapolazione 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:

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

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'aerogeneratore

L'aerogeneratore scelto per il progetto è il modello SG6.6-170 Siemens-Gamesa, di potenza pari a 6,0 MW qui di seguito sono elencate le specifiche tecniche:













