

REGIONE SICILIANA  
Comune di Mazara del Vallo  
Provincia di Trapani

PROPONENTE:  
VRG Wind 060 S.r.l.

**VRg wind 060**

**FICHTNER**  
ITALIA

 TENPROJECT



**INGEGNERIA  
PROGETTI** SRL

PROGETTO:

Integrale Ricostruzione del Parco Eolico "VRG Wind 060"  
ubicato nel Comune di Mazara del Vallo (TP)

Elaborato: Q5

Formato: A4  
Numero foglio 1 di 1  
Nessuna scala

Progetto definitivo

Elaborato:

Studio di producibilità

I progettisti

\_\_\_\_\_ Firma

\_\_\_\_\_ Firma

\_\_\_\_\_ Firma

\_\_\_\_\_ Firma

REV

DATA

PREPARATO DA

CONTROLLATO DA

APPROVATO DA

2

30/03/2023

Fichtner

Fichtner

VRG Wind 060 S.r.l.

Job: F614

<b>FICHTNER</b> ITALIA	<b>STUDIO DI PRODUCIBILITA'</b> <b>Parco Eolico Mazara del Vallo</b>	Codice Revisione Data creazione Data Revisione Pagina	Q.5 02 30/03/2023 30/03/2023 2 di 28
---------------------------	---	---	--

## Sommario

Sommario .....	2
1 Premessa .....	3
2 Introduzione e sommario .....	5
3 Descrizione del sito .....	6
3.1 Layout di riferimento .....	7
3.2 Topografia e complessità del sito .....	7
3.3 Caratterizzazione della superficie .....	9
3.4 Ostacoli .....	9
3.5 Densità dell'aria .....	10
4 Dati di riferimento .....	10
4.1 Base di dati meteorologici .....	10
4.1.1 Dati dell'atlante eolico (Global Wind Atlas) .....	10
4.1.2 Dati di misurazione del vento in loco .....	10
4.2 Verifica di plausibilità dei dati meteorologici .....	12
4.3 Condizioni del vento a lungo termine .....	12
5 Configurazione del parco eolico .....	14
5.1 Modello della turbina eolica .....	14
5.2 Disposizione del parco eolico .....	14
5.3 Parchi eolici nelle vicinanze .....	15
6 Modellazione del flusso del vento .....	17
7 Conclusioni e Stima della produzione di energia .....	18
8 Riferimenti .....	20
Appendice A Produzione e perdite .....	22
Appendice B Curve di potenza e di spinta .....	27
Appendice C Dettaglio produzione delle turbine eoliche .....	28

	<p align="center"><b>STUDIO DI PRODUCIBILITA'</b> Parco Eolico Mazara del Vallo</p>	<p>Codice Revisione Data creazione Data Revisione Pagina</p>	<p>Q.5 02 30/03/2023 30/03/2023 3 di 28</p>
---	---	--	---

## 1 Premessa

### Descrizione del Proponente

Il soggetto proponente del progetto in esame è la società VRG Wind 060 S.r.l. con sede in Via Algardi 4, 20148 Milano, P.IVA n. 02219610819; interamente parte del gruppo Sorgenia S.p.A., uno dei maggiori operatori energetici italiani. Il Gruppo è attivo nella produzione di energia elettrica con oltre 4.750 MW di capacità di generazione installata e oltre 400.000 clienti in fornitura in tutta Italia. Efficienza energetica e attenzione all'ambiente sono le linee guida della sua crescita. Il parco di generazione, distribuito su tutto il territorio nazionale, è costituito dai più avanzati impianti a ciclo combinato e da impianti a fonte rinnovabile, per una capacità di circa 370 MW tra biomassa ed eolico. Nell'ambito delle energie rinnovabili, il Gruppo, nel corso della sua storia, ha anche sviluppato, realizzato e gestito impianti di tipo fotovoltaico (ca. 24 MW), ed idroelettrico (ca.33 MW). In quest'ultimo settore, Sorgenia è attiva con oltre 75 MW di potenza installata gestita tramite la società Tirreno Power, detenuta al 50%. Il Gruppo Sorgenia, tramite le sue controllate, fra le quali VRG Wind 060 S.r.l. è attualmente impegnata nello sviluppo di un importante portafoglio di progetti rinnovabili di tipo eolico, fotovoltaico, biometano, geotermico ed idroelettrico, caratterizzati dall'impiego delle Best Available Technologies nel pieno rispetto dell'ambiente.

### Sintesi del progetto

Il Progetto prevede l'integrale ricostruzione (repowering) del Parco Eolico esistente di Mazara del Vallo, ricadente nei limiti amministrativi territoriali dei comuni di Mazara del Vallo (TP) e Salemi (TP), mentre dal punto di vista catastale le opere di progetto risultano individuate all'interno dei fogli del Comune di Mazara del Vallo, e di proprietà della società VRG Wind 060 S.r.l. (il soggetto proponente).

Il parco eolico esistente, è costituito da:

- 1) un vecchio impianto costituito da n. 24 aerogeneratori da 2 MW, per una potenza nominale complessiva di 48 MW;
- 2) un ampliamento più recente (in esercizio dal 2016) costituito da n. 6 aerogeneratori Vestas V126 da 3 MW, per una potenza nominale complessiva di 18 MW.

Il progetto di integrale ricostruzione prevede la dismissione del vecchio impianto di 24 aerogeneratori da 48 MW complessivi e l'installazione nelle stesse aree di 13 aerogeneratori di grande taglia, aventi diametro del rotore fino a 170 m, altezza al mozzo fino a 125 m e altezza totale fino a 210 m, ed una potenza nominale di 6 MW ciascuno, per una potenza totale di 78 MW.

Il progetto rispetta i criteri del DL Semplificazioni , che specifica il numero massimo di turbine, l'altezza totale dell'estremità delle pale, nonché l'estensione dell'area di sito utilizzabile perché il progetto di repowering sia considerato una modifica non sostanziale.

<b>FICHTNER</b> ITALIA	<b>STUDIO DI PRODUCIBILITA'</b> Parco Eolico Mazara del Vallo	Codice Revisione Data creazione Data Revisione Pagina	Q.5 02 30/03/2023 30/03/2023 4 di 28
---------------------------	--	---	--

Il progetto prevede il massimo riutilizzo della viabilità esistente a servizio del parco eolico attualmente in esercizio, con gli opportuni adeguamenti, e la realizzazione di nuove piazzole in corrispondenza della posizione dei nuovi aerogeneratori.

Il soggetto proponente ha richiesto la modifica della connessione alla rete elettrica dell'impianto esistente, e si propone di mantenere come punto di connessione quello già esistente alla Cabina Primaria a 150 kV "Mazara 2", di e-distribuzione S.p.A., situata nel Comune di Mazara del Vallo. Si prevede pertanto il riutilizzo della Sottostazione Elettrica di Utente (SSEU) e della connessione in alta tensione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) esistenti, con interventi tecnici di adeguamento degli impianti alla nuova potenza del parco eolico.

La rete di cavi elettrici interrati a servizio del parco esistente sarà rinnovata, con la posa di nuovi cavidotti in media tensione a 30 kV disposti lungo la viabilità di servizio e pubblica, su tracciato -per quanto possibile - della rete esistente. I cavidotti collegheranno gli aerogeneratori alla SSEU, dove avviene la trasformazione da 30 kV a 150 kV per consentire la consegna dell'energia a 150 kV alla RTN.

Nella SSEU esistente rimarrà connesso alla rete anche l'ampliamento del parco eolico da 18MW in esercizio dal 2016.

I progetti del tipo in esame rispondono a finalità di interesse pubblico (riduzione dei gas ad effetto serra, risparmio di fonti fossili scarse ed importate) ed in quanto tali sono indifferibili ed urgenti, come stabilito dalla legge 1° giugno 2002, n. 120, concernente "Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, fatto a Kyoto l'11 dicembre 1997" e dal D.Lgs. 29 dicembre 2003, n.387 "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità" e s.m.i..

L'utilizzo di fonti rinnovabili comporta infatti beneficio a livello ambientale, in termini di tonnellate equivalenti di petrolio (TEP) risparmiate e mancate emissioni di gas serra, polveri e inquinanti. Per il progetto in esame si stima una producibilità del parco eolico superiore a 240 GWh/anno, che consente di risparmiare almeno 44.800 TEP/anno (fonte ARERA: 0,187 TEP/MWh) e di evitare almeno 107.784 ton/anno di emissioni di CO2 (fonte Rapporto ISPRA 2022: 449,1 gCO2/kWh).

<b>FICHTNER</b> ITALIA	<b>STUDIO DI PRODUCIBILITA'</b> Parco Eolico Mazara del Vallo	Codice Revisione Data creazione Data Revisione Pagina	Q.5 02 30/03/2023 30/03/2023 5 di 28
---------------------------	--	---	--

## 2 Introduzione e sommario

Il presente rapporto consiste in una valutazione indipendente del rendimento energetico del progetto di integrale ricostruzione (*repowering*) del parco eolico di Mazara del Vallo, della società VRG Wind 060 Srl (il Proponente).

Il parco eolico operativo ha una capacità installata totale di 48 MW composta da 13 turbine eoliche Senvion MM82-2.0 MW e 11 turbine eoliche Senvion MM92-2.0 MW con un'altezza del mozzo di 80 m.

Lo scenario di *repowering* è costituito da 13 turbine eoliche (o "aerogeneratori") con diametro rotorico fino a 170m, un'altezza del mozzo fino a 125 m e una potenza di 6 MW. Nel presente rapporto, al solo fine del calcolo di stima della producibilità del progetto, si considerano come turbine eoliche di riferimento per il progetto il modello Siemens Gamesa SG 170-6.0 MW, progettate per siti eolici di medio-bassa ventosità. La scelta di un determinato modello di aerogeneratore in questa fase del progetto, necessaria per effettuare dei calcoli di producibilità, non implica che tale modello sarà quello effettivamente selezionato in fase di costruzione, quando il proponente effettuerà la scelta finale del fornitore e del modello di turbina.

Fichtner ha modellato la distribuzione della risorsa eolica del sito basandosi sulle statistiche del vento ottenute dal Global Wind Atlas (GWA), opportunamente scalate in base alla disponibilità di dati di produzione storici corretti del parco eolico attualmente operativo. I dati di misurazione del vento presi dalla torre meteorologica in loco (MM: Met Mast) sono stati analizzati e utilizzati solo come riferimento.

La produzione media annua a lungo termine è stata calcolata tenendo conto dell'aerogeneratore di riferimento e del layout previsti. Gli effetti della scia sono stati calcolati considerando tutti i parchi eolici vicini noti nelle vicinanze.

Nell'ambito della valutazione sono stati eseguiti i seguenti studi:

- Elaborazione e valutazione dei dati disponibili per la misurazione del vento;
- Elaborazione e valutazione dei dati di produzione disponibili e delle statistiche sulla disponibilità;
- Modellazione del flusso del vento nelle posizioni delle turbine eoliche;
- Valutazione della producibilità energetica;
- Modellazione delle perdite per effetto scia ;
- Calcolo o stima di ulteriori perdite tecniche;
- Analisi dell'incertezza e calcolo delle probabilità di superamento della producibilità energetica;
- Preparazione della relazione tecnica

La valutazione della risorsa eolica e del rendimento energetico viene eseguita tenendo conto dei seguenti standard, linee guida e procedure interne:

- FGW TG6 (Rev. 11, 2020) - Determinazione del potenziale eolico e dei rendimenti energetici
- IEC 61400-1 ed. 4 (2019): Sistemi di generazione di energia eolica - Parte 1: Requisiti di progettazione
- IEC 61400-12-1 ed.2 (2017): Sistemi di generazione di energia eolica - Parte 12-1: Misurazione delle prestazioni di potenza delle turbine eoliche per la produzione di energia elettrica
- MEASNET ed.2 2016 - Valutazione delle condizioni del vento nello specifico sito

- Procedure interne Fichtner:
  - PS01 - Analisi dei dati del vento
  - PS02 - EYA pre-costruzione
  - PS03 - EYA Post Costruzione

Il Proponente ha fornito i dati di misurazione in loco, i dati di produzione e le statistiche di disponibilità delle turbine eoliche operative, nonché il tipo di turbina eolica.

I risultati presentati in questo rapporto sono validi solo per il parco eolico e le turbine eoliche e le loro specifiche tecniche considerate per la valutazione effettuata e descritte in questo rapporto (fare riferimento alla sezione 0).

Il valore stimato di produzione energetica lorda e al netto delle perdite è riportato in sezione 0.

### 3 Descrizione del sito

Il parco eolico si trova vicino alla costa occidentale della Sicilia, a circa 12 km a nord-est del comune di Mazara del Vallo. La posizione del progetto è presentata nella Figura 1.

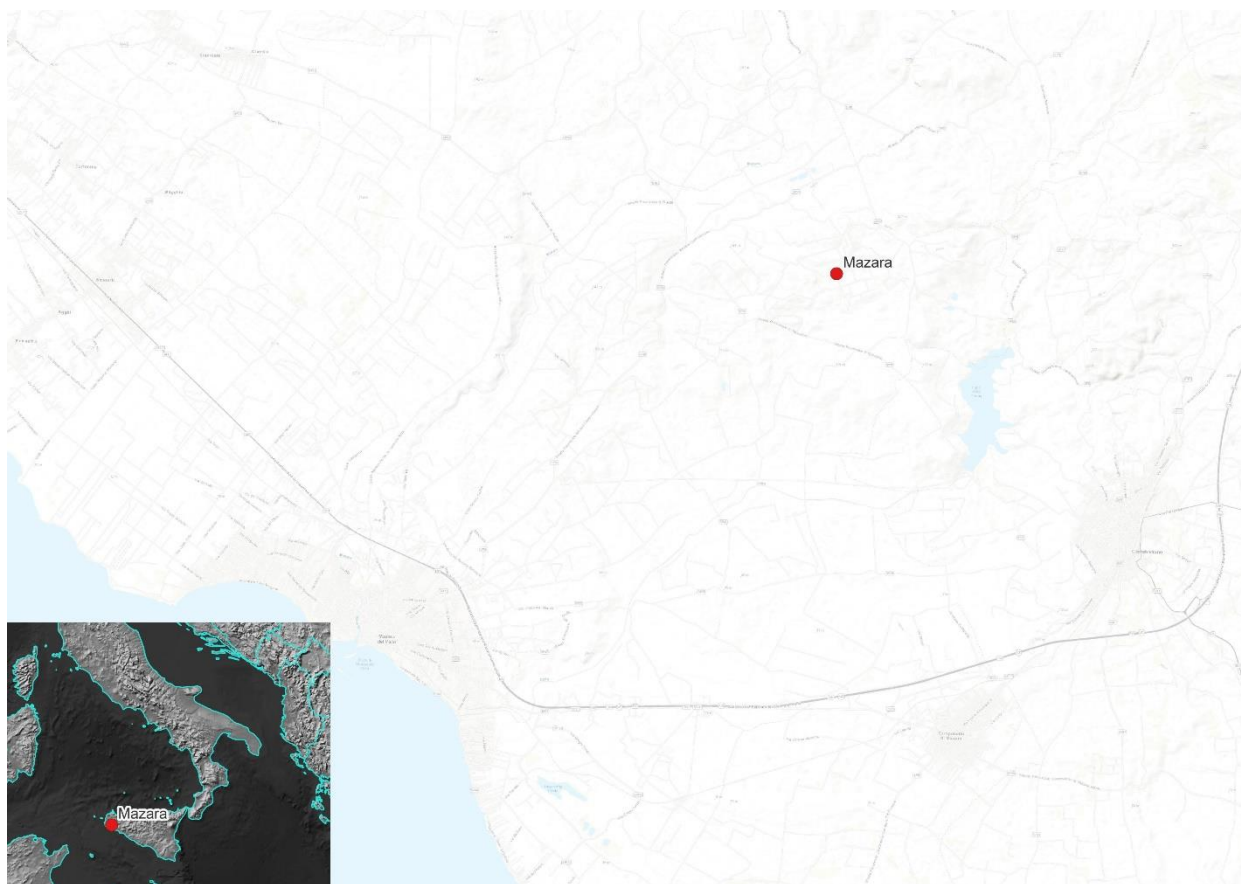


Figura 1: Posizione del parco eolico

### 3.1 Layout di riferimento

Il parco eolico attualmente presenta una capacità totale di 48 MW ed è composto da 13 aerogeneratori Senvion MM82-2.0 MW e 11 aerogeneratori Senvion MM92-2.0 MW con un'altezza del mozzo di 80 m.

Si evidenzia che il progetto di repowering interessa solo il vecchio impianto mentre l'ampliamento del Parco eolico di Mazara del 2016 rimane invariato ed in esercizio. Si rimanda alla sezione 5.3 per indicazione delle coordinate e delle distanze tra il progetto di repowering e l'ampliamento esistente ("Mazara Extension").

La figura seguente fornisce una panoramica delle posizioni delle turbine eoliche operative e delle turbine eoliche previste per il repowering.

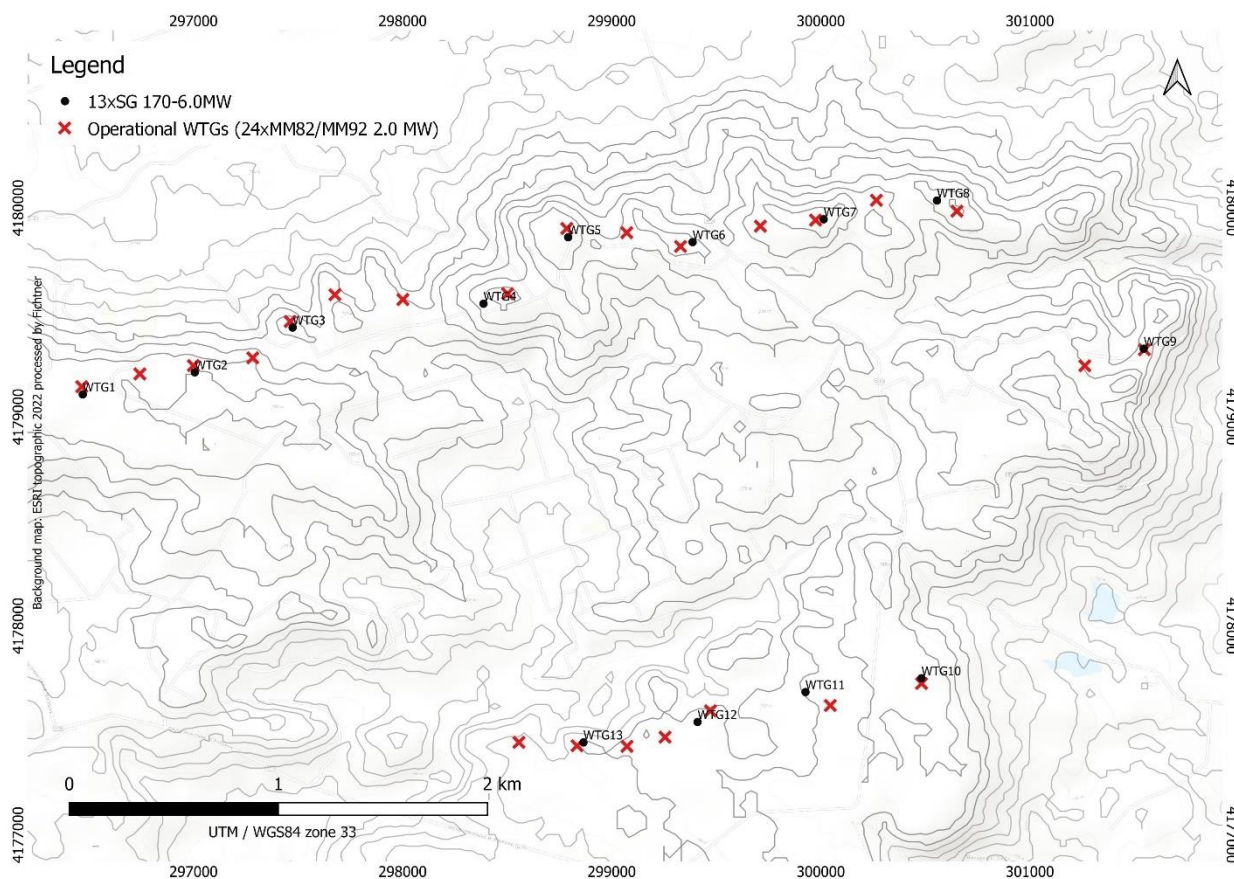


Figura 2: *Panoramica delle turbine eoliche attualmente operative (simbolo: croce in rosso) e delle turbine eoliche pianificate per lo scenario di repowering (13xSG 170-6.0, simbolo: cerchio pieno in nero)*

### 3.2 Topografia e complessità del sito

Una mappa digitale delle curve altimetriche che copre l'area di ubicazione delle turbine eoliche è stata ottenuta dal Modello digitale del terreno italiano - TINITALY per un'area di 30 x 30 km.

TINITALY è un modello digitale di elevazione senza soluzione di continuità che copre il territorio italiano. È stato prodotto da Tarquini et al. utilizzando un approccio TIN (Triangular Irregular Network). Il modello è stato presentato per la prima volta nel 2007; è costruito a partire da modelli di elevazione separati per ciascuna delle regioni amministrative italiane. La risoluzione della griglia è di 10 m e il modello è rilasciato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). La versione attualmente disponibile per il download tramite EMD è quella di settembre 2020.

L'area di progetto è situata in un terreno mediamente complesso caratterizzato da aree agricole.

Secondo la norma IEC 61400-1 [1] la complessità del sito è caratterizzata dalla pendenza del terreno e dalle variazioni della topografia del terreno rispetto al piano. La pendenza del terreno viene determinata per piani adattati alla variazione topografica entro un raggio di 5, 10 e 20 volte l'altezza del mozzo in ciascuna posizione della turbina. In generale, le ubicazioni delle WTG sono considerate complesse se nei dintorni di una posizione di WTG si verificano pendenze superiori a  $10^\circ$  e/o variazioni di altezza significative (rispetto all'altezza del mozzo). È stata effettuata una verifica della complessità secondo [1]. I risultati ottenuti mostrano che la metà delle postazioni WTG previste sono classificate come complesse.

La mappa delle curve altimetriche viene utilizzata come input per la modellazione del flusso del vento nel sito. La topografia dell'area di progetto è presentata nella seguente figura.

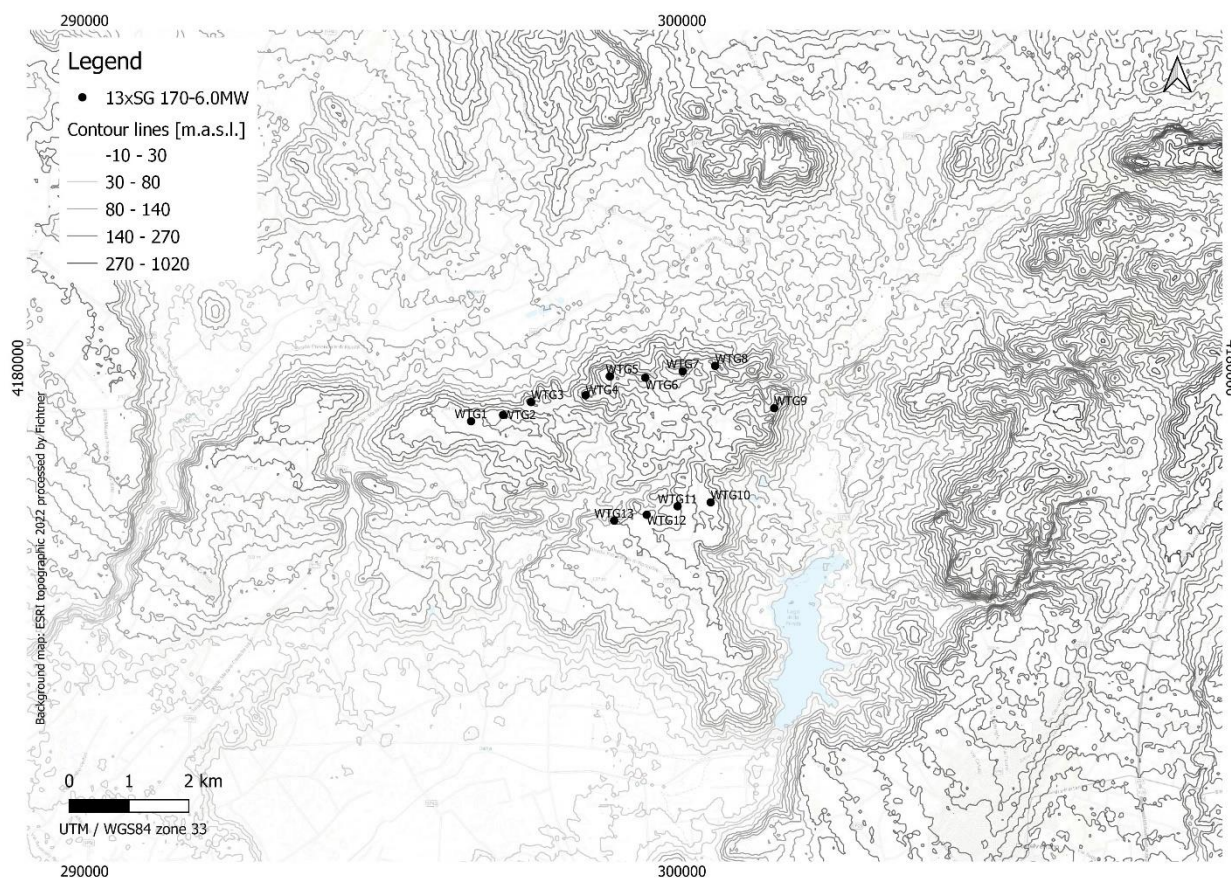


Figura 3: Layout progetto di repowering su mappa topografica con curve di livello



### 3.3 Caratterizzazione della superficie

Le aree che caratterizzano le asperità del terreno all'interno del progetto sono state ricavate dal Corine Land Cover Dataset per l'anno 2018 con una risoluzione di 100m. È stata considerata un'area quadrata totale di 60km per 60km attorno alla posizione del progetto. Il grado di rugosità di sfondo è stato impostato su 0.3031m.

La figura seguente mostra la rugosità del terreno considerata.

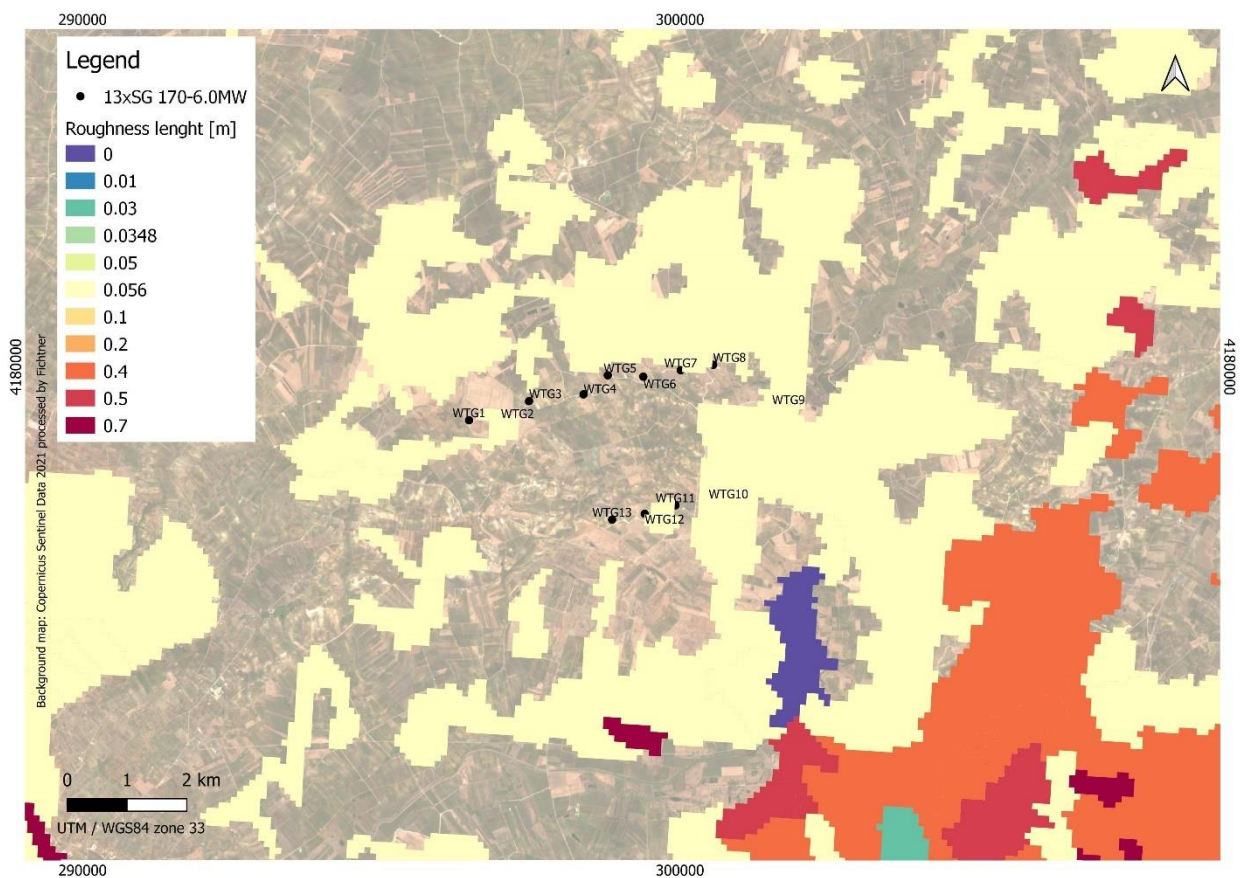


Figura 4: *Mappa della rugosità del terreno*

### 3.4 Ostacoli

Nella valutazione sono stati presi in considerazione i seguenti parchi eolici vicini.

<b>FICHTNER</b> ITALIA	<b>STUDIO DI PRODUCIBILITA'</b> Parco Eolico Mazara del Vallo	Codice Revisione Data creazione Data Revisione Pagina	Q.5 02 30/03/2023 30/03/2023 10 di 28
---------------------------	--	---	---

Tabella 1: Parchi eolici limitrofi

Parco eolico	Descrizione
Vento di Vino (Mazara del Vallo)	7 x Senvion 104-3.4 MW con altezza del mozzo di 97 m
Ampliamento Mazara del Vallo (VRG Wind 060)	6 x Vestas V126 con altezza del mozzo di 117 m

### 3.5 Densità dell'aria

Sulla base dei dati della stazione meteorologica TRAPANI/BIRGI è stata stimata una densità dell'aria di 1.18 kg/m<sup>3</sup> per l'altezza del mozzo del parco eolico. La densità dell'aria è stata inoltre verificata e confermata rispetto alle misurazioni di temperatura, umidità e pressione in loco.

## 4 Dati di riferimento

Nelle sezioni seguenti vengono descritti la base di dati e la metodologia generale utilizzata per la valutazione.

### 4.1 Base di dati meteorologici

#### 4.1.1 Dati dell'atlante eolico (Global Wind Atlas)

Le statistiche del vento sono state ottenute dal Global Wind Atlas (GWA) in punti localizzati all'interno e intorno al singolo layout del parco eolico operativo. Le statistiche sul vento sono fornite come file GWC (Generalized Wind Climate) e sono disponibili con una risoluzione spaziale di 3 km per ogni nodo del modello mesoscala sottostante che costituisce la base del Global Wind Atlas.

#### 4.1.2 Dati di misurazione del vento in loco

Il Proponente ha fornito i dati del vento misurati in loco, raccolti con una stazione meteo da 80 m per il periodo dal 2010 al 2017. Le informazioni sulla stazione di misura sono state ottenute dal rapporto di installazione dalla ditta EURO SERVICE srl.

Viene fornita una panoramica della posizione di misurazione in Figura 5.

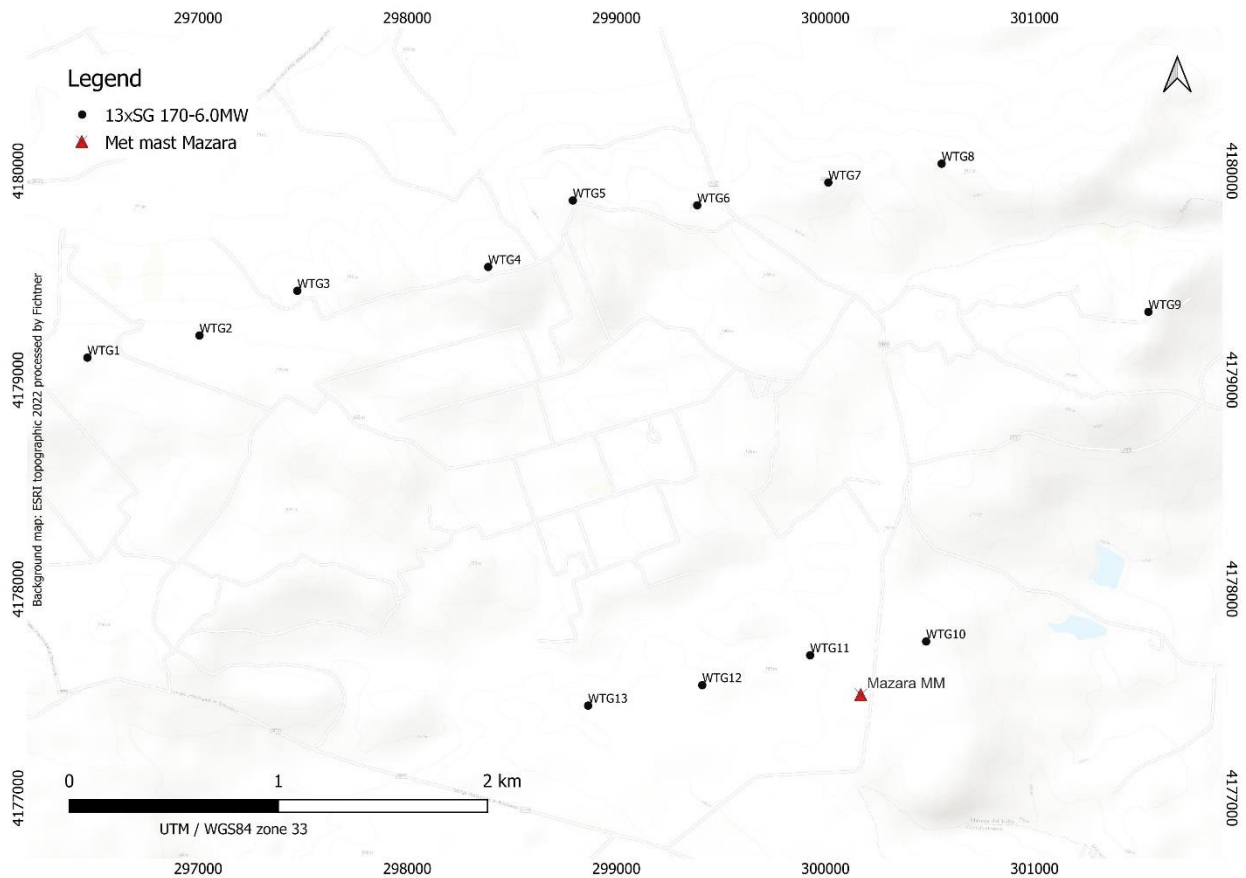


Figura 5: Stazione di misurazione del vento (Met Mast) in sito

La tabella seguente riassume le principali caratteristiche delle misure secondo la documentazione disponibile fornita dal Proponente.

Tabella 2: Principali caratteristiche della campagna di misurazione in loco

Elemento	Unità	Valore
Nome della stazione di misura	-	Mazara del Vallo (TP)
Coordinate UTM ED 1950 Zona 33	Est [m]	300235
	Nord [m]	4177689
Altezza struttura e strumenti anemometri	[m s.l.m.]	230
banderuole	[m]	80
misura temperatura	[m]	80,76,35
misura pressione	[m]	78,33
Altezza struttura e strumenti	[m]	-
Data di installazione	-	10.11.2009
Periodo di misurazione/periodo dati disponibili	da	01.12.2015
	a	08.02.2017
Durata	[mesi]	14
Intervallo di tempo	[min]	10

<b>FICHTNER</b> ITALIA	<b>STUDIO DI PRODUCIBILITA'</b> Parco Eolico Mazara del Vallo	Codice Revisione Data creazione Data Revisione Pagina	Q.5 02 30/03/2023 30/03/2023 12 di 28
---------------------------	--	---	---

I dati grezzi, disponibili da dicembre 2015 ad agosto 2017, sono stati elaborati ed analizzati.

Poiché i dati misurati presentavano alcune lacune, sono stati utilizzati solo in termini qualitativi per indirizzare l'analisi e sono invece stati preferiti i dati storici di produzione, correlati con dati GWA, per il calcolo della producibilità.

## 4.2 Verifica di plausibilità dei dati meteorologici

L'idoneità di dati statistici presi dal GWA è stata verificata con la disponibilità storica corretta della produzione del parco eolico attualmente operativo.

Sono stati considerati i dati di produzione dell'impianto esistente e le statistiche di disponibilità tecnica per il periodo compreso tra gennaio 2010 e marzo 2018. I dati di produzione sono stati corretti a lungo termine sulla base di dati di rianalisi e di mesoscala considerati adatti a questo scopo.

Per ottenere la produzione attesa per ogni turbina eolica, sono stati analizzati i dati di produzione su base turbina corrispondenti agli anni 2014, 2015, 2016 e 2017, ed è stata stimata la produzione attesa per turbina eolica. Il periodo tra il 2014 e il 2017 è stato scelto per rappresentare condizioni di vento "normali" rappresentative di lungo periodo (long-term).

Attraverso un processo iterativo, i dati statistici del vento del GWA sono stati scalati in termini di energia per ottenere la produzione energetica prevista delle turbine eoliche. Sono stati necessari solo piccoli aggiustamenti (dell'ordine del +/- 2%), poiché il confronto con i dati statistici del vento del GWA originali mostrava già una grande congruenza tra le statistiche del vento e la produzione energetica complessiva del parco eolico esistente.

## 4.3 Condizioni del vento a lungo termine

I principali parametri che illustrano le condizioni di vento a lungo termine per il sito di progetto sono presentati nelle seguenti figure, derivate dal Global Wind Atlas per un'altezza del mozzo di 125 m sul livello del suolo, e scalati in base ai dati storici di produzione dell'impianto esistente come indicato alla sezione precedente.

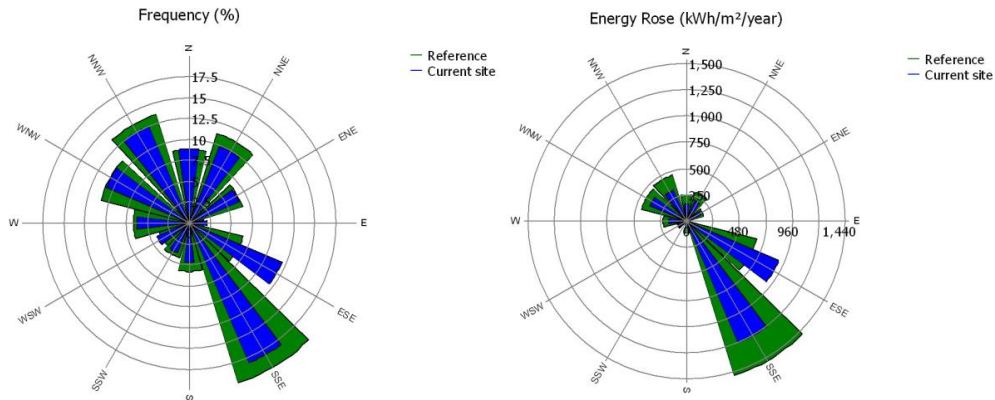


Figura 6: Distribuzione della frequenza del vento (a sinistra) e rosa dei venti (a destra) in corrispondenza della posizione della stazione meteorologica come da GWA per un' altezza di 125 m sul livello del suolo

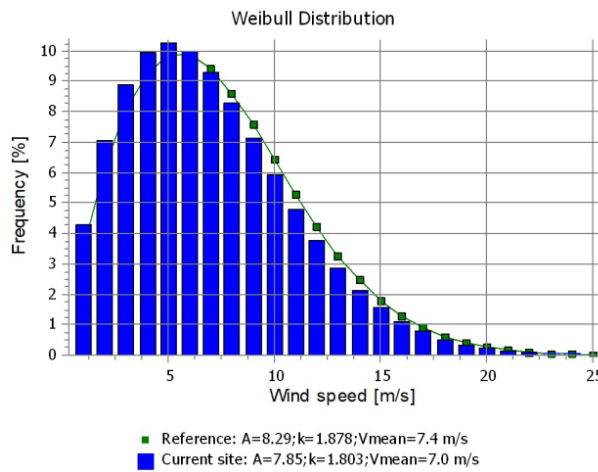


Figura 7: Distribuzione di Weibull per la posizione della stazione meteorologica di misurazione del vento secondo GWA per altezza 125 m sul livello del suolo

<b>FICHTNER</b> ITALIA	<b>STUDIO DI PRODUCIBILITA'</b> Parco Eolico Mazara del Vallo	Codice Revisione Data creazione Data Revisione Pagina	Q.5 02 30/03/2023 30/03/2023 14 di 28
---------------------------	--	---	---

## 5 Configurazione del parco eolico

Una descrizione sintetica della configurazione del parco eolico è riportata nella seguente Tabella 3.

Tabella 3: *Riepilogo della configurazione del parco eolico*

Parametro	Unità	
Produttore	-	Siemens Gamesa
Modello della turbina di riferimento	-	SG 6.0-170-6,200
Capacità della turbina eolica di riferimento	[MW]	6.0
Diametro rotore	[m]	170
Altezza del mozzo	[m]	125
Altezza massima (estremità pala)	[m]	210
Numero di turbine	-	13
Capacità totale installata	[MW]	78

### 5.1 Modello della turbina eolica

Le curve di potenza e di spinta calcolate della turbina eolica sono state recuperate dal database di WindPRO e sono riportate nell'Appendice B. La curva di potenza della turbina eolica è stata adattata alla densità che ha aria all'altezza del mozzo per ciascuna posizione delle turbine, secondo lo standard IEC [2].

Per la presente valutazione è stata considerata la modalità di funzionamento (Operation Mode) AM-2, corrispondente a 6.0MW.

### 5.2 Disposizione del parco eolico

Le coordinate delle posizioni delle turbine sono riportate nell'Appendice C. Il layout del parco eolico proposto per il progetto è esaminato di seguito.

In generale, si raccomanda una distanza minima equivalente a tre diametri di rotore tra le turbine di un parco eolico onshore, In caso di ubicazione delle turbine nella direzione prevalente del vento, si raccomandano distanze minime equivalenti a cinque diametri di rotore per limitare le perdite indotte dagli effetti di scia, i carichi sulle turbine sottovento e le turbolenze.

La verifica della distanza viene effettuata in base alla posizione delle turbine e tenendo conto del diametro del rotore dell'aerogeneratore.

Nella figura seguente sono presentati il layout del parco eolico e le ellissi che rappresentano la distanza consigliata tra le turbine. L'asse maggiore rappresenta la distanza equivalente ai 5 diametri del rotore nella direzione prevalente del vento (150° o SSE) e l'asse minore la distanza equivalente ai 3 diametri del rotore perpendicolari alla direzione prevalente del vento.



Figura 8: Layout del parco eolico e inter-distanze

Tutte le posizioni degli aerogeneratori presentano distanze tra di loro maggiori dei 5 diametri equivalenti nella direzione prevalente del vento e maggiori dei 3 diametri equivalenti nella direzione perpendicolare, il che è in linea con le raccomandazioni indicate precedentemente.

### 5.3 Parchi eolici nelle vicinanze

Per la presente valutazione sono state presi in considerazione i seguenti parchi eolici esistenti con le rispettive turbine. Le coordinate delle turbine eoliche sono riportate nella Tabella 4, mentre in Figure 9 è fornita una panoramica delle loro ubicazioni.

La distanza minima tra il progetto di repowering e l'esistente impianto Mazara Ampliamento (della stessa Proponente) è di circa 2,5 km, mentre l'impianto Vento di Vino di altro operatore si trova a più di 7 km di distanza.

<b>FICHTNER</b> ITALIA	<b>STUDIO DI PRODUCIBILITA'</b> Parco Eolico Mazara del Vallo	Codice	Q.5
		Revisione	02
		Data creazione	30/03/2023
		Data Revisione	30/03/2023
		Pagina	16 di 28

Tabella 4: Posizionamento ed altitudine delle turbine eoliche dei parchi vicini

Parco Eolico nelle vicinanze del Progetto	Coordinate UTM-WGS84 Zona: 38		Altitudine [m s.l.m.]	Modello aerogeneratore
	Est	Nord		
Mazara Ampliamento	292,119	4,181,346	100.0	V126-3.6 HTq-3,600
	292,533	4,181,460	100.0	V126-3.6 HTq-3,600
	292,974	4,181,675	94.7	V126-3.6 HTq-3,600
	292,999	4,179,077	150.0	V126-3.6 HTq-3,600
	293,369	4,179,216	154.6	V126-3.6 HTq-3,600
	293,988	4,179,414	160.0	V126-3.6 HTq-3,600
Vento di Vino	289,143	4,183,161	153.9	3.4M104-3,400
	289,490	4,183,222	159.1	3.4M104-3,400
	289,731	4,183,255	160.0	3.4M104-3,400
	290,008	4,183,342	159.6	3.4M104-3,400
	288,865	4,183,020	150.0	3.4M104-3,400
	287,838	4,182,736	150.0	3.4M104-3,400
	287,482	4,182,700	147.3	3.4M104-3,400

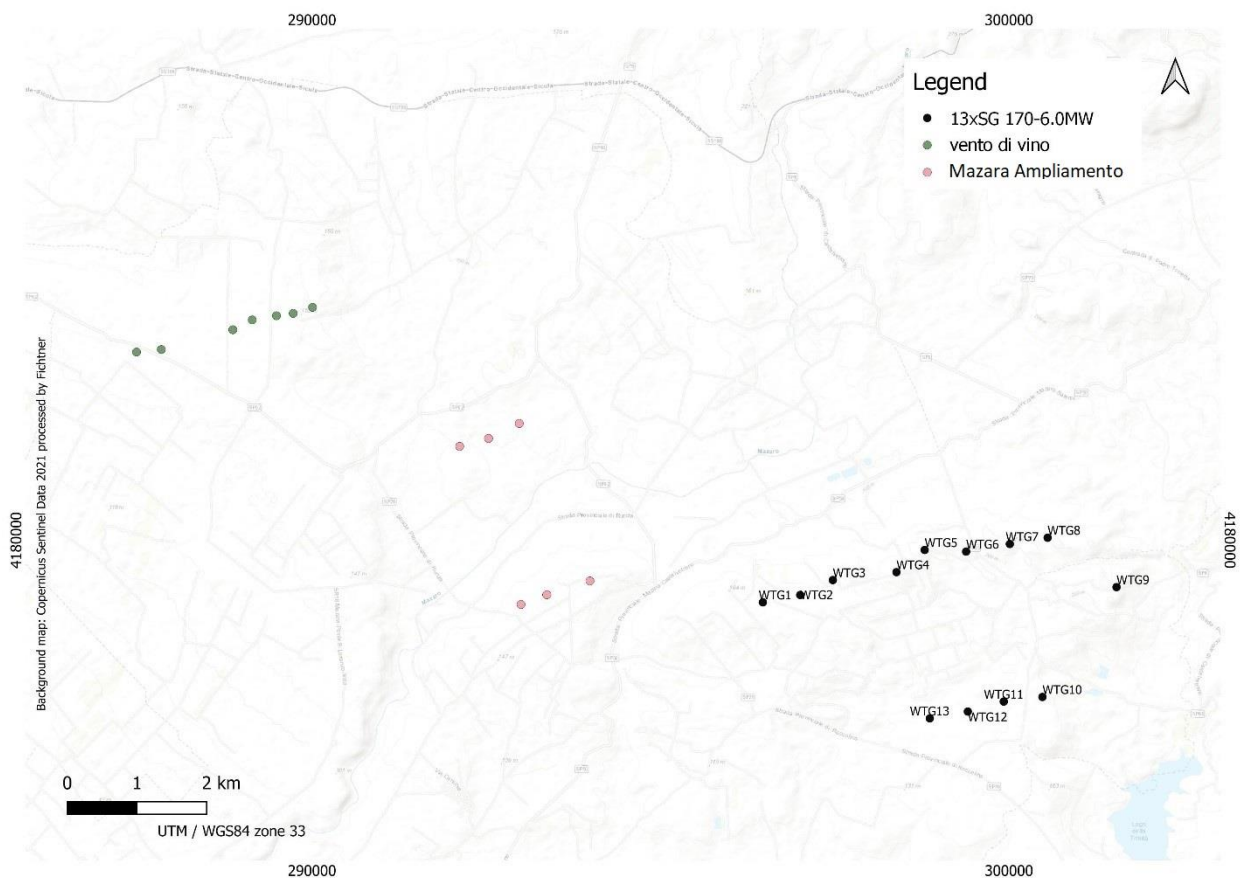


Figure 9: Panoramica della posizione delle turbine eoliche vicine



<b>FICHTNER</b> ITALIA	<b>STUDIO DI PRODUCIBILITA'</b> Parco Eolico Mazara del Vallo	Codice Revisione Data creazione Data Revisione Pagina	Q.5 02 30/03/2023 30/03/2023 17 di 28
---------------------------	--	---	---

## 6 Modellazione del flusso del vento

La variazione orizzontale della velocità del vento dalla posizione di misurazione a quella di ciascun aerogeneratore è stata valutata utilizzando il modello di flusso lineare WAsP di WindPro.

Il modello WAsP che è stato applicato, è uno standard industriale per la modellazione del flusso del vento su terreni semplici. Gli effetti non lineari sono esclusi dalla modellazione, pertanto, le prestazioni del modello WAsP di tipo standard sono limitate per i siti con terreni complessi, dove potrebbero verificarsi effetti non lineari che portano a maggiori incertezze nella modellazione.

Per la valutazione è stato applicato il modello di flusso WAsP nella versione 12.07.0074, ed è stata eseguita una modellazione statica basata sulle statistiche settoriali del vento, derivate dalle serie temporali del vento corrette a lungo termine in settori di direzione del vento di 30°.

La dimensione del dominio del modello è legata all'estensione delle mappe di input (vedi sezione 3). Il modello è impostato su una griglia polare con zoom centrale, il che significa che la risoluzione al centro è maggiore rispetto ai bordi del dominio. L'incremento della dimensione della griglia è del 6% da una cella all'altra. La dimensione della griglia al centro è regolata in relazione alla dimensione totale del dominio, ad esempio, un raggio di dimensione del dominio di 20 km comporta una risoluzione di 5.3 m al centro della griglia.

Per il calcolo sono stati applicati i parametri predefiniti impostati in WindPro.

<b>FICHTNER</b> ITALIA	<b>STUDIO DI PRODUCIBILITA'</b> Parco Eolico Mazara del Vallo	Codice Revisione Data creazione Data Revisione Pagina	Q.5 02 30/03/2023 30/03/2023 18 di 28
---------------------------	--	---	---

## **7 Conclusioni e Stima della produzione di energia**

La produzione energetica annua stimata del Progetto è sintetizzata nella tabella seguente.

I risultati comprendono la produzione lorda di energia e la produzione netta di energia dopo aver applicato le potenziali perdite identificate per il progetto. I fattori di perdita considerati sono descritti in dettaglio nell'0.

I risultati per singola turbina eolica sono forniti in Appendice C.

<b>FICHTNER</b> ITALIA	<b>STUDIO DI PRODUCIBILITA'</b> Parco Eolico Mazara del Vallo	Codice Revisione Data creazione Data Revisione Pagina	Q.5 02 30/03/2023 30/03/2023 19 di 28
---------------------------	--	--	---

Tabella 5: Risultati della stima della produzione di energia

Parametro	Unità		Commenti
Modello della turbina	-	SG 6.0-170-6,200	
Numero di turbine	-	13	
Capacità della turbina eolica	[MW]	6.0	
Capacità totale installata	[MW]	78	
Altezza del mozzo	[m]	125.0	
<b>Energia annua lorda produzione</b>			
Velocità media del vento all'altezza del mozzo	[SM]	7.02	
<b>Produzione P50 lorda, escl, effetti scia</b>	<b>[GWh /a]</b>	<b>274,681</b>	
Fattore di capacità	[%]	38.9	
<b>Efficienze</b>			
<b>1 Effetti scia</b>	<b>[%]</b>	<b>94.8</b>	
1a Effetti scia interni	[%]	95.0	Calcolato
1b Effetti scia esterni	[%]	99.8	Calcolato
1c Effetti scia futuri	[%]	100.0	Non considerato
<b>2 Disponibilità</b>	<b>[%]</b>	<b>95.7</b>	
2a Disponibilità della turbina eolica	[%]	96.3	Valore tipico assunto
2b Disponibilità dell'infrastruttura elettrica	[%]	99.7	Ipotesi indisponibilità 24 ore/ anno
2c Disponibilità della rete	[%]	99.7	Ipotesi indisponibilità 24 ore/ anno
<b>3 Efficienza elettrica</b>	<b>[%]</b>	<b>98.0</b>	
3a Efficienza elettrica nel funzionamento	[%]	98.0	Valore tipico assunto
<b>4 Prestazioni della turbina</b>	<b>[%]</b>	<b>99.0</b>	
4a Aggiustamento curva di potenza	[%]	99.5	Assunzione generica
4b Isteresi (ai venti elevati)	[%]	100.0	Assunzione specifica di progetto
4c Prestazioni non ottimali	[%]	99.5	Assunzione generica
<b>5 Condizioni ambientali</b>	<b>[%]</b>	<b>99.3</b>	
5a Degradamento delle prestazioni (escluso ghiaccio)	[%]	99.3	Assunzione generica
5b Formazione di ghiaccio sulle pale	[%]	100.0	Assunzione specifica di progetto
5c Spegnimento o riduzione di potenza legati alla temperatura	[%]	100.0	Assunzione specifica di progetto
5 D Limitazioni di accessibilità del sito	[%]	100.0	Assunzione specifica di progetto
<b>6 Limitazioni (Curtailments)</b>	<b>[%]</b>	<b>100.0</b>	
6a Wind Sector Management	[%]	100.0	Non considerato
6b Limitazioni di rete	[%]	100.0	Non considerato
6c Limitazioni relative ai permessi	[%]	100.0	Non considerato
<b>Perdite totali</b>	<b>[%]</b>	<b>12.6</b>	
<b>Produzione annuale netta di energia</b>			
<b>P50 netto AEP</b>	<b>[GWh /a]</b>	<b>240.099</b>	
Fattore di capacità	[%]	34.0	

<b>FICHTNER</b> ITALIA	<b>STUDIO DI PRODUCIBILITA'</b> Parco Eolico Mazara del Vallo	Codice Revisione Data creazione Data Revisione Pagina	Q.5 02 30/03/2023 30/03/2023 20 di 28
---------------------------	--	---	---

## 8 Riferimenti

- [1] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC), „Wind energy generation systems - Part 1: Design requirements (IEC 61400-1), Edition 4,0, 2019-02,“ International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland, 2019.
- [2] F. G. & C. KG, „Energy Yield Assessment for the Veronagest Portfolio - 7 Operational Wind Farms in Italy,“ Stuttgart, Germany, 2016.
- [3] IEC, IEC 61400-12-1 Wind energy generation systems - Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines, International Standard, 2017.
- [4] ISO - International Organization for Standardization, 9613-2: Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 2: General method of calculation, 1996/12.
- [5] International Finance Corporation (IFC) - World Bank Group, Environmental, health, and safety guidelines for wind energy, 07.08.2015.
- [6] FGW e.V., Technical Guidelines for Wind Turbines - Part 6 (TG6): Determination of Wind Potential and Energy Yield, Rev. 11, Berlin, Germany, 2020-09.
- [7] Mortensen und Petersen, „Influence of Topographical input data on the accuracy of wind flow modelling in complex terrain,“ DTU, European Wind Energy Conference, Dublin, Ireland, 1997.

<b>FICHTNER</b> ITALIA	<b>STUDIO DI PRODUCIBILITA'</b> <b>Parco Eolico Mazara del Vallo</b>	Codice Revisione Data creazione Data Revisione Pagina	Q.5 02 30/03/2023 30/03/2023 21 di 28
---------------------------	---	---	---

## Abbreviazioni

AEP	Annual Energy Production: Produzione annuale di energia
EYA	Energy Yield Assessment: Stima di producibilità energetica
FGW	Fördergesellschaft Windenergie (ONG tedesca per l' industria eolica )
NASA	National Aeronautics and Space Administration: Amministrazione Nazionale dell'Aeronautica e dello Spazio
NIA	Noise Immission Analysis: Analisi delle emissioni di rumore
SFA	Shadow Flicker Analysis: Analisi dello sfarfallio dell'ombra
SG	Siemens Gamesa
UTM	Universal Transverse Mercator
WGS84	World Geodetic System 1984: Sistema geodetico mondiale 1984
WTG	Wind Turbine Generator: Generatore a turbina eolica

<b>FICHTNER</b> ITALIA	<b>STUDIO DI PRODUCIBILITA'</b> Parco Eolico Mazara del Vallo	Codice Revisione Data creazione Data Revisione Pagina	Q.5 02 30/03/2023 30/03/2023 22 di 28
---------------------------	--	---	---

## Appendice A Produzione e perdite

### Produzione di energia

#### Produzione lorda di energia

La produzione lorda di energia rappresenta la produzione media di energia prevista di un parco eolico (costituito da una o più turbine eoliche) in un determinato periodo (tipicamente un anno) assumendo che non vi siano perdite di energia.

#### Producibilità energetica del parco eolico

La producibilità energetica del parco eolico è la produzione lorda di energia di un parco eolico (vedere la sezione precedente) meno le perdite di scia. Non vengono presi in considerazione ulteriori fattori di perdita di energia.

#### Produzione netta di energia / Producibilità energetica netta

La produzione netta di energia è una stima della produzione media totale di energia di un parco eolico durante un periodo specifico (tipicamente un anno) comprese le perdite di scia e tutti gli altri fattori di perdita.

### Fattori di perdita di energia

Per un'analisi economica di un parco eolico, è necessario valutare diversi possibili fonti di perdita di energia per determinare la produzione netta di energia (vedi paragrafo precedente).

Le perdite sono rappresentate come efficienze (efficienza = 1 - perdita) espresse in percentuale. Le linee guida FGW [5] raccomandano di considerare sei principali fonti di perdita di energia: effetti di scia, disponibilità, efficienza elettrica, prestazioni della turbina, condizioni ambientali e curtailments, Ciascuna fonte principale è suddivisa in singoli fattori di perdita.

Il calcolo della perdita totale corrisponde alla combinazione delle singole perdite come segue:

$$\text{Efficienza globale} = \text{efficienza}_1 * \text{efficienza}_2 * \dots * (\text{efficienza}_n)$$

Molti dei fattori di perdita potrebbero non essere rilevanti per la maggior parte dei progetti, ma per completezza tutte le perdite sono elencate e descritte di seguito. Va notato che alcune delle perdite possono essere stimate solo se sono disponibili informazioni sufficienti.

#### Perdite per effetti di scia

Le turbine eoliche estraggono l'energia dal vento. A valle della turbina si forma un flusso turbolento con una velocità del vento inferiore, la cosiddetta scia. Man mano che il flusso continua a valle si ha un allargamento della scia fino a raggiungere nuovamente lo stato di condizioni di flusso libero. L'impatto complessivo sulla produzione di energia del parco eolico, causato dalla variazione della velocità del vento

<b>FICHTNER</b> ITALIA	<b>STUDIO DI PRODUCIBILITA'</b> Parco Eolico Mazara del Vallo	Codice Revisione Data creazione Data Revisione Pagina	Q.5 02 30/03/2023 30/03/2023 23 di 28
---------------------------	--	---	---

dovuta all'interazione degli aerogeneratori tra loro, è detta perdita di scia. Le perdite di scia sono calcolate da alcuni modelli:

- **Effetti della scia interna** : è l'effetto che le turbine eoliche del parco eolico hanno l'una sull'altra,
- **Effetti della scia esterna** : è l'effetto che le turbine eoliche di un parco eolico vicino (se presente) hanno sul parco eolico,
- **Effetti della scia futura**: se la costruzione di futuri parchi eolici è pianificata vicino al parco eolico, gli effetti della scia futura saranno gli effetti che le turbine eoliche del parco eolico pianificato avranno sul parco eolico. Questo può essere calcolato solo se ci sono informazioni sufficienti sui parchi eolici pianificati come coordinate, tipo di turbina eolica, altezza del mozzo pianificata e curve di potenza.

Le perdite per gli effetti di scia sono state calcolate utilizzando WindPRO e applicando il modello PARK2 proposto da N.O. Jensen, inoltre è stata applicata una costante di decadimento degli effetti di scia di 0.051.

Per il calcolo delle perdite per gli effetti scia sono stati applicati i seguenti dati di input:

1. Coordinate delle posizioni delle turbine eoliche;
2. Curva di potenza e spinta, altezza del mozzo e diametro del rotore degli aerogeneratori;
3. Condizioni del vento modellate nelle posizioni delle turbine eoliche.

#### Disponibilità

Le turbine eoliche, l'infrastruttura del parco eolico e la rete elettrica non sono sempre disponibili durante l'intera vita utile dell'impianto. Nella stima di producibilità vengono pertanto considerate le perdite di energia derivanti dalle seguenti disponibilità:

- **Disponibilità delle turbine eoliche:**  
in base alle informazioni di progetto possono essere definite le seguenti disponibilità:
  - Disponibilità contrattuale: si riferisce alla disponibilità della turbina eolica secondo la garanzia di disponibilità del produttore/manutentore, Sono comprese le ore contrattuali di manutenzione preventiva (se note). La disponibilità garantita può essere considerata un approccio conservativo.
  - Disponibilità tecnica: si riferisce alla perdita di energia dovuta all'effettivo tempo di fermo delle turbine eoliche.
- **Disponibilità dell'infrastruttura elettrica:** questo fattore definisce la disponibilità attesa dell'infrastruttura elettrica fino al punto di connessione alla rete. Se non sono presenti informazioni specifiche del sito, viene considerato un valore generico.
- **Disponibilità di rete:** questo fattore definisce la disponibilità prevista della rete elettrica, a cui il parco eolico è collegato. Si riferisce ai periodi in cui la potenza elettrica è al di fuori dell'intervallo di funzionamento definito nell'ambito del contratto di connessione alla rete nonché ai tempi di fermo effettivo della rete.

È stata ipotizzata una disponibilità garantita su base temporale del 97%, e di ulteriori 60 ore/anno di manutenzione programmata.

<b>FICHTNER</b> ITALIA	<b>STUDIO DI PRODUCIBILITA'</b> Parco Eolico Mazara del Vallo	Codice Revisione Data creazione Data Revisione Pagina	Q.5 02 30/03/2023 30/03/2023 24 di 28
---------------------------	--	---	---

Per la disponibilità dell'infrastruttura elettrica è stato ipotizzato il 99.7% e per la disponibilità della rete il 99.7% corrispondente approssimativamente a 24 ore/anno di fermo macchina.

#### Efficienza elettrica

Tra i terminali di bassa tensione di una turbina eolica e il punto di connessione alla rete del parco eolico sono presenti perdite elettriche. Vengono presi in considerazione i seguenti fattori di efficienza:

- **Efficienza elettrica in esercizio:** questo fattore definisce le perdite elettriche che si verificano quando gli aerogeneratori sono in funzione. Rappresenta la differenza tra l'energia misurata ad ogni turbina eolica e l'energia misurata al contatore. L'efficienza operativa può essere assunta in base alle dimensioni del progetto e/o stimata in base alle caratteristiche specifiche del progetto.
- **Consumo di energia del parco eolico (energia elettrica acquistata):** questo fattore definisce l'efficienza elettrica in termini di consumo elettrico dovuto alle perdite a vuoto nei trasformatori e al consumo elettrico degli apparati degli aerogeneratori e della sottostazione, quando il parco eolico non è in produzione. Questo fattore non viene preso in considerazione poiché è considerato un costo operativo piuttosto che un fattore di efficienza elettrica.

Sono state ipotizzate perdite elettriche del 2%, con un'efficienza dell'infrastruttura elettrica del 98%.

#### Prestazioni della turbina

Per la stima del rendimento energetico viene utilizzata una curva di potenza fornita dal produttore della turbina eolica.

- **Isteresi di riavvio dovuta alla velocità del vento elevata:** per la maggior parte degli aerogeneratori, quando la velocità del vento supera una certa velocità del vento soglia (cut-out), le turbine eoliche si bloccano e la produzione si arresta. Le turbine eoliche non si riavviano immediatamente, ma il sistema di controllo attende che la velocità del vento sia scesa di un certo valore sotto la soglia di cut-out prima di consentire il riavvio degli aerogeneratori. Se sono disponibili dati misurati in sito, è possibile calcolare questo fattore di perdita.
- **Adeguamento della curva di potenza al sito specifico della turbina:** le condizioni del vento (turbolenza, inclinazione del flusso, elevato shear, ecc.) del parco eolico possono differire dalle condizioni osservate su un terreno semplice, conforme a IEC, dove è stata testata e certificata la curva di potenza dell'aerogeneratore. Questo fattore definisce la perdita di energia dovuta a questa differenza.
- **Prestazioni non ottimali:** questo fattore definisce le perdite addizionali dovute alle deviazioni delle prestazioni delle turbine rispetto al caso ideale, a causa di impostazioni dell'aerogeneratore non ottimali. Esempi tipici includono disallineamenti di imbardata, calibrazione dell'anemometro di controllo, imprecisioni o disallineamenti del passo delle pale e altri problemi di impostazioni nei controlli.



<b>FICHTNER</b> ITALIA	<b>STUDIO DI PRODUCIBILITA'</b> Parco Eolico Mazara del Vallo	Codice Revisione Data creazione Data Revisione Pagina	Q.5 02 30/03/2023 30/03/2023 25 di 28
---------------------------	--	---	---

In base alle condizioni del vento stimate sono state considerate perdite per isteresi legate a condizioni di vento forte.

In siti complessi aumenta l'incertezza relativa alle prestazioni degli aerogeneratori. Per tenere conto dell'impatto sulle prestazioni delle turbine, è stata considerata una perdita legata alle prestazioni non ottimali e all'adeguamento della curva di potenza.

#### Condizioni ambientali

- **Degrado delle prestazioni senza formazione di ghiaccio:** questo fattore definisce le perdite dovute alle variazioni delle prestazioni aerodinamiche delle lame causate dal deposito di sporco, che di volta in volta viene lavato dalla pioggia, nonché dal degrado fisico della superficie delle pale dopo un lungo periodo di funzionamento.
- **Formazione di ghiaccio:** come il fattore sopra descritto, le prestazioni aerodinamiche delle pale possono cambiare a causa di un temporaneo accumulo di ghiaccio. Con l'aumentare del ghiaccio le turbine eoliche si spengono o non si avviano. Inoltre, la formazione di ghiaccio può anche influenzare la misurazione del vento sopra la turbina eolica, il che può anche portare allo spegnimento della turbina eolica. Questo fattore di perdita può essere stimato sulla base dei dati registrati dalle misurazioni in sito.
- **Spegnimento o riduzione di potenza dovuti alla temperatura:** gli aerogeneratori sono progettati per funzionare entro un determinato intervallo di temperatura. A seconda delle condizioni climatiche del sito i limiti possono essere superati in eccesso o in difetto. In questo caso, l'aerogeneratore si spegne o continua a funzionare con prestazioni ridotte. Questa perdita può essere stimata in base alle condizioni meteorologiche locali.
- **Accessibilità del sito:** l'accessibilità del sito può essere influenzata da condizioni ambientali severe, che possono influire sulla disponibilità del parco eolico. Questa situazione si verifica spesso in aree soggette a forti nevicate dove i tempi di risposta per le riparazioni possono aumentare. Questa perdita può essere stimata in base alle condizioni meteorologiche locali.
- **Crescita degli alberi:** i parchi eolici situati all'interno o in prossimità di foreste o aree con presenza di alberi ad alto fusto saranno influenzati dai cambiamenti (crescita o abbattimento) della popolazione arborea. Questo fattore definisce le perdite dovute all'impatto della silvicoltura sul flusso del vento.

Il degrado delle prestazioni senza formazione di ghiaccio è stato considerato dello 0.05% all'anno per gli anni da 1 a 10 e dello 0.1% all'anno per gli anni da 10 a 20, risultando pari al 99.3% per un periodo di 20 anni.

#### Limitazioni (Curtailments)

- **Wind Sector Management:** per i parchi eolici con una distanza tra le turbine limitata, per mitigare i problemi legati al carico a fatica causato dalla turbolenza di scia, può essere imposta dal produttore una restrizione operativa di funzionamento parametrata per settore di direzione del vento (Wind Sector Management). Se esistono informazioni sufficienti è possibile stimare le perdite dovute a questa strategia di riduzione direzionale nel funzionamento delle turbine.

<b>FICHTNER</b> ITALIA	<b>STUDIO DI PRODUCIBILITA'</b> <b>Parco Eolico Mazara del Vallo</b>	Codice Revisione Data creazione Data Revisione Pagina	Q.5 02 30/03/2023 30/03/2023 26 di 28
---------------------------	---	---	---

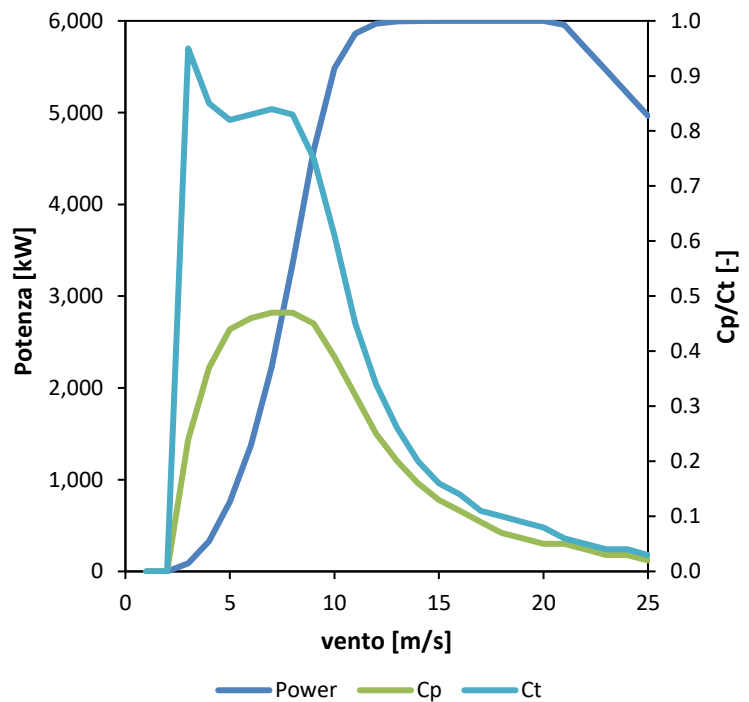
- **Limitazioni della rete:** alcuni accordi di connessione alla rete richiedono una limitazione della produzione del parco eolico. Le perdite dovute alla riduzione della rete possono essere stimate solo se sono disponibili informazioni sufficienti.
- **Limitazioni relative ai permessi:** alcuni parchi eolici hanno restrizioni operative per soddisfare criteri definiti di emissione di rumore o sfarfallio delle ombre nelle abitazioni vicine o particolari condizioni ambientali. Le perdite possono essere stimate solo se sono disponibili informazioni sufficienti sulle diverse restrizioni operative.

Per la presente valutazione non sono state considerate perdite su potenziali restrizioni di dispacciamento.

## Appendice B Curve di potenza e di spinta

<b>Modello di turbina</b>	SG 6.0-170-6,200
<b>Nome della curva di potenza</b>	(AM-2, 6.0 MW) - 1.225 kg/m <sup>3</sup>
<b>Fonte</b>	Database WindPRO
<b>Densità dell'aria</b>	1.225 kg/m <sup>3</sup>

Velocità del vento [m/s]	Potenza [kW]	C <sub>p</sub>	C <sub>t</sub>
1	0.0	0.00	0.00
2	0.0	0.00	0.00
3	89.0	0.24	0.95
4	328.0	0.37	0.85
5	758.0	0.44	0.82
6	1,376.0	0.46	0.83
7	2,230.0	0.47	0.84
8	3,350.0	0.47	0.83
9	4,590.0	0.45	0.75
10	5,485.0	0.39	0.61
11	5,864.0	0.32	0.45
12	5,971.0	0.25	0.34
13	5,994.0	0.20	0.26
14	5,999.0	0.16	0.20
15	6,000.0	0.13	0.16
16	6,000.0	0.11	0.14
17	6,000.0	0.09	0.11
18	6,000.0	0.07	0.10
19	6,000.0	0.06	0.09
20	6,000.0	0.05	0.08
21	5,956.0	0.05	0.06
22	5,708.0	0.04	0.05
23	5,460.0	0.03	0.04
24	5,212.0	0.03	0.04
25	4,964.0	0.02	0.03



<b>FICHTNER</b> ITALIA	<b>STUDIO DI PRODUCIBILITA'</b> Parco Eolico Mazara del Vallo		Codice	Q.5
			Revisione	02
			Data creazione	30/03/2023
			Data Revisione	30/03/2023
			Pagina	28 di 28

## Appendice C Dettaglio produzione delle turbine eoliche

Identificativo della turbina	Coordinate		Altitudine [m s.l.m.]	Modello di turbina	Produzione annua lorda [MWh]	Efficienza [%]	Produzione annua netta incluse perdite di scia [MWh]	Velocità del vento in campo libero [m/s]
	UTM (nord)-WGS84 Zona: 33							
	Est	Nord						
WTG1	296,470	4,179,107	180.0	SG 6.0-170-6,200	23,107	97.9	22,615	7.48
WTG2	297,006	4,179,213	180.0	SG 6.0-170-6,200	22,274	95.0	21,163	7.27
WTG3	297,474	4,179,427	160.0	SG 6.0-170-6,200	20,990	96.1	20,180	6.97
WTG4	298,387	4,179,541	196.0	SG 6.0-170-6,200	23,144	93.5	21,647	7.55
WTG5	298,792	4,179,859	210.0	SG 6.0-170-6,200	23,541	96.3	22,676	7.59
WTG6	299,387	4,179,836	210.0	SG 6.0-170-6,200	21,924	94.8	20,794	7.19
WTG7	300,014	4,179,945	226.9	SG 6.0-170-6,200	21,896	95.7	20,960	7.18
WTG8	300,556	4,180,035	208.4	SG 6.0-170-6,200	21,101	95.9	20,240	6.99
WTG9	301,545	4,179,326	180.0	SG 6.0-170-6,200	19,021	96.3	18,327	6.54
WTG10	300,482	4,177,749	160.0	SG 6.0-170-6,200	19,608	93.1	18,249	6.65
WTG11	299,927	4,177,683	160.6	SG 6.0-170-6,200	19,262	92.7	17,855	6.59
WTG12	299,411	4,177,540	150.0	SG 6.0-170-6,200	18,605	91.8	17,071	6.44
WTG13	298,865	4,177,442	150.0	SG 6.0-170-6,200	20,208	94.7	19,139	6.78