

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO PER LA  
PRODUZIONE DI ENERGIA MEDIANTE LO SFRUTTAMENTO DEL VENTO  
NEL TERRITORIO COMUNALE DI TORCHIAROLO (BR) IN LOC. VALESIO (BR)  
POTENZA NOMINALE 50,4 MW

**PROGETTO DEFINITIVO - SIA**

PROGETTAZIONE E SIA

ing. Fabio PACCAPELO

ing. Andrea ANGELINI

ing. Antonella Laura GIORDANO

ing. Francesca SACCAROLA

COLLABORATORI

ing. Giulia MONTRONE

geom. Rosa CONTINI

STUDI SPECIALISTICI

GEOLOGIA

geol. Matteo DI CARLO

ACUSTICA

ing. Antonio FALCONE

STUDIO FAUNISTICO

dott. nat. Fabio MASTROPASQUA

VINCA, STUDIO BOTANICO VEGETAZIONALE

E PEDO-AGRONOMICO

dr.ssa Lucia PESOLA

ARCHEOLOGIA

dr.ssa archeol. Domenica CARRASSO

INTERVENTI DI COMPENSAZIONE E VALORIZZAZIONE

arch. Gaetano FORNARELLI

arch. Andrea GIUFFRIDA

**SIA.ES. STUDI SPECIALISTICI**

REV. DATA DESCRIZIONE

**ES.1 Indagine anemologica del sito e  
analisi della producibilità attesa**

REV.	DATA	DESCRIZIONE



## INDICE

<b>1</b>	<b>DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI</b>	<b>2</b>
1.1	FINALITÀ DELL'INTERVENTO	2
1.2	LOCALIZZAZIONE DEL SITO	2
1.3	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	4
<b>2</b>	<b>MODELLIZZAZIONE E STIMA DEL VENTO</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>ANALISI DEI DATI METEOREOLOGICI COMPARATIVI: ATLANTE EOLICO</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA PRODUZIONE ATTESA</b>	<b>13</b>



## 1 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

### 1.1 FINALITÀ DELL'INTERVENTO

Scopo del progetto è la realizzazione di un "Parco Eolico" per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (vento) e l'immissione dell'energia prodotta, attraverso un'opportuna connessione, nella Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

La società proponente l'intervento in oggetto è la Santa Chiara Energia S.r.l., con sede legale in Via Lanzone, 31 - 20123 Milano, P.I. e C.F. n. 12860120968.

La presente relazione è, quindi, relativa all'iniziativa di installazione ed esercizio di un impianto eolico e relative opere accessorie di connessione alla RTN in territorio extra urbano di Torchiarolo (BR). Il parco eolico, caratterizzato da potenza complessiva pari a 50,4 MW, consta di n. 7 aerogeneratori, di potenza unitaria fino a 7,2 MW, con altezza al tip della pala pari a 236 m, altezza al mozzo pari a 150 m e diametro rotorico pari a 172 m.

### 1.2 LOCALIZZAZIONE DEL SITO

Il progetto di parco eolico prevede la realizzazione di n. 7 aerogeneratori posizionati in un'area agricola nel territorio comunale di Torchiarolo (BR). Si riportano di seguito le coordinate nel sistema WGS84 UTM 33N:

WTG	Coordinate WGS84 fuso 33N	
	Est	Nord
TR01	757247,03	4490195,98
TR02	756491,00	4489923,06
TR03	756439,06	4489214,56
TR04	758156,70	4489144,36
TR05	757334,02	4489362,67
TR06	755601,97	4488045,03
TR07	757887,32	4490093,72

Rispetto all'area di impianto gli abitati più vicini sono:

- Brindisi - Tuturano (BR) 6,5 km;
- Brindisi (BR) 13 km;
- Cellino San Marco (BR) 5 km;
- San Pietro Vernotico (BR) 2 km;
- Torchiarolo (BR) 3 km;
- Squinzano (BR) 8 km;
- Campi Salentina (BR) 11,5 km;
- San Donaci (BR) 9,5 km;
- Guagnano (BR) 12,5 km;
- Salice Salentino (BR) 13 km;
- San Pancrazio Salentino (BR) 17 km;
- Mesagne (BR) 17 km;
- Trepuzzi 11 km;
- Surbo 14,5 km;
- Latiano (BR) 13 km.



La distanza dalla costa adriatica è di circa 3 km in direzione est.



*Inquadramento di area vasta*

L'area di intervento propriamente detta si colloca nel comune di Brindisi, al confine del comune di San Pietro Vernotico e occupa un'area di circa 3,5 kmq, compresa tra la SP 86 a nord, la SP 84 a sud, la SP 85 ad est e SS16 a ovest; inoltre, la SS613 attraversa l'area del parco eolico a sud-ovest. L'intorno di riferimento rientra nell'ambito paesaggistico n. 10 " Tavoliere Salentino".

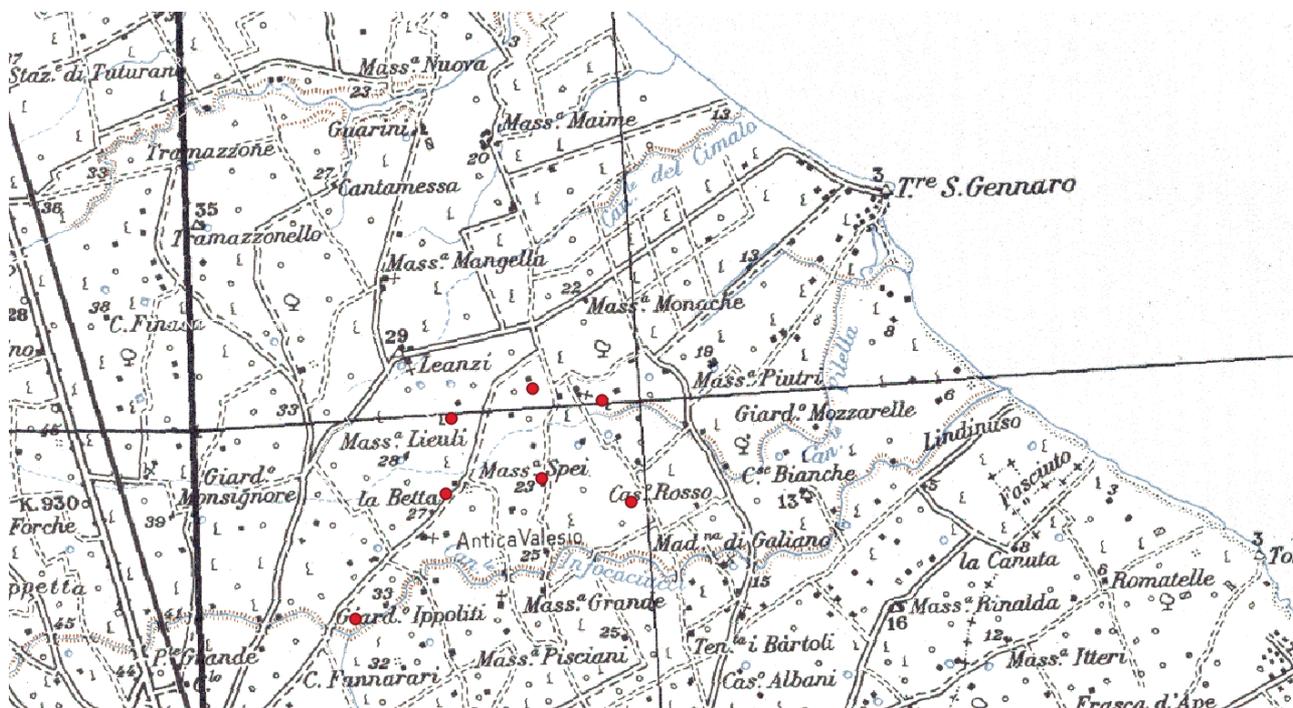
La distribuzione degli aerogeneratori sul campo è stata progettata tenendo conto dell'efficienza tecnica, delle valutazioni sugli impatti attesi e delle indicazioni contenute nella letteratura pubblicata da autorevoli associazioni ed enti specializzati. La disposizione e le reciproche distanze stabilite in fase progettuale sono tali da scongiurare l'effetto selva e la mutua interferenza tra le macchine.

L'analisi di possibili effetti combinati, in termini di impatti attesi con altre fonti di disturbo presenti sul territorio, si è concentrata sulla eventuale interazione con altri impianti esistenti o con altri progetti approvati a conoscenza degli scriventi. Si rimanda all'allegato SIA.S.4 *Analisi degli impatti cumulativi* per i necessari approfondimenti.





Area parco eolico – Inquadramento su ortofoto



Area parco eolico – Inquadramento su IGM

### 1.3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Gli interventi di progetto comprendono la realizzazione di tutte le opere ed infrastrutture indispensabili alla connessione dell'impianto alla RTN. I principali componenti dell'impianto sono:

- Aerogeneratori;
- Opere di fondazione degli aerogeneratori costituite da strutture in calcestruzzo armato e da pali di fondazione trivellati;



- Viabilità di servizio al parco eolico;
- Elettrodotti per il trasporto dell'energia elettrica prodotta dal parco alla sezione a 36 kV della futura stazione RTN 380/150/36 kV in agro di Cellino San Marco (BR);
- Cabina di raccolta a MT e sistema di accumulo elettrochimico di energia di potenza pari a 18 MW e 72 MWh di accumulo;
- Opere di rete per la connessione consistenti nella realizzazione della nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN da inserire in entra-esce alla linea a 380 kV "Brindisi Sud – Galatina".

Nello specifico, come da STMG (codice pratica 202301758) fornita da Terna con nota del 22/06/2023 prot. P 20230065520 e accettata in data 26/10/2023, è previsto che la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale avvenga in antenna a 36 kV sulla futura Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN a 380/150/36 kV da inserire in entra-esce alla linea a 380 kV "Brindisi Sud – Galatina".

I sottocampi di progetto saranno collegati alla RTN attraverso cavidotti interrati in media tensione a 36 kV, che si allacceranno direttamente sullo stallo a 36 kV assegnato da TERNIA all'interno della suddetta SE ed avranno uno sviluppo lineare complessivo di 21 km circa. Il percorso dei cavidotti sarà in parte su strade non asfaltate esistenti o di nuova realizzazione, in parte su strade provinciali asfaltate ed in parte su terreni agricoli. La profondità di interrimento sarà compresa tra 1,50 e 2,0 m.

## **Aerogeneratori**

Le turbine in progetto saranno montate su torri tubolari di altezza (base-mozzo) pari a 150 m, con rotori a 3 pale e aventi diametro massimo di 172 m.

La realizzazione delle fondazioni degli aerogeneratori deve essere preceduta da uno scavo di sbancamento per raggiungere le quote delle fondazioni definite in progetto, dal successivo compattamento del fondo dello scavo e dall'esecuzione degli eventuali rilevati da eseguire con materiale proveniente dagli scavi opportunamente vagliato ed esente da argilla.

I plinti di fondazione saranno circolari con diametro di 29 m e profondità di 3,00 m circa dal piano campagna, con 12 pali di fondazione del diametro di 1,2 m e lunghezza pari a 25,00 m.

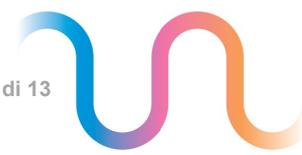
Le fondazioni saranno progettate sulla base di puntuali indagini geotecniche per ciascuna torre, saranno realizzate in c.a., con la definizione di un'armatura in ferro che terrà conto di carichi e sollecitazioni in riferimento al sistema fondazione suolo ed al regime di vento misurato sul sito.

La progettazione strutturale esecutiva sarà riferita ai plinti di fondazione del complesso torre tubolare – aerogeneratore.

Partendo dalle puntuali indagini geologiche effettuate, essa verrà redatta secondo i dettami e le prescrizioni riportate nelle "D.M. 14 gennaio 2008 - Norme tecniche per le costruzioni", che terminato il periodo transitorio è entrato definitivamente in vigore il 1° luglio 2009.

In linea con la filosofia di detto testo normativo, le procedure di calcolo e di verifica delle strutture, nonché le regole di progettazione che saranno seguite nella fase esecutiva, seguiranno i seguenti indirizzi:

- mantenimento del criterio prestazionale;
- coerenza con gli indirizzi normativi a livello comunitario, sempre nel rispetto delle esigenze di sicurezza del Paese e, in particolare, coerenza di formato con gli Eurocodici, norme europee EN ormai ampiamente diffuse;
- approfondimento degli aspetti connessi alla presenza delle azioni sismiche;
- approfondimento delle prescrizioni ed indicazioni relative ai rapporti delle opere con il terreno e, in generale, agli aspetti geotecnici;



- concetto di vita nominale di progetto;
- classificazione delle varie azioni agenti sulle costruzioni, con indicazione delle diverse combinazioni delle stesse nelle le verifiche da eseguire.

Le indagini geologiche, effettuate puntualmente in corrispondenza dei punti in cui verrà realizzato il plinto di fondazione, permetteranno di definire:

- la successione stratigrafica con prelievo di campioni fino a 30 m di profondità;
- la natura degli strati rocciosi (compatti o fratturati);
- la presenza di eventuali “vuoti” colmi di materiale incoerente.

In definitiva, sulla base della tipologia di terreno e dell’esperienza di fondazioni simili, ci si aspetta di avere fondazioni di tipo diretto con le seguenti caratteristiche:

*Fondazioni dirette:*

- Ingombro in pianta: circolare
- Forma: tronco conica
- Diametro massimo 29 m
- Altezza massima 2,8 m circa
- Interrate, ad una profondità misurata in corrispondenza della parte più alta del plinto di circa 0,5 m (solo la parte centrale della fondazione, in corrispondenza del concio di ancoraggio in acciaio, sporgerà dal terreno per circa 5/10 cm)
- volume complessivo 1110,00 mc circa

*Pali di fondazione (n. 16 per plinto):*

- Ingombro in pianta: circolare a corona
- Forma: cilindrica
- Diametro pali 1200 mm
- Lunghezza pali 25,00 m

### **Piazzole di montaggio**

In corrispondenza di ciascun aerogeneratore sarà realizzata una piazzola di montaggio. Attorno alla piazzola saranno allestite sia le aree per lo stoccaggio temporaneo degli elementi della torre, sia le aree necessarie per il montaggio e sollevamento della gru tralicciata. Tale opera avrà la funzione di garantire l’appoggio alle macchine di sollevamento necessarie per il montaggio della macchina e di fornire lo spazio necessario al deposito temporaneo di tutti i pezzi costituenti l’aerogeneratore stesso.

Le caratteristiche realizzative della piazzola dovranno essere tali da consentire la planarità della superficie di appoggio ed il defluire delle acque meteoriche.

Al termine dei lavori di realizzazione del parco eolico si procederà alla rimozione delle piazzole, a meno della superficie in prossimità della torre, che sarà utilizzata per tutto il periodo di esercizio dell’impianto; le aree saranno oggetto di ripristino mediante rimozione del materiale utilizzato e la ricostituzione dello strato di terreno vegetale rimosso.

### **Trincee e cavidotti**

Gli scavi a sezione ristretta necessari per la posa dei cavi (trincee) avranno ampiezza variabile in relazione al numero di terne di cavi che dovranno essere posate (fino ad un massimo di 80 cm e profondità di 2,0 m).



I cavidotti saranno segnalati in superficie da appositi cartelli, da cui si potrà evincere il loro percorso. Il percorso sarà ottimizzato in termini di impatto ambientale, intendendo con questo che i cavidotti saranno realizzati per quanto più possibile al lato di strade esistenti ovvero delle piste di nuova realizzazione.

Dette linee in cavo a 36 kV permetteranno di convogliare tutta l'energia prodotta dagli aerogeneratori al futuro ampliamento della Stazione Elettrica di connessione e consegna da realizzarsi unitamente al Parco Eolico.

### **Cabina di Raccolta**

La Cabina di Raccolta a MT sarà composta da:

- locale MT
- locale BT
- locale gruppo elettrogeno;
- locale per misure
- locale aerogeneratori;

La cabina sarà formata da un unico corpo, suddiviso in modo tale da contenere i quadri MT di raccolta, gli apparati di teleoperazione, le batterie, i quadri B.T. in c.c. e c.a. per l'alimentazione dei servizi ausiliari e i contatori di produzione.

La costruzione potrà essere o di tipo tradizionale con struttura in c.a. e tamponature in muratura di laterizio rivestite con intonaco di tipo civile oppure di tipo prefabbricato (struttura portante costituita da pilastri prefabbricati in c.a.v., pannelli di tamponamento prefabbricati in c.a., finitura esterna con intonaci al quarzo). La copertura a tetto piano, sarà opportunamente coibentata ed impermeabilizzata.

Gli infissi saranno realizzati in alluminio anodizzato naturale.

Una piccola parte del fabbricato con accesso da strada sarà adibito a locale misure. All'interno saranno posizionati i contatori per contabilizzare tutta l'energia prodotta e l'energia consumata dai servizi ausiliari.

La sezione a MT include il montante, in uscita dal quadro elettrico MT sarà composto da scomparti per arrivi linea, per partenza verso vettoriamento verso la RTN, per protezione linea servizi ausiliari, per protezione del TV di sbarra;

All'interno della cabina di raccolta saranno alloggiati i sistemi ausiliari di centrale. Il sistema di distribuzione sarà così composto:

- Raddrizzatore/Caricabatteria;
- Batteria ermetica di accumulatori al piombo;
- Quadro BT servizi ausiliari.

Il raddrizzatore/caricabatteria svolge la duplice funzione di fornire l'alimentazione stabilizzata alle utenze a 110 V<sub>CC</sub> e contemporaneamente di ricaricare la batteria.

### **Sistema di Accumulo Elettrochimico di Energia**

La tecnologia più promettente, per le applicazioni di accumulo distribuito di taglia medio-grande, è quella delle batterie agli ioni di litio che presenta una vita attesa molto lunga (fino a 5000 cicli di carica/ scarica a DOD 80%), un rendimento energetico significativamente alto (generalmente superiore al 90%) con elevata energia specifica. Esse sono adatte ad applicazioni di potenza, sia tradizionali, sia quelle a supporto del sistema elettrico. Le caratteristiche delle batterie litio-ioni in termini di prestazioni relative alla potenza specifica, energia specifica, efficienza e durata, rendono queste tecnologie di accumulo particolarmente interessanti per le applicazioni "in potenza" e per il settore dell'automotive.



Nel caso specifico saranno utilizzati accumulatori a ioni di litio (LFP: litio-ferro-fosfato) che permettono di ottenere elevate potenze specifiche in rapporto alla capacità nominale.

Le batterie sono alloggiare all'interno di container e sono raggruppate in stringhe. Le stringhe vengono messe in parallelo e associate a ciascun PCS attraverso un Box di parallelo che consente l'interfaccia con il PCS.

Le batterie sono di tipo ermetico e sono in grado di resistere, ad involucro integro, a sollecitazioni termiche elevate ed alla fiamma diretta. Esse non costituiscono aggravio al carico di incendio.

Di seguito si riportano i dati della singola cella:



Battery Pack		
General		
Model	LUNA2000-2.0MWH-1H0	LUNA2000-2.0MWH-2H1
Cell Material	LFP	LFP
Pack Configuration	16S 1P	18S 1P
Rated Voltage	51.2 V	57.6 V
Nominal Capacity	320 Ah / 16.38 kWh	280 Ah / 16.13 kWh
Supported Charge & Discharge Rate	≤ 1 C	≤ 0.5 C
Weight	≤ 140 kg	≤ 140 kg
Dimensions (W x H x D)	442 x 307 x 660 mm	442 x 307 x 660 mm

Le celle sono collegate in serie (16 oppure 18) per raggiungere la tensione massima in corrente continua al PCS (inverter bidirezionali CC/CA) e parallelati per raggiungere la potenza e la capacità di progetto (2 MWh per Container).

L'impianto di accumulo sarà costituito da 36 Container Batteria ognuno di capacità pari a 2 MWh, disposti ed assemblati per dare una potenza complessiva pari a 18 MW. Nel particolare, si formeranno tre piazzole, ciascuna composta da 1 trasformatore da 6,8 MVA e 6 PCS formati ognuno da 5 inverter da 200 kW di potenza da 1 MW dove saranno collegati 12 container accumulo distribuiti sui 6 PCS.

Nell'area dell'accumulo, a cui corrisponde un'occupazione di suolo pari a circa 4.000 mq localizzata in prossimità dell'aerogeneratore TR06, si prevede la realizzazione di opere di mitigazione/compensazione quali, ad esempio, la realizzazione di schermature arboree o arbustive e la piantumazione di specie autoctone.

### Strade e piste di cantiere

La viabilità esistente, nell'area di intervento, sarà integrata con la realizzazione di piste necessarie al raggiungimento dei singoli aerogeneratori, sia nella fase di cantiere che in quella di esercizio dell'impianto.

Le strade di servizio (piste) di nuova realizzazione, necessarie per raggiungere le torri con i mezzi di cantiere, avranno ampiezza di 5 m circa e raggio interno di curvatura variabile e di almeno 45 m. Lo sviluppo delle strade di nuova realizzazione, all'interno dell'area di intervento, determinerà un'occupazione territoriale di 9.600,00 mq circa. Per quanto l'uso di suolo agricolo è comunque limitato, allo scopo di minimizzarlo ulteriormente per raggiungere le torri saranno utilizzate, per quanto possibile, le strade già esistenti, come peraltro si evince dagli elaborati grafici di progetto. Nei tratti in cui sarà necessario, tali strade esistenti saranno oggetto di interventi di adeguamento del fondo stradale e di pulizia da pietrame ed arbusti eventualmente presenti, allo scopo di renderle completamente utilizzabili.

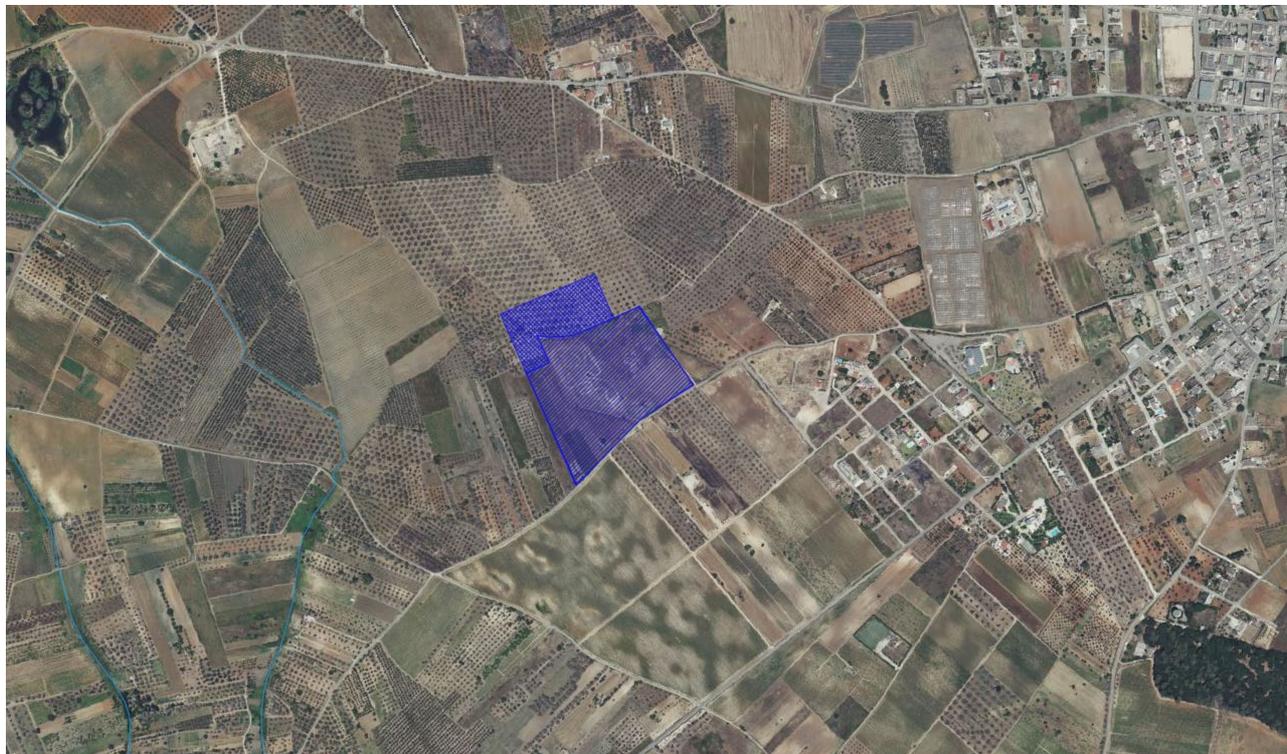
Le piste non saranno asfaltate e saranno realizzate con inerti compattati, parzialmente permeabili di diversa granulometria. Una parte del materiale rinveniente dagli scavi delle fondazioni verrà riutilizzato per realizzare o adeguare tale viabilità.



### Stazione elettrica a 380/150/36 kV

La soluzione di connessione individuata da TERNA prevede la realizzazione di una nuova Stazione Elettrica 380/150/36 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV “Brindisi Sud – Galatina”.

Nell’ambito del tavolo tecnico indetto da TERNA, è stata definita una proposta progettuale nel territorio comunale di Cellino San Marco (BR), che prevede la realizzazione di una stazione 380/150 kV ed è in corso la progettazione della sezione a 380/36 kV a cura di diversa società, proponente di un altro impianto per la produzione di energia da fonte rinnovabile.



*Futura Stazione Elettrica a 380/150/36 kV “Cellino San Marco”*

La superficie totale occupata dalla SE 380/150/36 kV sarà pari a circa 9 ha. L’area non è interessata dalla presenza di corsi d’acqua ed è caratterizzata da una morfologia pianeggiante.

Tutti gli impianti in bassa, media ed alta tensione saranno realizzati secondo le prescrizioni delle norme CEI applicabili, con particolare riferimento alla scelta dei componenti della disposizione circuitale, degli schemi elettrici, della sicurezza di esercizio.

Le modalità di connessione saranno conformi alle disposizioni tecniche emanate dall’autorità per l’energia elettrica e il gas (delibera ARG/elt 99/08 del 23 luglio 2008 – Testo integrato delle condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi degli impianti di produzione di energia elettrica - TICA), e in completo accordo con le disposizioni tecniche definite nell’Allegato A (CEI 0-16) della delibera ARG/elt 33/08).

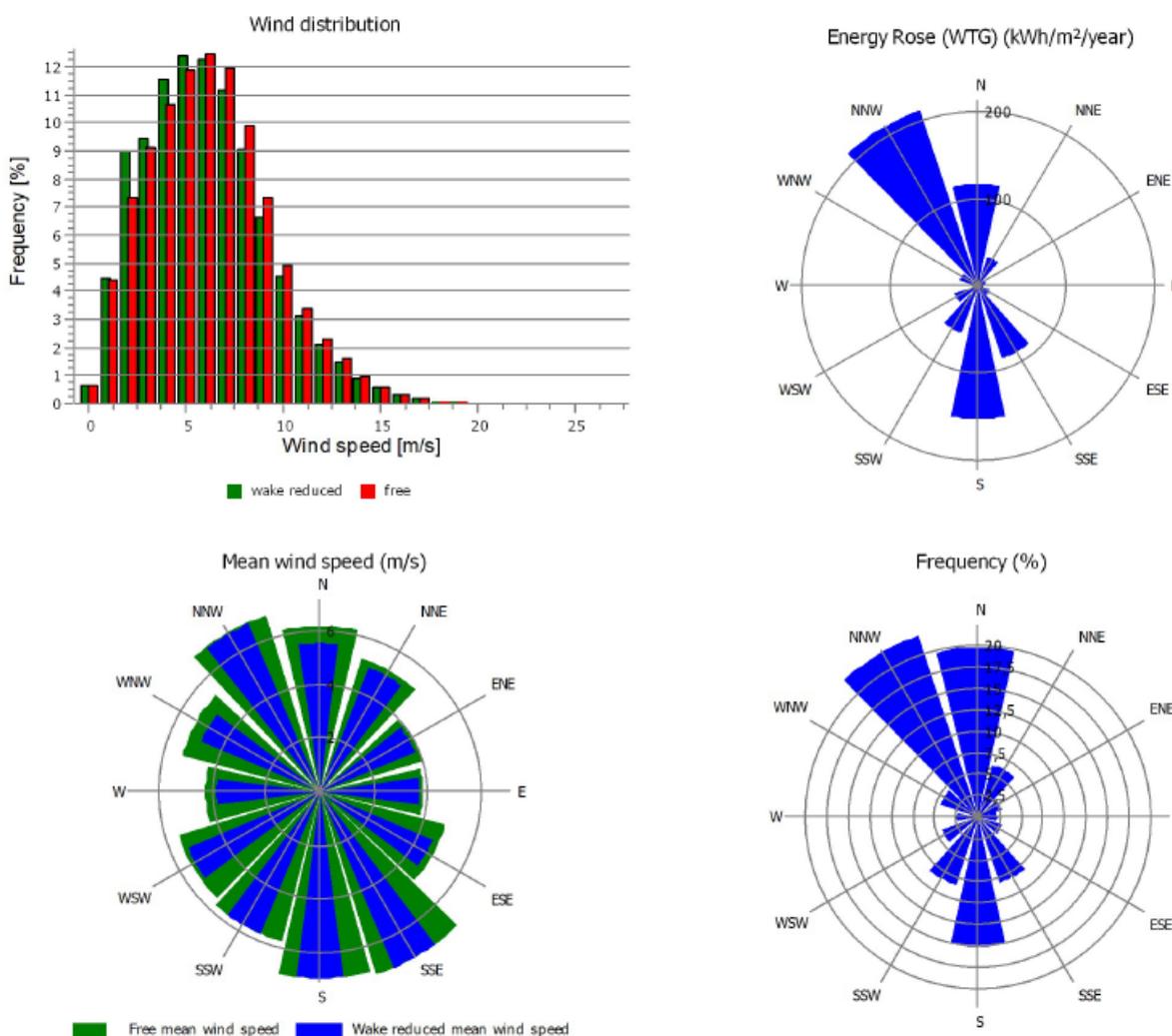


## 2 MODELLIZZAZIONE E STIMA DEL VENTO

La stima preliminare della risorsa eolica al sito è estrapolata da un Anemometro Virtuale scalato ad una località ritenuta rappresentativa dell'Area di interesse. Le statistiche dell'Anemometro Virtuale sono ottenute utilizzando le fonti disponibili in un intorno considerato rappresentativo dell'Area di interesse, come i dati di vento misurati e i dati di mesoscala.

Occorre comunque evidenziare che l'Anemometro Virtuale non sostituisce una torre di misura tradizionale al sito e quindi qualsiasi valutazione sulla produzione di energia implica necessariamente un elevato grado di incertezza. Per questo i risultati devono intendersi come una sola stima preliminare.

Il regime di vento di lungo termine atteso al sito è stato valutato usando un nodo di rianalisi su un periodo di 20 anni (ERA5 Rectangular Grid), ovvero ampiamente superiore a 1 anno di osservazione, e attraverso correlazioni mensili. Le figure sottostanti riproducono le rose dei venti in termini di frequenza, potenza e velocità e la distribuzione del vento per l'Anemometro Virtuale creato in sito (UTM (nord)-WGS84 Zone: 33 Est: 757.334 Nord: 4.489.363) per l'altezza richiesta pari a 150 m.



Distribuzione del vento e venti prevalenti (UTM nord-WGS84 Zone: 33 Est: 757.334 Nord: 4.489.363)



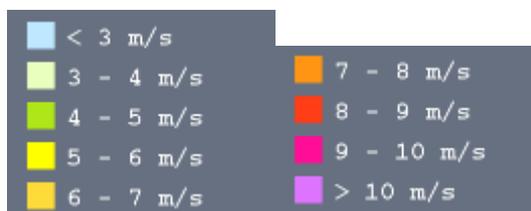
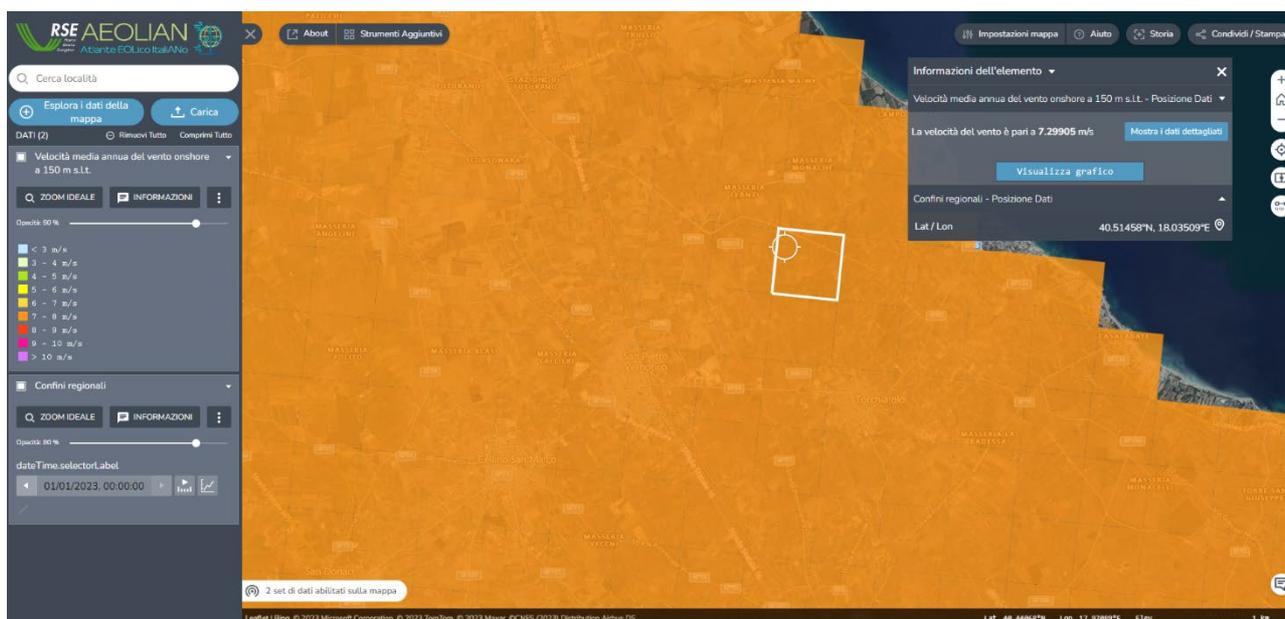
### 3 ANALISI DEI DATI METEOROLOGICI COMPARATIVI: ATLANTE EOLICO

In una accurata analisi meteorologica è necessario correlare i dati puntuali misurati in campo con dati spaziali simulati dai modelli matematici, tra i più conosciuti ed utilizzati è l'Atlante Eolico Italiano AEOLIAN di RSE disponibile sul sito <https://atlanteeolico.rse-web.it/>.

Di seguito, si riportano una prima figura rappresentativa della velocità media annua del vento onshore a 150 m s.l.t. e una seconda con indicazione della producibilità specifica annua a 100m s.l.t..

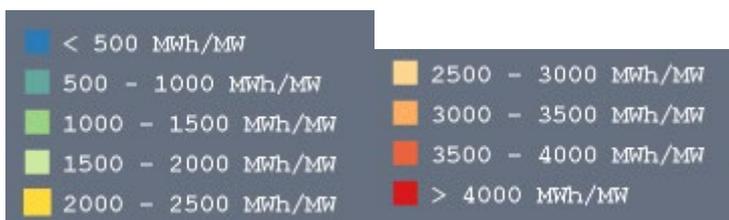
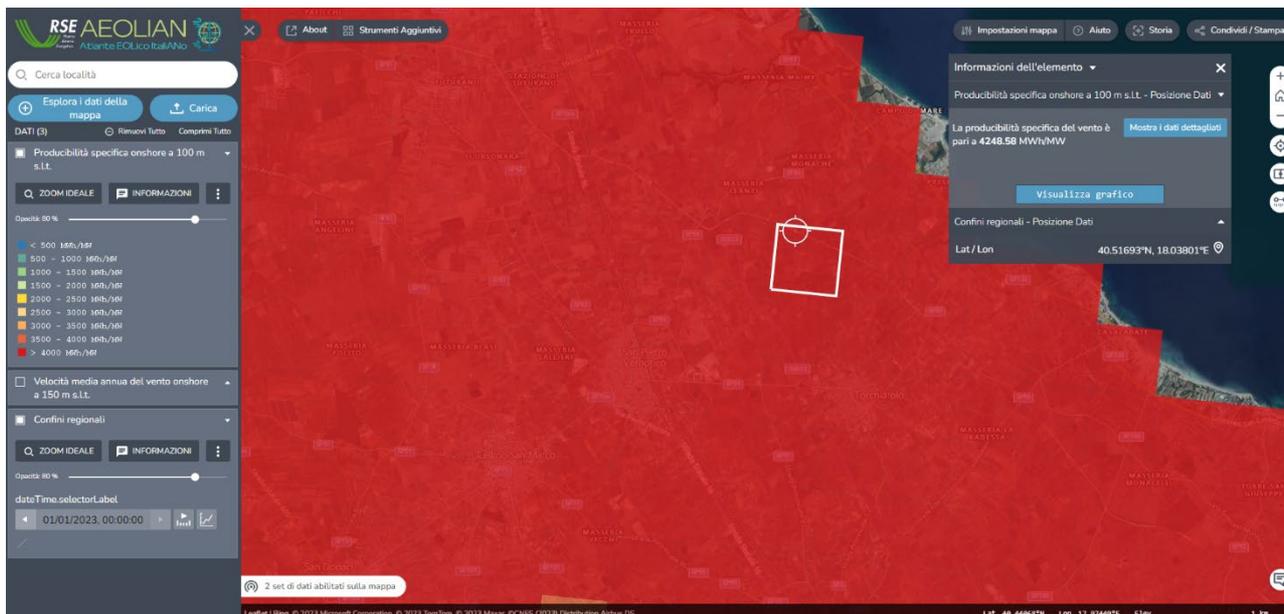
Si specifica che è stato scelto come rappresentazione delle velocità media quella a livello 150m, in quanto più rappresentativo del vento all'altezza del mozzo del rotore della turbina eolica individuata, ovvero la piattaforma Vestas EnVentus V172-7.2 con altezza all'hub pari a 150 m e diametro del rotore pari a 172 m. In Figura, si può osservare una certa omogeneità della carta nell'area di progetto, che riporta una ventosità tra 7 e 8 m/s.

Con riferimento alla Figura successiva si evidenzia, invece, un **valore di producibilità specifico annuo a 100m s.l.t. decisamente superiore a 2.250 MWh/MW**.



Atlante eolico AEOLIAN: Velocità del vento misurata a 150 m s.l.t.





*Atlante eolico AEOLIAN: Produttività specifica onshore a 100 m s.l.t.*



## 4 VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA PRODUZIONE ATTESA

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti dalla valutazione preliminare della produzione attesa dell'impianto, stimata con la configurazione richiesta, usando la distribuzione di frequenza di lungo periodo ottenuta all'altezza mozzo proposta.

Le produzioni tengono conto delle perdite per effetto della scia che si genera internamente tra gli aerogeneratori dell'impianto, nonché delle perdite dovute alla densità dell'aria alla quota del sito.

In particolare, le tabelle riportano le seguenti informazioni:

**Site ID:** numero identificativo dell'aerogeneratore nelle tavole

**Site X [m]:** longitudine E in coordinate UTM-WGS84, Fuso 33

**Site Y [m]:** latitudine N in coordinate UTM-WGS84, Fuso 33

**Elev. [m]:** quota sul livello del mare in m

**HH [m]:** altezza del mozzo in m

**V [m/s]:** velocità media del vento stimata dal modello all'altezza del mozzo

**Gross [GWh]:** produzione lorda attesa

**Net [GWh]:** produzione attesa al netto delle perdite per effetto scia

**Loss [%]:** perdita percentuale di produzione per effetto scia

**Net Hours [h]:** produzione specifica attesa al netto delle perdite per scia (ore/anno)

*Produzione attesa Vestas V172-7.2 MW*

ID	WTG	X [m]	Y [m]	Elev. [m]	HH [m]	V [m/s]	Gross [MWh]	Net [GWh]	Loss [%]	
1	TR06	755.598,00	4.488.051,00	33,00	150,00	6,24	19.010,89	18.897,50	0,60	
2	TR05	757.334,00	4.489.363,00	23,00	150,00	6,20	18.639,36	17.518,20	6,40	
3	TR04	758.157,00	4.489.144,00	20,10	150,00	6,22	18.695,90	17.295,00	8,10	
4	TR03	756.439,00	4.489.215,00	27,00	150,00	6,18	18.559,25	17.794,10	4,30	
5	TR02	756.491,00	4.489.923,00	27,00	150,00	6,21	18.789,48	17.911,80	4,90	
6	TR01	757.247,00	4.490.196,00	22,20	150,00	6,25	18.979,04	17.938,60	5,80	
7	TR07	757.887,00	4.490.094,00	19,70	150,00	6,27	19.120,34	18.244,60	4,80	
						<b>Media</b>	<b>6,2</b>	<b>18.827,7</b>	<b>17.942,8</b>	<b>5,0</b>
								<b>Totale</b>	<b>125.599,80</b>	

Alla producibilità netta sopra riportata e pari a **125.600 MWh/anno**, corrisponde un valore di ore equivalenti annuo pari a **2.492 h/y**. Si evidenzia che questa produzione di energia tiene conto delle solo perdite dovute agli effetti scia, mentre non sono incluse altre tipologie di perdite.

Si allegano di seguito i report delle elaborazioni effettuate relativamente ai dati meteo dell'intorno considerato e alla producibilità attesa.



Project:

WON025\_Torchiarolo\_AA\_prod

Licensed user:

Iron solar s.r.l.

via Lanzone, 31

IT-20122 Milano

+393487125089

Fabio Paccapelo / francesca.saccarola@hopegroup.it

Calculated:

12/12/2023 10:42/3.6.377

## PARK - Main Result

### Setup

AEP scaled to a full year based on number of samples  
Scaling factor from 30,9 years to 1 year: 0,032

Calculation performed in UTM (north)-WGS84 Zone: 34

At the site centre the difference between grid north and true north is: -1,9°

### Wake

Wake Model: N.O. Jensen (RISØ/EMD) Park 2 2018

Wake decay constant

Wake decay constant: 0,090 DTU default onshore Hub height independent

Reference WTG: VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IO! hub: 150,0 m (TOT: 236,0 m) (2)

### Scaler/wind data

Name	EMD Default Measurement Mast Scaler
Terrain scaling	Measured Data Scaling (WASP Stability / A-Parameter)
Micro terrain flow model	WASP IBZ from Site Data
Used period	01/01/1993 01:00:00 - 16/11/2023
Meteo object(s)	ERA5(T) Rectangular Grid_N40,50_E018,00, 100,00m - calculator
Displacement height: Sector-wise from calculator	calculator
WASP version	WASP 12 Version 12.08.0032

### Power correction

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

	Min	Max	Avg	Corr.	Neg. corr.	Pos. corr.
				[%]	[%]	[%]
Air density						
ERA5(T) Rectangular Grid_N40,50_E018,00 - 2,00 m	[°C]	-2,9	42,8	17,3		
From air density settings	[hPa]	990,1	994,9	992,7		
Resulting air density	[kg/m³]	1,096	1,278	1,191		
Relative to 15°C at sea level	[%]	89,5	104,3	97,3	-2,0	-2,1



(C) OpenStreetMap contributors, Data OpenStreetMap and contributors, ODbL

▲ New WTG

### Calculated Annual Energy for Wind Farm

WTG combination	Result PARK [MWh/y]	GROSS (no loss) Free WTGs [MWh/y]	Wake loss [%]	Specific results <sup>a)</sup>		Wind speed		
				Capacity factor [%]	Mean WTG result [MWh/y]	Full load hours [Hours/year]	free [m/s]	wake reduced [m/s]
Wind farm	125.599,9	132.188,5	5,0	28,4	17.942,8	2.492	6,2	6,1

<sup>a)</sup> Based on wake reduced results and any curtailments.

### Calculated Annual Energy for each of 7 new WTGs with total 50,4 MW rated power

WTG type	Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Displacement height [m]	Power curve Creator	Name	Annual Energy		Wind speed	
										Result [MWh/y]	Wake loss [%]	free [m/s]	reduced [m/s]
1 Yes	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	150,0	Sector wise	EMD	Level 0 & OS - Calculated - PO7200 - 07-2022	18.897,5	0,6	6,24	6,21	
2 Yes	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	150,0	Sector wise	EMD	Level 0 & OS - Calculated - PO7200 - 07-2022	17.518,2	6,4	6,20	5,99	
3 Yes	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	150,0	Sector wise	EMD	Level 0 & OS - Calculated - PO7200 - 07-2022	17.295,0	8,1	6,22	5,99	
4 Yes	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	150,0	Sector wise	EMD	Level 0 & OS - Calculated - PO7200 - 07-2022	17.794,1	4,3	6,18	6,03	
5 Yes	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	150,0	Sector wise	EMD	Level 0 & OS - Calculated - PO7200 - 07-2022	17.911,8	4,9	6,21	6,06	
6 Yes	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	150,0	Sector wise	EMD	Level 0 & OS - Calculated - PO7200 - 07-2022	17.938,6	5,8	6,25	6,08	
7 Yes	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	150,0	Sector wise	EMD	Level 0 & OS - Calculated - PO7200 - 07-2022	18.244,6	4,8	6,27	6,13	

Annual Energy results includes shown losses. For expected NET AEP (expected sold production), see report Loss & Uncertainty.

### WTG siting

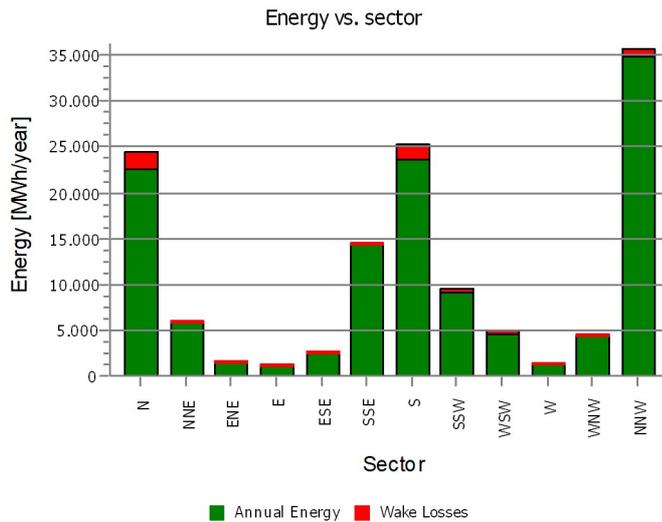
	UTM (north)-WGS84 Zone: 33				Z	Row data/Description	Calculation period	
	Easting	Northing					Start	End
1 New	755.598	4.488.051	33,0	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IO!	hub: 150,0 m (TOT: 236,0 m) (2)	01/01/1993	16/11/2023	
2 New	757.334	4.489.363	23,0	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IO!	hub: 150,0 m (TOT: 236,0 m) (3)	01/01/1993	16/11/2023	
3 New	758.157	4.489.144	20,1	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IO!	hub: 150,0 m (TOT: 236,0 m) (4)	01/01/1993	16/11/2023	
4 New	756.439	4.489.215	27,0	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IO!	hub: 150,0 m (TOT: 236,0 m) (5)	01/01/1993	16/11/2023	
5 New	756.491	4.489.923	27,0	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IO!	hub: 150,0 m (TOT: 236,0 m) (6)	01/01/1993	16/11/2023	
6 New	757.247	4.490.196	22,2	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IO!	hub: 150,0 m (TOT: 236,0 m) (7)	01/01/1993	16/11/2023	
7 New	757.887	4.490.094	19,7	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 IO!	hub: 150,0 m (TOT: 236,0 m) (1)	01/01/1993	16/11/2023	

## PARK - Production Analysis

WTG: All new WTGs, Air density varies with WTG position 1,196 kg/m<sup>3</sup> - 1,198 kg/m<sup>3</sup>

### Directional Analysis

Sector		0 N	1 NNE	2 ENE	3 E	4 ESE	5 SSE	6 S	7 SSW	8 WSW	9 W	10 WNW	11 NNW	Total
Model based energy	[MWh]	24.513,9	6.104,7	1.639,3	1.188,9	2.600,1	14.465,1	25.300,1	9.633,2	4.983,6	1.508,6	4.572,6	35.678,5	132.188,5
-Decrease due to wake losses	[MWh]	1.824,0	245,7	110,2	126,5	137,5	245,1	1.635,0	553,8	350,9	188,1	288,1	883,7	6.588,7
Resulting energy	[MWh]	22.689,9	5.859,0	1.529,1	1.062,4	2.462,5	14.220,0	23.665,1	9.079,4	4.632,7	1.320,5	4.284,4	34.794,9	125.599,8
Specific energy	[kWh/m <sup>2</sup> ]													772
Specific energy	[kWh/kW]													2.492
Decrease due to wake losses	[%]	7,4	4,0	6,7	10,6	5,3	1,7	6,5	5,7	7,0	12,5	6,3	2,5	4,98
Full Load Equivalent	[Hours/year]	450	116	30	21	49	282	470	180	92	26	85	690	2.492



Project:

WON025\_Torchiarolo\_AA\_prod

Licensed user:

Iron solar s.r.l.

via Lanzone, 31

IT-20122 Milano

+393487125089

Fabio Paccapelo / francesca.saccarola@hopegroup.it

Calculated:

12/12/2023 10:42/3.6.377

## PARK - Power Curve Analysis

WTG: 1 - VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O!, Hub height: 150,0 m

Name: Level 0 & OS - Calculated - PO7200 - 07-2022

Source: Manufacturer

Source/Date	Created by	Created	Edited	Stop wind speed [m/s]	Power control	CT curve type	Generator type	Specific power kW/m <sup>2</sup>
08/07/2022	EMD	25/02/2022	06/10/2022	25,0	Pitch	User defined	Variable	0,31

Based Vestas Document no.: 0127-1584 V01.

HP curve comparison - Note: For standard air density

Vmean	[m/s]	5	6	7	8	9	10
HP value Pitch, variable speed (2013)	[MWh]	11.840	18.085	24.147	29.566	34.148	37.822
VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! Level 0 & OS - Calculated - PO7200 - 07-2022	[MWh]	11.639	17.897	23.956	29.281	33.613	36.862
Check value	[%]	2	1	1	1	2	3

The table shows comparison between annual energy production calculated on basis of simplified "HP-curves" which assume that all WTGs performs quite similar - only specific power loading (kW/m<sup>2</sup>) and single/dual speed or stall/pitch decides the calculated values. Productions are without wake losses.

For further details, ask at the Danish Energy Agency for project report J.nr. 51171/00-0016 or see the windPRO manual.

The method is refined in EMD report "20 Detailed Case Studies comparing Project Design Calculations and actual Energy Productions for Wind Energy Projects worldwide", jan 2003.

Use the table to evaluate if the given power curve is reasonable - if the check value are lower than -5%, the power curve probably is too optimistic due to uncertainty in power curve measurement.

### Power curve

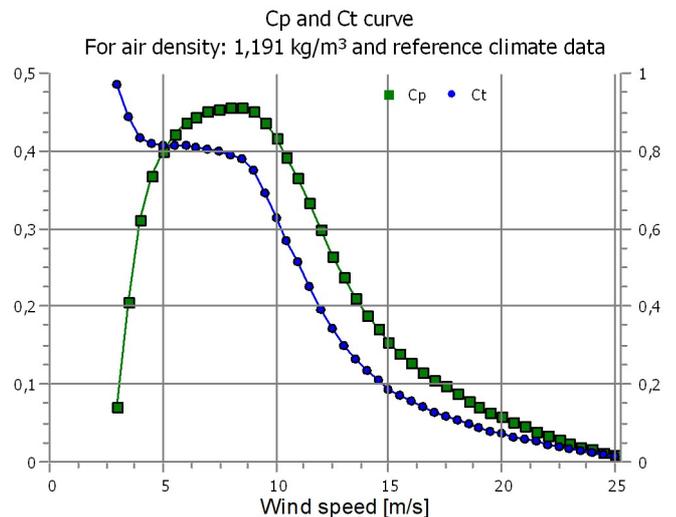
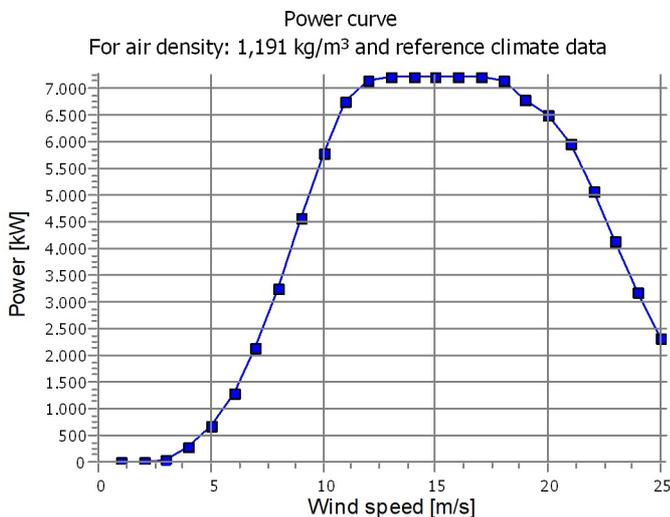
Original data, Air density: 1,225 kg/m<sup>3</sup>

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Cp	Wind speed [m/s]	Ct curve
3,0	32,0	0,08	3,0	0,97
3,5	129,0	0,21	3,5	0,89
4,0	288,0	0,32	4,0	0,83
4,5	481,0	0,37	4,5	0,82
5,0	715,0	0,40	5,0	0,81
5,5	999,0	0,42	5,5	0,82
6,0	1.340,0	0,44	6,0	0,81
6,5	1.739,0	0,44	6,5	0,81
7,0	2.203,0	0,45	7,0	0,81
7,5	2.729,0	0,45	7,5	0,80
8,0	3.324,0	0,46	8,0	0,79
8,5	3.986,0	0,46	8,5	0,78
9,0	4.685,0	0,45	9,0	0,75
9,5	5.314,0	0,44	9,5	0,69
10,0	5.904,0	0,41	10,0	0,63
10,5	6.441,0	0,39	10,5	0,57
11,0	6.854,0	0,36	11,0	0,51
11,5	7.078,0	0,33	11,5	0,45
12,0	7.160,0	0,29	12,0	0,39
12,5	7.195,0	0,26	12,5	0,34
13,0	7.200,0	0,23	13,0	0,30
13,5	7.200,0	0,21	13,5	0,26
14,0	7.200,0	0,18	14,0	0,24
14,5	7.200,0	0,17	14,5	0,21
15,0	7.200,0	0,15	15,0	0,19
15,5	7.200,0	0,14	15,5	0,17
16,0	7.200,0	0,12	16,0	0,16
16,5	7.200,0	0,11	16,5	0,14
17,0	7.200,0	0,10	17,0	0,13
17,5	7.194,0	0,09	17,5	0,12
18,0	7.124,0	0,09	18,0	0,11
18,5	6.959,0	0,08	18,5	0,10
19,0	6.789,0	0,07	19,0	0,09
19,5	6.630,0	0,06	19,5	0,08
20,0	6.472,0	0,06	20,0	0,07
20,5	6.262,0	0,05	20,5	0,07
21,0	5.946,0	0,05	21,0	0,06
21,5	5.538,0	0,04	21,5	0,05
22,0	5.069,0	0,03	22,0	0,05
22,5	4.597,0	0,03	22,5	0,04
23,0	4.121,0	0,02	23,0	0,03
23,5	3.636,0	0,02	23,5	0,03
24,0	3.169,0	0,02	24,0	0,02
24,5	2.718,0	0,01	24,5	0,02
25,0	2.328,0	0,01	25,0	0,02

### Power and efficiency vs. wind speed

Data used in calculation, Mean air density: 1,191 kg/m<sup>3</sup>

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Cp
1,0	0,0	0,00
2,0	0,0	0,00
3,0	26,3	0,07
4,0	275,5	0,31
5,0	692,1	0,40
6,0	1.299,9	0,44
7,0	2.139,4	0,45
8,0	3.229,9	0,46
9,0	4.550,6	0,45
10,0	5.758,1	0,42
11,0	6.720,0	0,37
12,0	7.126,6	0,30
13,0	7.197,7	0,24
14,0	7.200,0	0,19
15,0	7.200,0	0,15
16,0	7.200,0	0,13
17,0	7.200,0	0,11
18,0	7.124,0	0,09
19,0	6.789,0	0,07
20,0	6.472,0	0,06
21,0	5.946,0	0,05
22,0	5.069,0	0,03
23,0	4.121,0	0,02
24,0	3.169,0	0,02
25,0	2.328,0	0,01



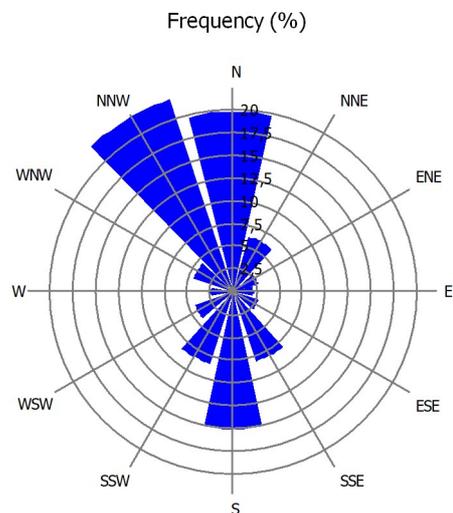
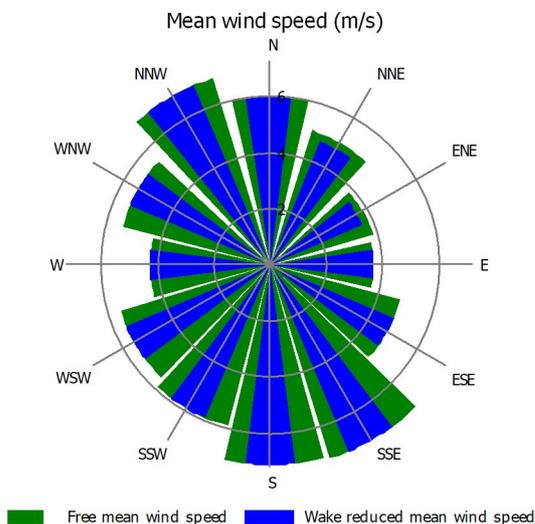
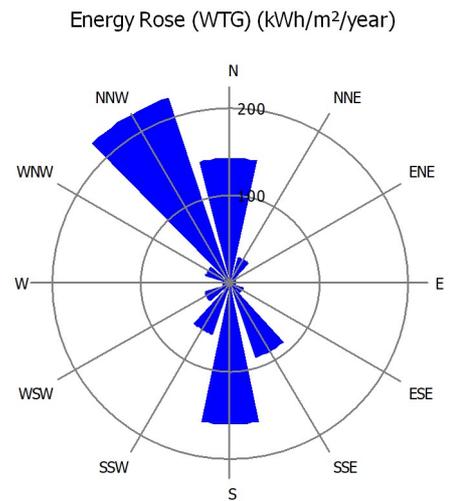
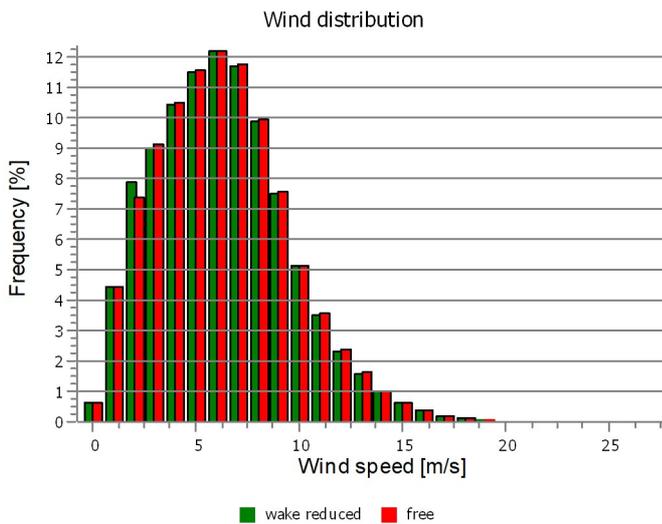
## PARK - Wind Data Analysis

Wind data: 1 - VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 150,0 m (TOT: 236,0 m) (2); Hub height: 150,0

Site coordinates  
UTM (north)-WGS84 Zone: 33  
East: 755.598 North: 4.488.051  
VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 150,0 m (TOT: 236,0 m) (2)  
Masts used  
Take nearest

### Winddata for site

Sector	Free mean wind speed [m/s]	Wake reduced mean wind speed [m/s]	Frequency [%]
0 N	6,1	6,1	20,0
1 NNE	5,1	4,8	6,3
2 ENE	3,9	3,6	2,9
3 E	3,7	3,7	2,2
4 ESE	4,8	4,8	2,9
5 SSE	7,3	7,3	8,1
6 S	7,2	7,2	15,2
7 SSW	6,0	6,0	8,4
8 WSW	5,6	5,6	4,5
9 W	4,3	4,3	2,5
10 WNW	5,5	5,5	4,6
11 NNW	7,0	7,0	22,4
All	6,2	6,2	100,0



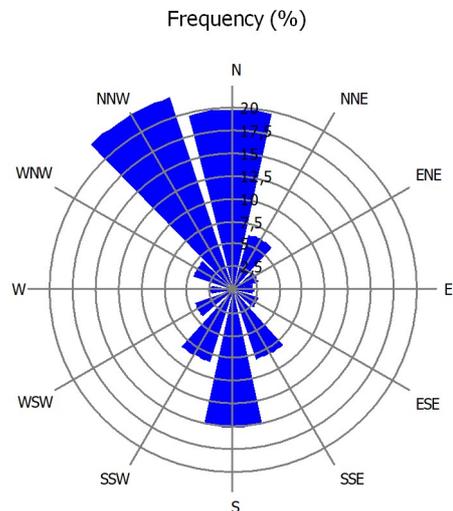
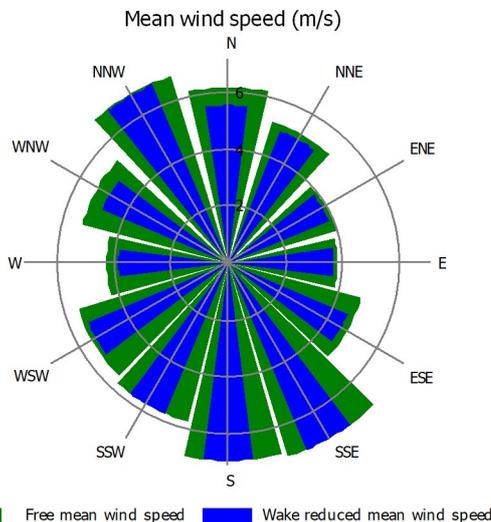
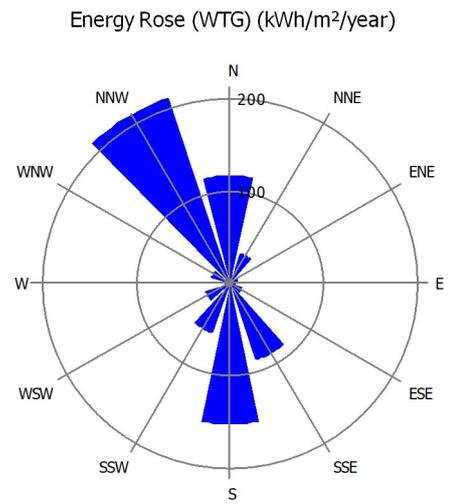
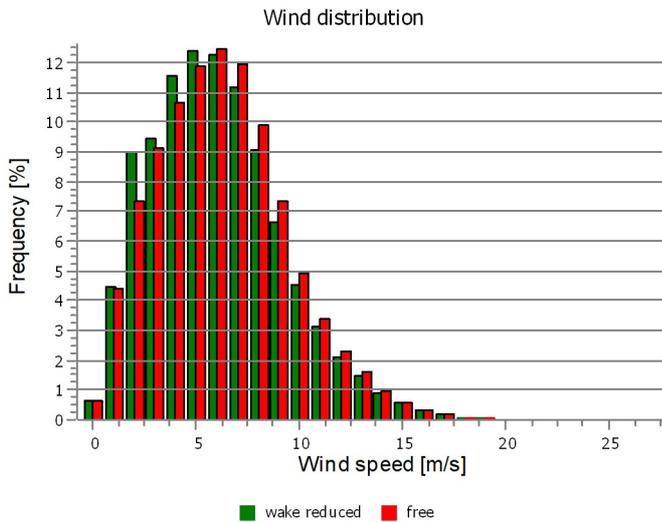
## PARK - Wind Data Analysis

Wind data: 2 - VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 150,0 m (TOT: 236,0 m) (3); Hub height: 150,0

Site coordinates  
UTM (north)-WGS84 Zone: 33  
East: 757.334 North: 4.489.363  
VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 150,0 m (TOT: 236,0 m) (3)  
Masts used  
Take nearest

### Winddata for site

Sector	Free mean wind speed [m/s]	Wake reduced mean wind speed [m/s]	Frequency [%]
0 N	6,2	5,6	20,0
1 NNE	5,2	5,0	6,3
2 ENE	4,0	3,9	2,9
3 E	3,9	3,7	2,2
4 ESE	4,8	4,6	2,9
5 SSE	7,2	7,2	8,1
6 S	7,0	7,0	15,2
7 SSW	5,8	5,8	8,4
8 WSW	5,5	5,4	4,5
9 W	4,3	3,9	2,5
10 WNW	5,3	4,9	4,6
11 NNW	6,9	6,9	22,4
All	6,2	6,0	100,0



## PARK - WTG distances

### WTG distances

Z	Nearest WTG	Z	Horizontal distance	Distance in rotor diameters	
[m]		[m]	[m]		
1	33,0	4	27,0	1.435	8,3
2	23,0	6	22,2	838	4,9
3	20,1	2	23,0	851	4,9
4	27,0	5	27,0	710	4,1
5	27,0	4	27,0	710	4,1
6	22,2	7	19,7	648	3,8
7	19,7	6	22,2	648	3,8
Min	19,7		19,7	648	3,8
Max	33,0		27,0	1.435	8,3



 New WTG

Scale 1:40.000

Project:

WON025\_Torchiarolo\_AA\_prod

Licensed user:

Iron solar s.r.l.

via Lanzone, 31

IT-20122 Milano

+393487125089

Fabio Paccapelo / francesca.saccarola@hopegroup.it

Calculated:

12/12/2023 10:42/3.6.377

## PARK - Time varying AEP

Windfarm: 50,4 MW based on 7 turbines of type VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O!.

Selection: All new WTGs

Calculated mean yield per month and hour [MWh]. The result includes wake losses and any curtailment losses.

Values are scaled to a full year, see correction factors at main result page.

Hour/Month [MWh]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Grand Total
0	620	608	618	512	420	322	352	314	345	441	553	613	5.717
1	617	605	610	504	415	328	361	316	334	429	548	608	5.673
2	617	602	607	500	414	341	374	327	337	426	545	606	5.696
3	621	599	608	499	421	359	388	336	339	426	541	605	5.741
4	621	599	611	501	427	366	395	342	340	427	540	606	5.774
5	614	596	612	506	426	371	402	347	340	432	538	604	5.786
6	610	589	604	475	360	295	325	300	324	426	531	603	5.443
7	603	583	577	417	305	265	283	245	288	410	531	597	5.105
8	575	522	472	375	287	249	270	225	252	334	486	567	4.614
9	529	475	493	387	292	245	271	215	259	350	458	526	4.501
10	494	490	485	390	293	242	270	210	254	345	472	498	4.444
11	543	508	495	402	315	284	329	263	279	350	486	533	4.787
12	553	521	511	415	319	281	320	261	281	356	498	545	4.861
13	558	527	524	425	322	282	323	265	289	362	497	544	4.919
14	562	536	536	436	333	286	337	275	298	368	493	546	5.007
15	552	532	540	437	340	293	349	282	305	367	481	525	5.003
16	556	535	544	438	345	301	358	291	308	372	496	544	5.088
17	561	527	522	413	331	292	344	278	285	373	511	555	4.992
18	592	567	577	433	330	277	325	266	304	412	534	573	5.189
19	597	575	599	454	346	259	298	259	312	419	534	579	5.230
20	604	585	615	476	381	289	326	284	328	430	537	586	5.440
21	602	584	611	479	388	288	323	284	325	429	535	588	5.435
22	600	585	606	485	400	297	333	294	327	429	535	586	5.477
23	614	604	619	506	411	310	344	309	353	447	556	604	5.677
Grand Total	14.015	13.452	13.596	10.865	8.621	7.124	7.999	6.788	7.404	9.560	12.435	13.741	125.600

Hour/Month [MW]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Grand Total
0	20,0	21,7	19,9	17,1	13,5	10,7	11,4	10,1	11,5	14,2	18,4	19,8	15,7
1	19,9	21,6	19,7	16,8	13,4	10,9	11,6	10,2	11,1	13,8	18,3	19,6	15,5
2	19,9	21,5	19,6	16,7	13,4	11,4	12,1	10,5	11,2	13,7	18,2	19,5	15,6
3	20,0	21,4	19,6	16,6	13,6	12,0	12,5	10,8	11,3	13,7	18,0	19,5	15,7
4	20,0	21,4	19,7	16,7	13,8	12,2	12,7	11,0	11,3	13,8	18,0	19,6	15,8
5	19,8	21,3	19,7	16,9	13,7	12,4	13,0	11,2	11,3	13,9	17,9	19,5	15,9
6	19,7	21,0	19,5	15,8	11,6	9,8	10,5	9,7	10,8	13,7	17,7	19,5	14,9
7	19,5	20,8	18,6	13,9	9,8	8,8	9,1	7,9	9,6	13,2	17,7	19,3	14,0
8	18,6	18,7	15,2	12,5	9,3	8,3	8,7	7,3	8,4	10,8	16,2	18,3	12,6
9	17,1	17,0	15,9	12,9	9,4	8,2	8,7	6,9	8,6	11,3	15,3	17,0	12,3
10	15,9	17,5	15,7	13,0	9,5	8,1	8,7	6,8	8,5	11,1	15,7	16,1	12,2
11	17,5	18,1	16,0	13,4	10,2	9,5	10,6	8,5	9,3	11,3	16,2	17,2	13,1
12	17,9	18,6	16,5	13,8	10,3	9,4	10,3	8,4	9,4	11,5	16,6	17,6	13,3
13	18,0	18,8	16,9	14,2	10,4	9,4	10,4	8,5	9,6	11,7	16,6	17,6	13,5
14	18,1	19,1	17,3	14,5	10,7	9,5	10,9	8,9	9,9	11,9	16,4	17,6	13,7
15	17,8	19,0	17,4	14,6	11,0	9,8	11,3	9,1	10,2	11,8	16,0	16,9	13,7
16	17,9	19,1	17,5	14,6	11,1	10,0	11,6	9,4	10,3	12,0	16,5	17,5	13,9
17	18,1	18,8	16,9	13,8	10,7	9,7	11,1	9,0	9,5	12,0	17,0	17,9	13,7
18	19,1	20,2	18,6	14,4	10,6	9,2	10,5	8,6	10,1	13,3	17,8	18,5	14,2
19	19,3	20,5	19,3	15,1	11,2	8,6	9,6	8,4	10,4	13,5	17,8	18,7	14,3
20	19,5	20,9	19,9	15,9	12,3	9,6	10,5	9,2	10,9	13,9	17,9	18,9	14,9
21	19,4	20,8	19,7	16,0	12,5	9,6	10,4	9,2	10,8	13,8	17,8	19,0	14,9
22	19,4	20,9	19,5	16,2	12,9	9,9	10,7	9,5	10,9	13,8	17,8	18,9	15,0
23	19,8	21,6	20,0	16,9	13,3	10,3	11,1	10,0	11,8	14,4	18,5	19,5	15,6
Grand Total	18,8	20,0	18,3	15,1	11,6	9,9	10,8	9,1	10,3	12,8	17,3	18,5	14,3

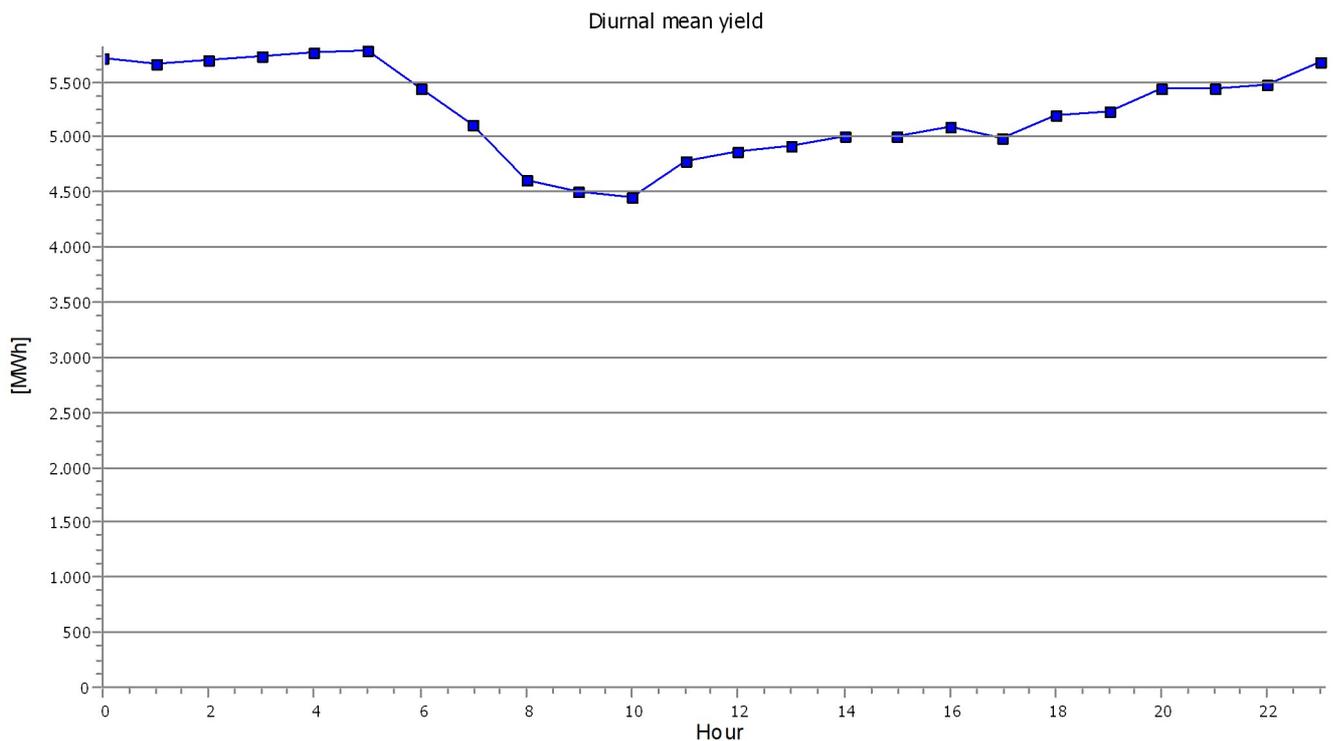
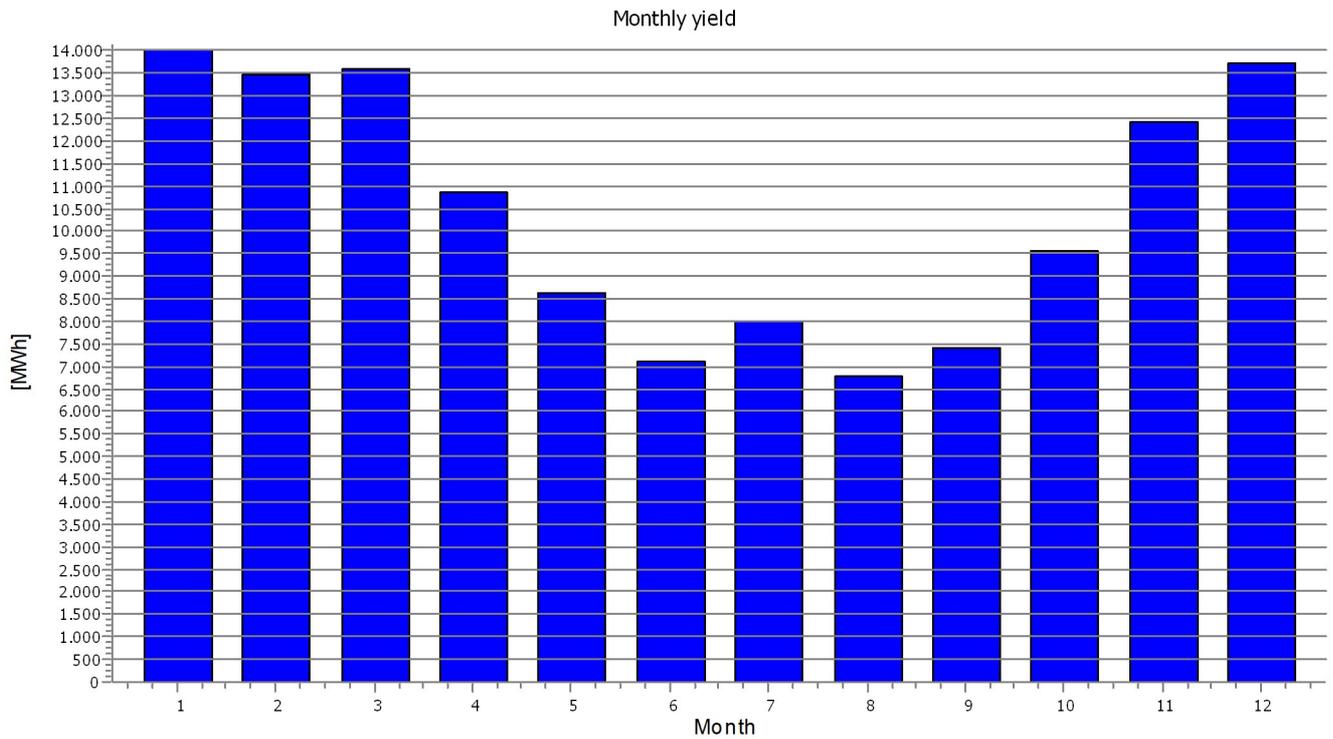
## PARK - Time varying AEP

Windfarm: 50,4 MW based on 7 turbines of type VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !0!.

Selection: All new WTGs

Calculated mean yield per month and hour [MWh]. The result includes wake losses and any curtailment losses.

Values are scaled to a full year, see correction factors at main result page.



## PARK - Time varying AEP

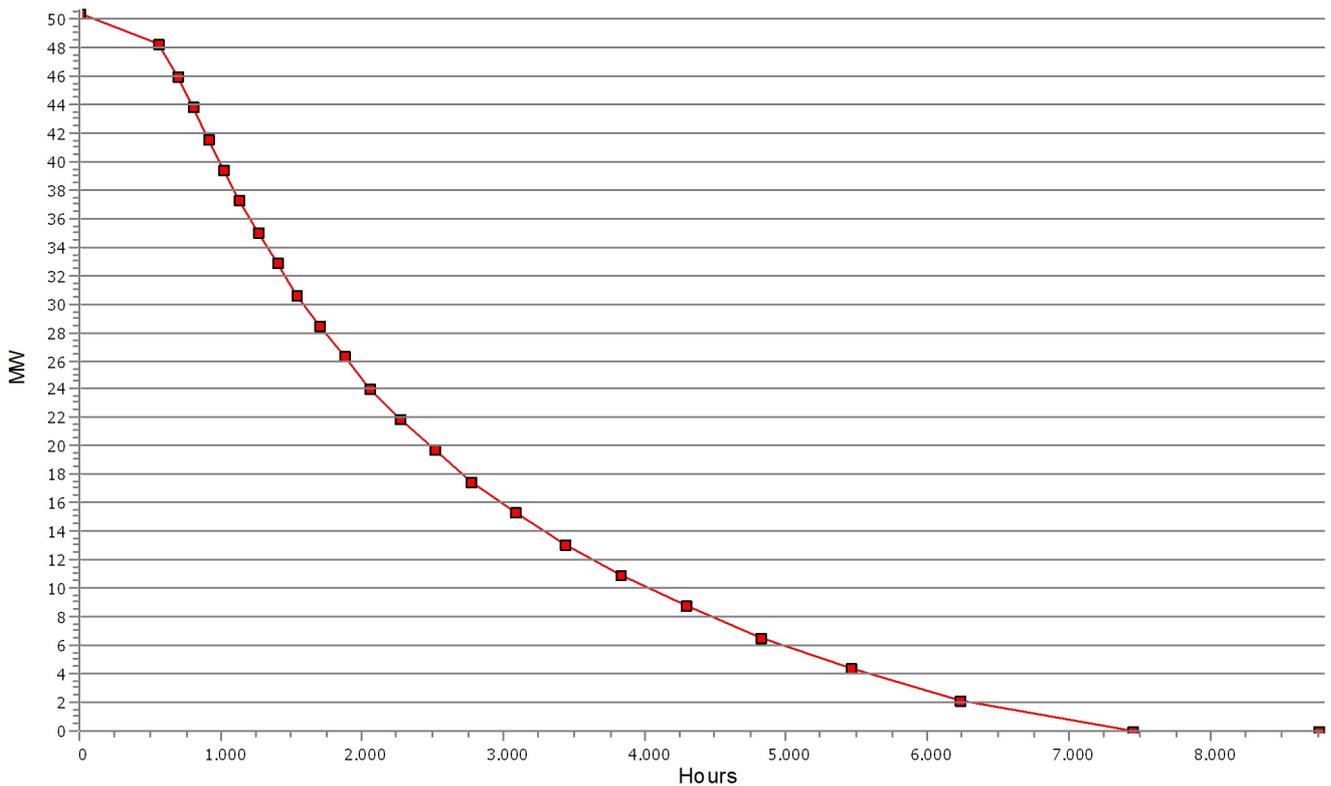
Windfarm: 50,4 MW based on 7 turbines of type VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !OI!

Selection: All new WTGs

Calculated mean yield per month and hour [MWh]. The result includes wake losses and any curtailment losses.

Hours	Hours [%]	Hours accumulated	Power [MW]	Power (MW/WTG)
0	0,0	0	50,4	7,2
561	6,4	561	48,2 - 50,4	6,9 - 7,2
129	1,5	690	46,0 - 48,2	6,6 - 6,9
110	1,3	801	43,8 - 46,0	6,3 - 6,6
105	1,2	905	41,6 - 43,8	5,9 - 6,3
111	1,3	1016	39,4 - 41,6	5,6 - 5,9
115	1,3	1131	37,3 - 39,4	5,3 - 5,6
128	1,5	1260	35,1 - 37,3	5,0 - 5,3
136	1,5	1395	32,9 - 35,1	4,7 - 5,0
144	1,6	1539	30,7 - 32,9	4,4 - 4,7
156	1,8	1696	28,5 - 30,7	4,1 - 4,4
171	1,9	1866	26,3 - 28,5	3,8 - 4,1
187	2,1	2053	24,1 - 26,3	3,4 - 3,8
211	2,4	2264	21,9 - 24,1	3,1 - 3,4
240	2,7	2504	19,7 - 21,9	2,8 - 3,1
267	3,1	2772	17,5 - 19,7	2,5 - 2,8
305	3,5	3077	15,3 - 17,5	2,2 - 2,5
351	4,0	3428	13,1 - 15,3	1,9 - 2,2
403	4,6	3831	11,0 - 13,1	1,6 - 1,9
460	5,2	4290	8,8 - 11,0	1,3 - 1,6
531	6,1	4822	6,6 - 8,8	0,9 - 1,3
634	7,2	5455	4,4 - 6,6	0,6 - 0,9
771	8,8	6226	2,2 - 4,4	0,3 - 0,6
1224	14,0	7450	0,0 - 2,2	0,0 - 0,3
1316	15,0	8766	0,0	0,0

Duration curve 50,4 MW WindFarm



Project:  
WON025\_Torchiarolo\_AA\_prod

Licensed user:  
Iron solar s.r.l.  
via Lanzone, 31  
IT-20122 Milano  
+393487125089  
Fabio Paccapelo / francesca.saccarola@hopegroup.it  
Calculated:  
12/12/2023 10:42/3.6.377

## PARK - Scaling info

### Scaler settings

Name	EMD Default Measurement Mast Scaler
Terrain scaling	Measured Data Scaling (WAsP Stability / A-Parameter)
RIX correction	No RIX correction
Displacement height	from calculator
Sector-wise from calculator	calculator
Micro terrain flow model	for Statgen

Site Data: for Statgen

Obstacles:

All obstacles used

Roughness:

Terrain data files used in calculation:

D:\...\Ufficio tecnico - Documenti\Progetti\WON025\_Torchiarolo\1\_Supporto\WindPro\Producibilità\ROUGHNESSLINE\_WON025\_Torchiarolo\_AA\_prod\_0.wpg  
Min X: 224.125, Max X: 272.227, Min Y: 4.466.746, Max Y: 4.511.695, Width: 48.102 m, Height: 44.950 m

Orography:

Terrain data files used in calculation:

D:\Nelke Srl\Ufficio tecnico - Documenti\Progetti\WON025\_Torchiarolo\1\_Supporto\WindPro\Producibilità\WON025\_Torchiarolo\_AA\_prod\_EMDGrid\_0.wpg  
Min X: 225.880, Max X: 269.083, Min Y: 4.466.617, Max Y: 4.509.307, Width: 43.203 m, Height: 42.690 m

Overall factor	1,0000
Overall offset	0,0000
By sector	No
By month	No
By hour	No
By wind speed	No

Project:

WON025\_Torchiarolo\_AA\_prod

Licensed user:

Iron solar s.r.l.

via Lanzone, 31

IT-20122 Milano

+393487125089

Fabio Paccapelo / francesca.saccarola@hopegroup.it

Calculated:

12/12/2023 10:42/3.6.377

## PARK - Displacement height

Sector-wise from calculator: calculator

Forest description is based on height grid object

WTG displacement height set to 1,00 of forest height.

WTG displacement height are adjusted to a factor of 50,0 of forest height in up wind direction.

WTG displacement height are adjusted to a factor of 25,0 of forest height in down wind direction.

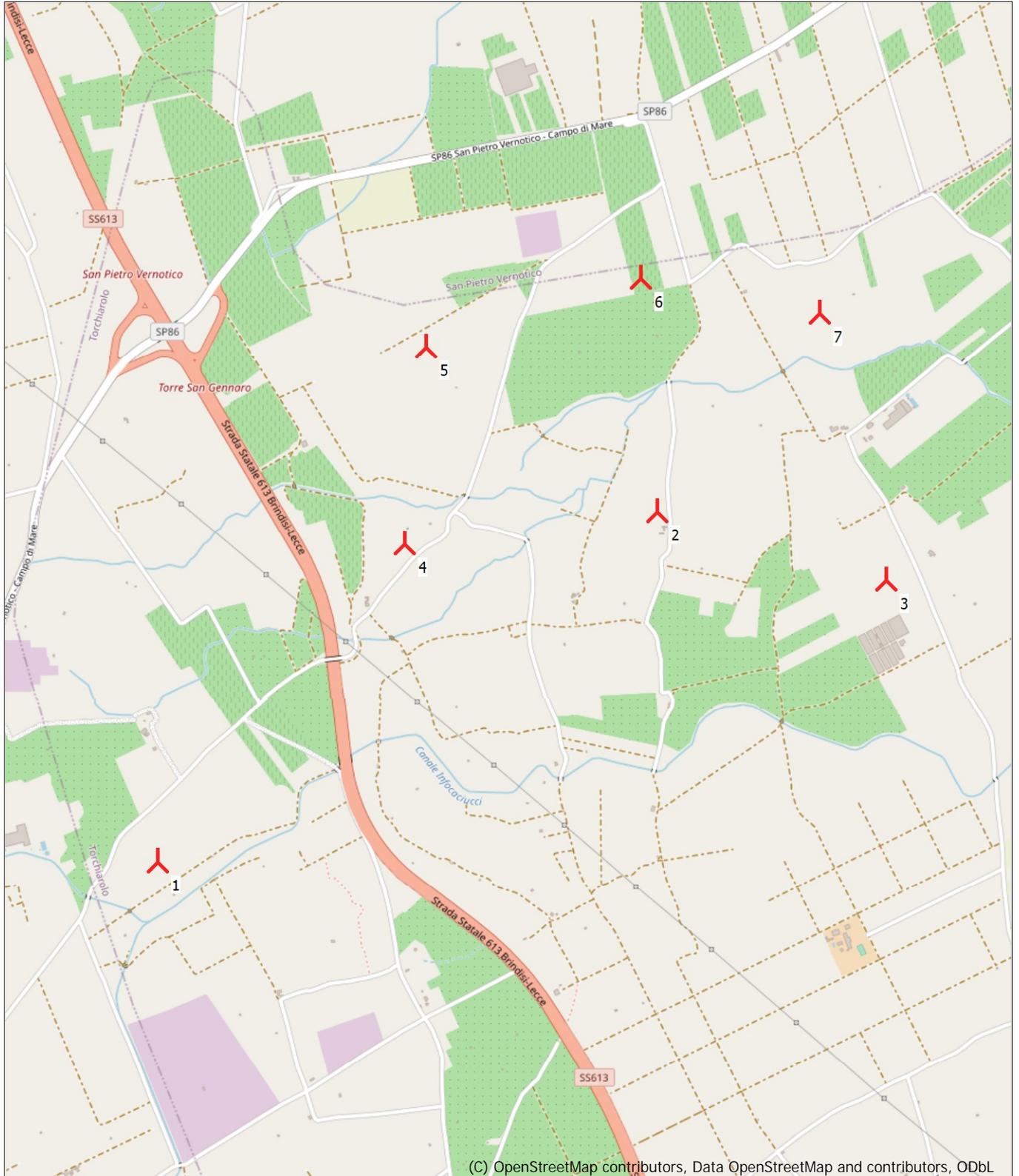
Sector wise displacement heights for masts

	DH (0)	DH (1)	DH (2)	DH (3)	DH (4)	DH (5)	DH (6)	DH (7)	DH (8)	DH (9)	DH (10)	DH (11)
	[m]	[m]										
ERA5(T) Rectangular Grid_N40,50_E018,00	4,00	4,00	4,00	4,04	4,61	4,33	4,00	4,00	4,00	4,46	5,31	4,43

Sector wise displacement heights for WTGs

Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	DH (0) [m]	DH (1) [m]	DH (2) [m]	DH (3) [m]	DH (4) [m]	DH (5) [m]	DH (6) [m]	DH (7) [m]	DH (8) [m]	DH (9) [m]	DH (10) [m]	DH (11) [m]
1 Yes	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	150,0	0,00	0,00	0,76	0,84	0,23	0,00	0,31	0,10	0,28	1,24	0,99	1,17
2 Yes	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	150,0	0,93	2,07	2,12	2,23	2,13	2,01	2,41	2,54	2,38	1,46	1,62	2,45
3 Yes	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	150,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4 Yes	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	150,0	0,57	0,00	0,00	0,51	1,15	2,83	1,57	0,16	0,05	0,00	0,00	1,16
5 Yes	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	150,0	3,45	3,41	3,20	2,73	2,76	2,90	2,90	2,82	2,70	2,45	3,20	3,45
6 Yes	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	150,0	1,37	1,10	0,12	1,51	2,60	2,81	2,96	2,90	1,21	0,00	0,41	1,05
7 Yes	VESTAS	V172-7.2-7.200	7.200	172,0	150,0	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

## PARK - Map



0 250 500 750 1000m

Map: EMD OpenStreetMap , Print scale 1:20.000, Map center UTM (north)-WGS84 Zone: 33 East: 756.878 North: 4.489.124

🚧 New WTG

## Relazione dati meteo - Risultati principali

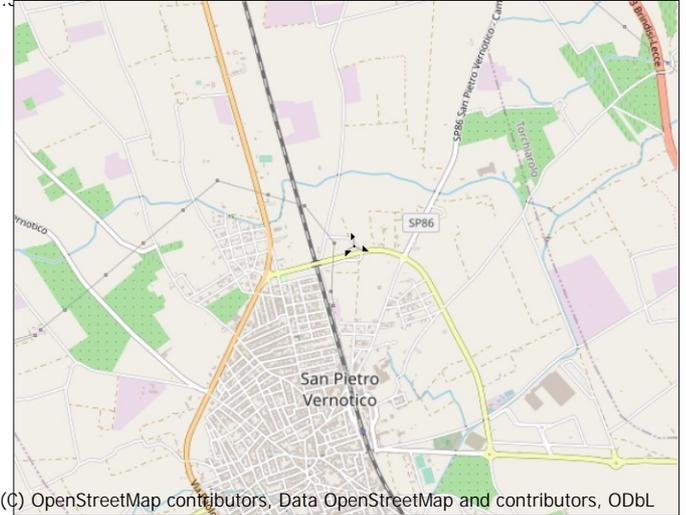
Palo di misura: ERA5(T) Rectangular Grid\_N40,50\_E018,00 (3) Periodo: Periodo completo: 01/01/1993 - 16/11/2023 (370,5 mesi)

Posizione del palo: UTM (north)-WGS84 Zone: 33 Est: 754.220 Nord: 4.487.579

Quote di misura e velocità del vento

I dati disabilitati non sono inclusi nella tabella

ID	Altezza [m]	Dati abilitati [%]	Dati	U_max [m/s]	U_media *) [m/s]
150,00m - D Synth	150,00	100,0	270624	24,4	6,2
100,00m - #)	100,00	100,0	270624	22,3	5,7
10,00m -	10,00	100,0	270624	14,5	3,5



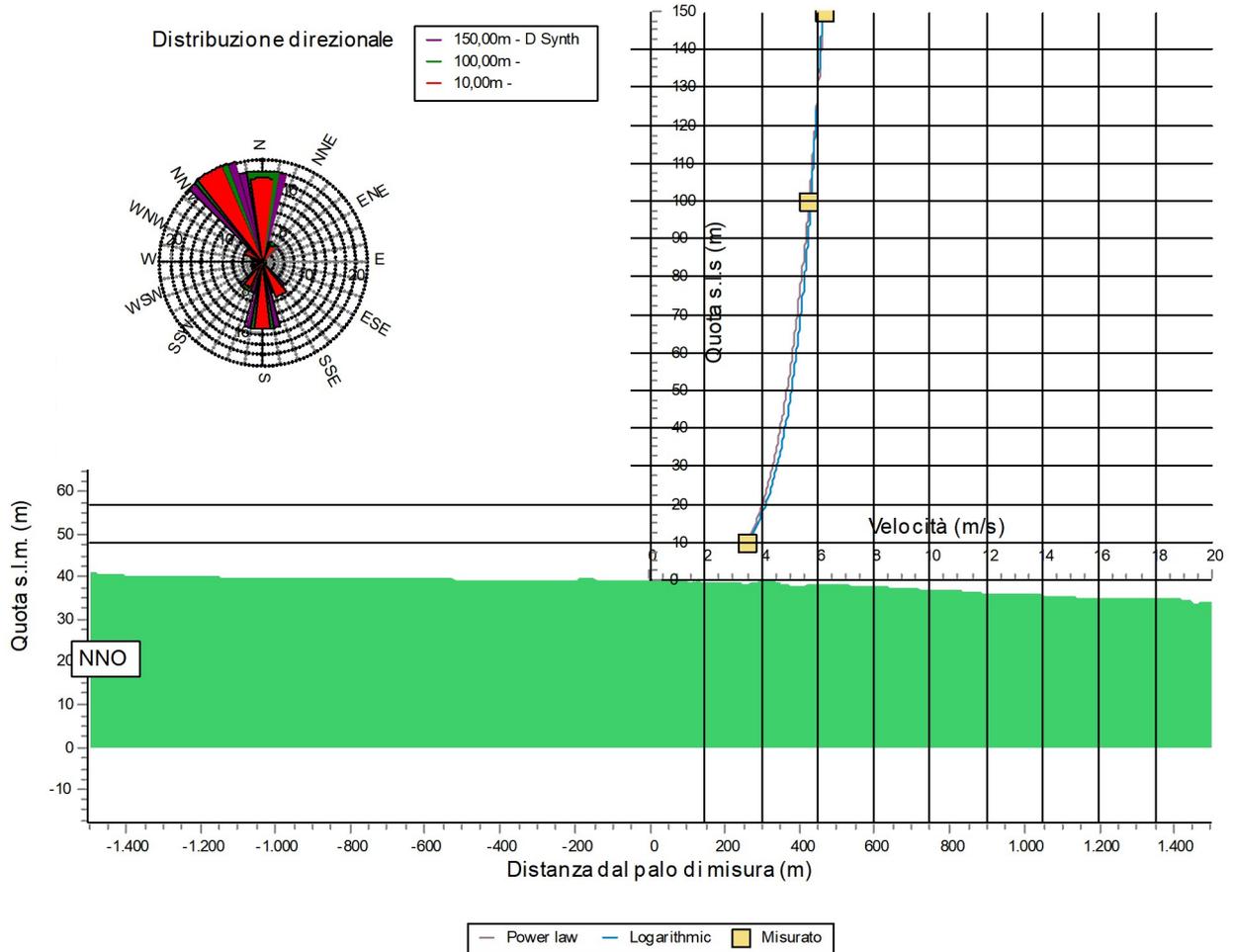
(C) OpenStreetMap contributors, Data OpenStreetMap and contributors, ODbL

Scala: 50.000

\*) U\_media è la semplice media aritmetica

#) Selezionata come altezza fissa nel grafico del profilo verticale

Profilo medio da tutti i dati simultanei, e profilo del terreno nella direzione prevalente alla quota: 150,00m - D Synth: NNO (a sinistra)



Parametri del miglior fit, basato su tutti i dati (i valori hanno piena validità solo su terreno pianeggiante):

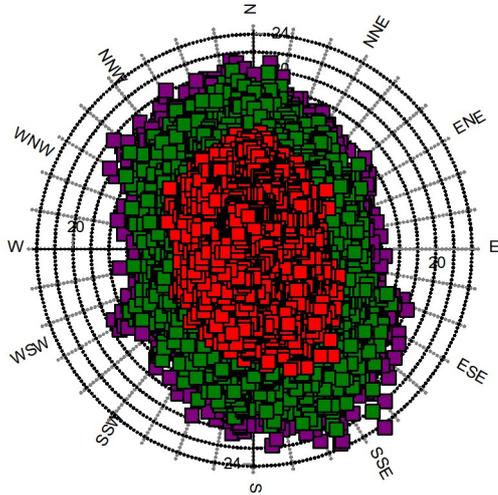
Esponente del gradiente 0,2143 (profilo a legge di potenza)

Lunghezza di rugosità 0,3062 m classe 2,81 (rugosità equivalente per il profilo logaritmico)

## Relazione dati meteo - Risultati principali

Palo di misura: ERA5(T) Rectangular Grid\_N40,50\_E018,00 (3) Periodo: Periodo completo: 01/01/1993 - 16/11/2023 (370,5 mesi)

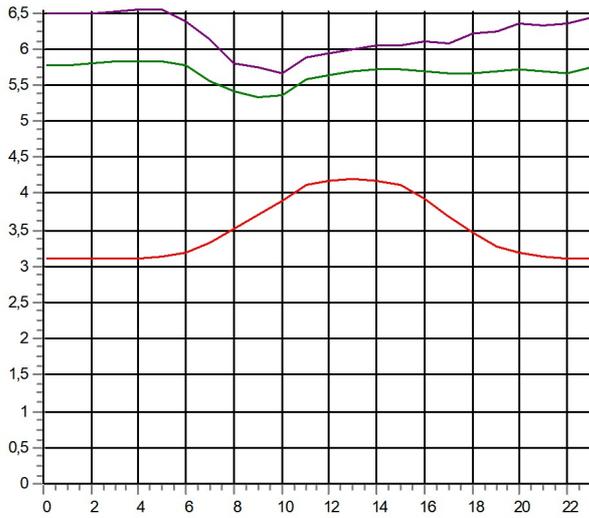
Distribuzione direzionale delle velocità



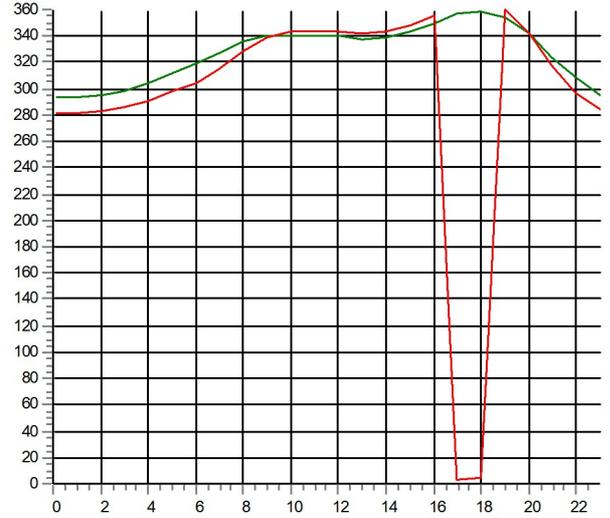
Statistica

Parametro	Unità	N. dati	Percentuale del totale [%]	Media	Weibull media	Weibull A	Weibull k
150,00m - D Synth Velocità media del vento, tutti i dati	m/s	270624	100,0	6,20	6,22	7,02	2,04
150,00m - D Synth Wind direction, tutti i dati	Gradi	270624	100,0	324,48			
150,00m - D Synth Wind shear, tutti i dati		270624	100,0	0,22			
150,00m - D Synth Wind shear, abilitati		247335	91,4	0,22			
100,00m - Velocità media del vento, tutti i dati	m/s	270624	100,0	5,67	5,68	6,41	2,03
100,00m - Wind direction, tutti i dati	Gradi	270624	100,0	324,48			
10,00m - Velocità media del vento, tutti i dati	m/s	270624	100,0	3,50	3,47	3,91	1,81
10,00m - Wind direction, tutti i dati	Gradi	270624	100,0	320,14			

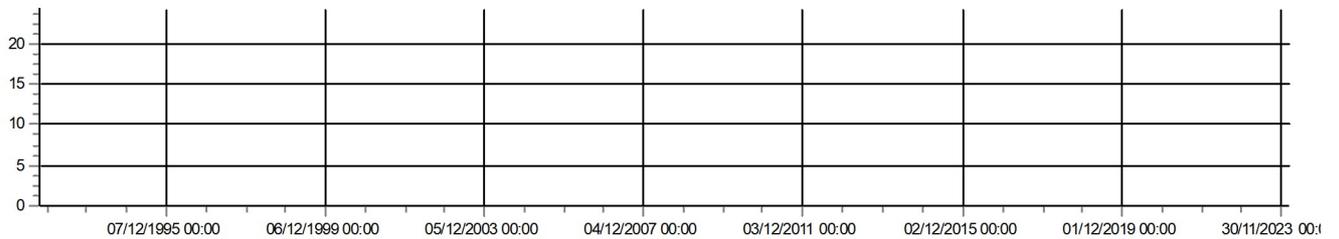
Velocità media oraria



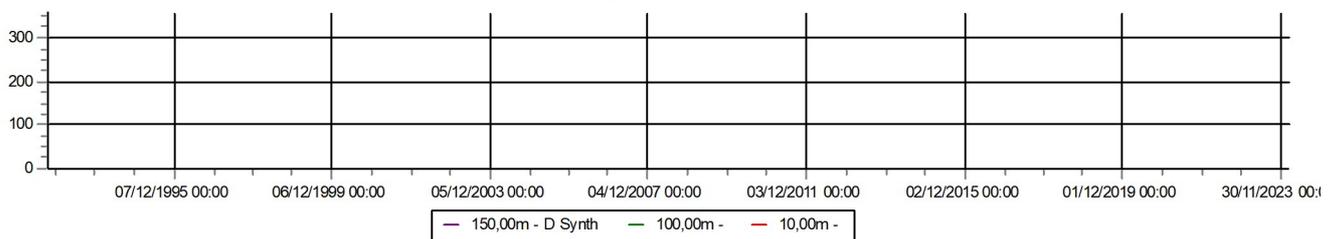
Direzione media oraria



Velocità, media: 10 minutes



Direzione, media: 10 minutes



Progetto:

WON025\_Torchiarolo\_AA\_prod

Utente autorizzato:

Iron solar s.r.l.

via Lanzo, 31

IT-20122 Milano

+393487125089

Fabio Paccapelo / francesca.saccarola@hopegroup.it

Redatto il:

05/12/2023 17:02

## Relazione dati meteo - Grafici della serie temporale

Palo di misura: ERA5(T) Rectangular Grid\_N40,50\_E018,00 (3) Periodo: Periodo completo: 01/01/1993 - 16/11/2023 (370,5 mesi)

## Relazione dati meteo - Velocità medie mensili

Palo di misura: ERA5(T) Rectangular Grid\_N40,50\_E018,00 (3) Periodo: Periodo completo: 01/01/1993 - 16/11/2023 (370,5 mesi)

### Velocità medie mensili

10,00m -

Mese	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Gennaio	3,24	4,02	3,92	4,00	3,48	2,91	3,58	3,54	3,94	3,41	4,09	4,38	3,65	3,45	3,37	3,77	3,54	4,12	3,15	3,97
Febbraio	3,67	4,05	3,60	3,66	3,80	3,74	3,87	3,67	4,04	3,78	3,68	4,40	3,58	3,92	4,19	3,46	4,55	4,31	3,74	4,54
Marzo	3,67	3,20	4,25	3,20	4,36	4,48	3,60	3,63	3,77	4,19	3,78	4,01	3,53	3,87	3,68	4,05	4,49	3,80	4,41	3,55
Aprile	2,72	3,95	3,54	3,58	4,00	3,91	3,45	3,82	3,71	3,46	3,96	3,64	3,78	3,57	2,53	3,75	2,98	3,60	3,60	4,05
Maggio	2,79	3,31	3,67	3,34	3,49	3,58	2,74	2,56	3,29	3,46	2,93	3,54	3,47	3,10	3,31	2,97	3,18	3,48	3,23	3,45
Giugno	3,30	3,28	3,05	3,22	3,33	2,54	3,39	3,11	3,95	3,49	2,86	2,80	3,46	2,65	2,34	3,30	3,06	3,38	3,53	3,37
Luglio	3,10	3,54	3,10	3,65	3,76	3,37	3,22	3,66	3,42	3,13	3,31	3,36	3,24	3,67	3,24	3,72	3,47	3,40	2,45	3,51
Agosto	2,80	2,72	2,89	3,35	3,23	2,54	2,48	3,46	3,14	2,82	2,93	2,94	3,18	2,74	3,64	3,35	3,04	3,45	3,30	3,06
Settembre	2,99	2,72	2,91	3,65	2,83	3,54	2,91	3,71	3,52	2,45	3,19	2,70	2,85	3,30	3,96	3,01	3,10	3,23	2,78	3,08
Ottobre	3,58	3,55	2,82	3,95	3,54	3,79	3,33	3,21	2,61	3,29	3,57	2,92	3,30	3,44	3,15	2,99	3,87	3,11	3,48	3,18
Novembre	3,90	3,36	4,36	4,18	3,98	3,46	3,49	3,88	4,63	4,31	4,01	3,71	3,35	3,08	3,98	3,88	2,98	4,06	2,90	3,54
Dicembre	3,68	3,43	4,28	3,47	3,84	3,63	4,10	3,53	3,92	3,44	4,00	4,02	3,73	3,06	3,09	4,56	4,42	4,43	3,55	4,25
Media, tutti i dati	3,29	3,42	3,53	3,60	3,64	3,46	3,34	3,48	3,66	3,43	3,52	3,53	3,42	3,32	3,37	3,57	3,55	3,69	3,34	3,62
media dei mesi	3,29	3,43	3,53	3,60	3,64	3,46	3,35	3,48	3,66	3,44	3,53	3,54	3,43	3,32	3,37	3,57	3,56	3,70	3,34	3,63

### Velocità medie mensili

10,00m -

Mese	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Media	Media mensile
Gennaio	4,45	3,85	4,04	3,40	3,54	3,96	3,93	3,51	4,21	4,18	3,83	3,76	3,76
Febbraio	3,72	4,23	4,32	4,70	3,40	4,10	4,95	4,03	3,84	4,05	3,66	3,98	3,98
Marzo	4,72	3,24	3,87	3,85	4,15	4,48	4,10	3,52	3,88	3,45	3,74	3,89	3,89
Aprile	3,73	3,46	3,99	3,55	3,94	3,06	3,57	3,34	3,81	4,02	3,48	3,60	3,60
Maggio	3,51	3,10	3,20	3,48	3,37	2,72	3,48	3,95	3,76	3,01	3,56	3,29	3,29
Giugno	3,62	3,47	3,49	3,58	2,75	3,14	3,24	3,12	2,90	3,18	2,97	3,19	3,19
Luglio	3,88	3,21	2,79	3,49	3,37	3,54	3,23	3,67	3,07	3,49	3,26	3,37	3,37
Agosto	3,55	3,03	2,80	3,67	3,57	2,44	3,24	3,15	3,01	3,51	3,75	3,12	3,12
Settembre	3,05	3,03	3,04	2,58	3,19	3,13	2,76	3,82	2,67	3,74	3,82	3,14	3,14
Ottobre	3,27	2,86	3,25	3,47	3,28	3,48	2,41	3,32	2,94	3,15	3,30	3,27	3,27
Novembre	3,50	3,98	3,10	3,57	3,66	3,44	4,34	2,98	3,97	3,41	3,62	3,70	3,70
Dicembre	2,99	3,45	2,89	3,36	4,13	3,67	4,55	3,67	4,22	3,18		3,75	3,75
Media, tutti i dati	3,67	3,40	3,39	3,55	3,53	3,43	3,64	3,51	3,52	3,53	3,54	3,50	
media dei mesi	3,67	3,41	3,40	3,56	3,53	3,43	3,65	3,51	3,52	3,53	3,54		3,50

## Relazione dati meteo - Distribuzione in frequenza (file .tab)

Palo di misura: ERA5(T) Rectangular Grid\_N40,50\_E018,00 (3) Periodo: Periodo completo: 01/01/1993 - 16/11/2023 (370,5 mesi)

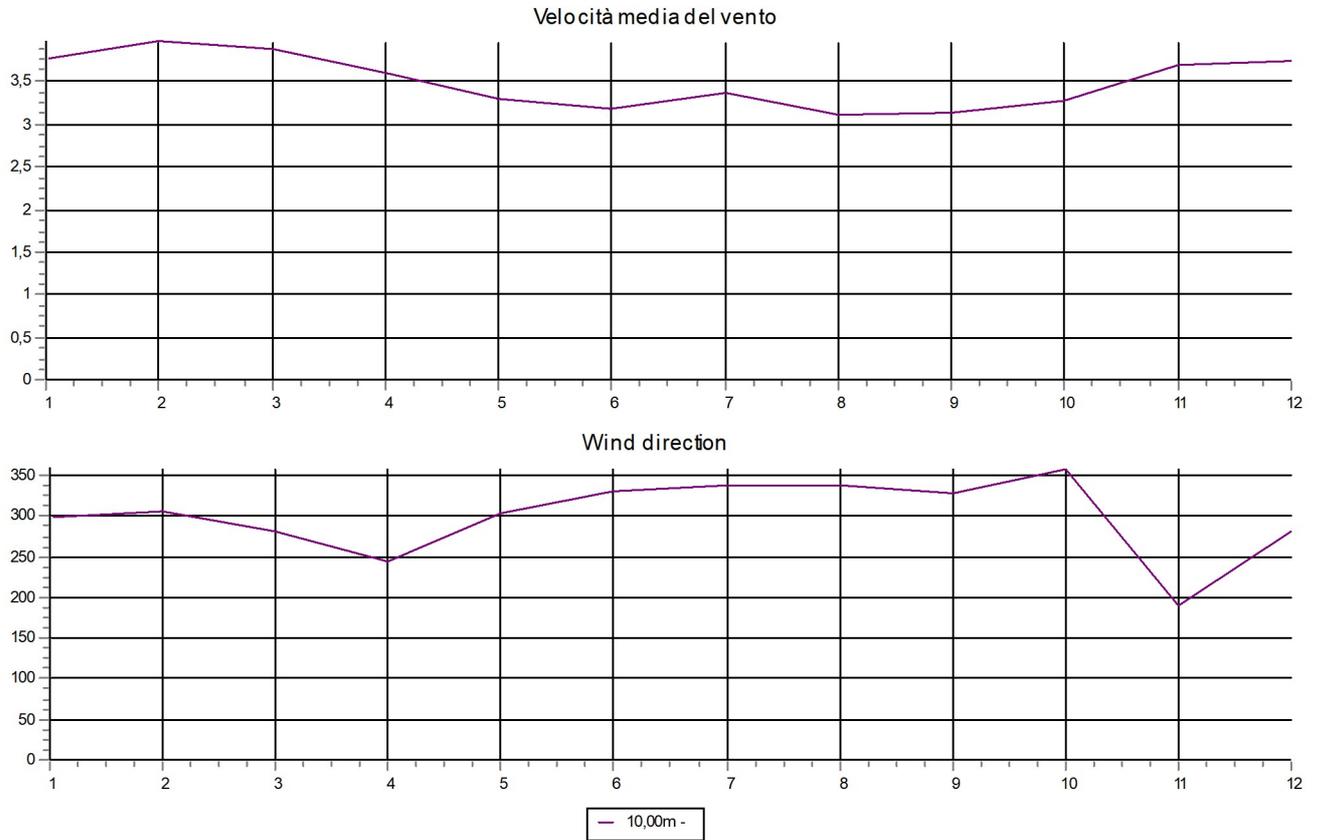
### Distribuzione in frequenza (file .tab)

10,00m -

N.	Inizio	Fine	Tot	0-N	1-NNE	2-ENE	3-E	4-ESE	5-SSE	6-S	7-SSO	8-OSO	9-O	10-ONO	11-NNO
Media			3,50	3,82	2,96	2,20	2,09	2,66	3,92	3,93	3,18	2,87	2,17	2,81	3,88
0		0,49	3755	324	327	303	316	304	328	324	289	274	305	328	333
1	0,50	1,49	32265	3751	2962	2291	2039	2126	2928	3178	2659	2183	2142	2521	3485
2	1,50	2,49	61411	9243	4715	2461	1927	2640	5211	8082	5578	2993	2774	5247	10540
3	2,50	3,49	53053	10371	2969	1020	748	1347	4634	8053	4355	1852	1226	3582	12896
4	3,50	4,49	45390	10227	1864	519	422	745	3650	7058	3398	1519	597	2279	13112
5	4,50	5,49	33047	7437	1211	324	235	479	2804	5731	2256	1066	284	1229	9991
6	5,50	6,49	20282	4574	809	214	133	372	2221	3738	1307	552	129	514	5719
7	6,50	7,49	11166	2236	494	82	64	272	1629	2431	598	252	39	227	2842
8	7,50	8,49	6084	1168	248	20	8	106	1216	1516	213	99	12	118	1360
9	8,50	9,49	2700	514	133	2	1	56	668	724	70	21	1	56	454
10	9,50	10,49	1018	208	35	1	0	25	305	258	8	2	0	25	151
11	10,50	11,49	357	79	6	0	0	6	122	90	5	0	0	5	44
12	11,50	12,49	78	29	0	0	0	1	27	15	0	0	0	1	5
13	12,50	13,49	12	3	0	0	0	0	7	2	0	0	0	0	0
14	13,50	14,49	5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
15	14,50	15,49	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
16	15,50	16,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	16,50	17,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	17,50	18,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	18,50	19,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	19,50	20,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	20,50	21,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	21,50	22,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	22,50	23,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	23,50	24,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	24,50	25,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	25,50	26,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	26,50	27,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	27,50	28,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	28,50	29,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	29,50	30,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	30,50	31,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	31,50	32,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	32,50	33,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	33,50	34,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	34,50	35,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	35,50	36,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	36,50	37,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	37,50	38,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	38,50	39,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	39,50	40,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	40,50		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

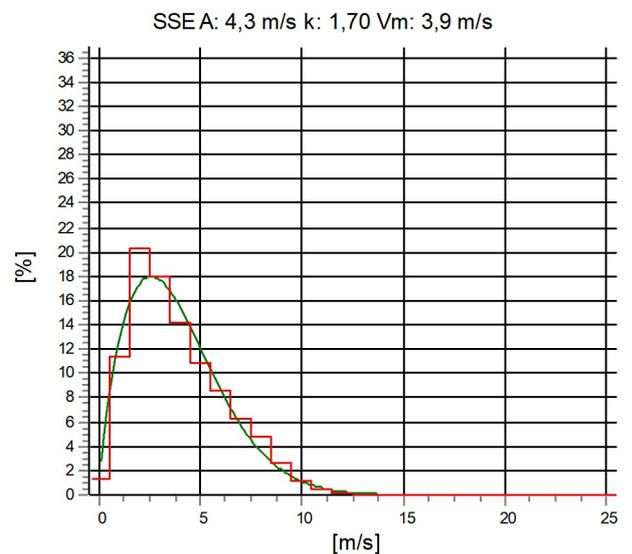
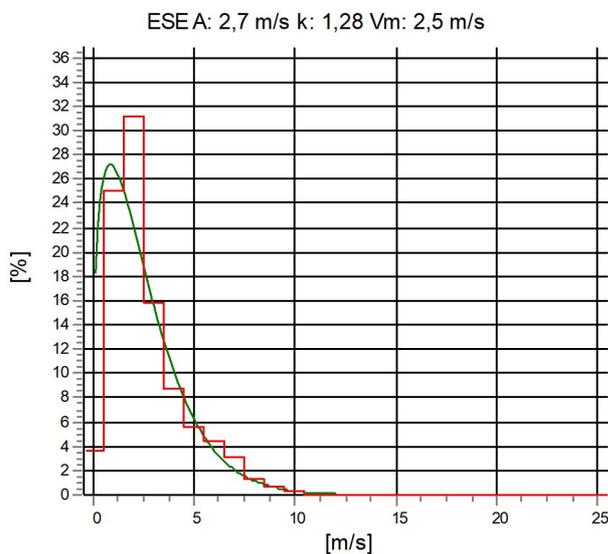
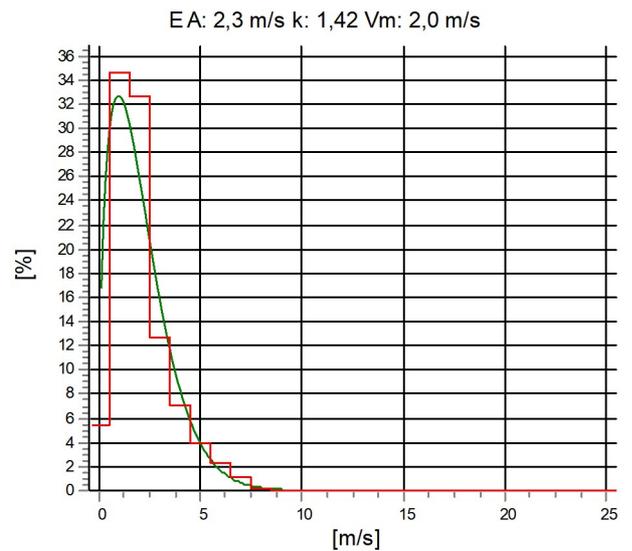
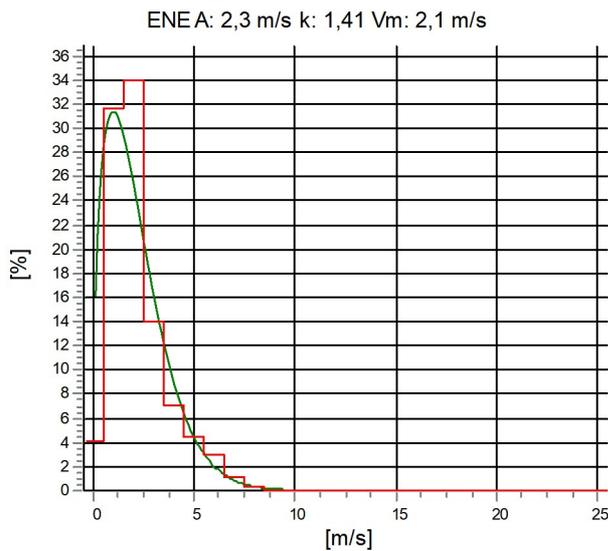
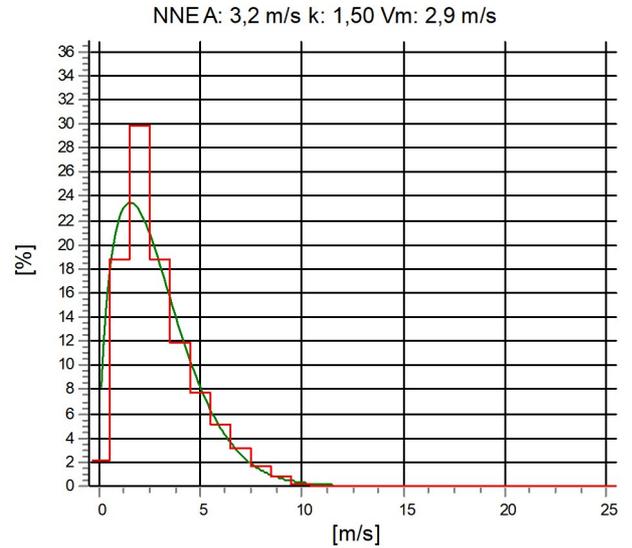
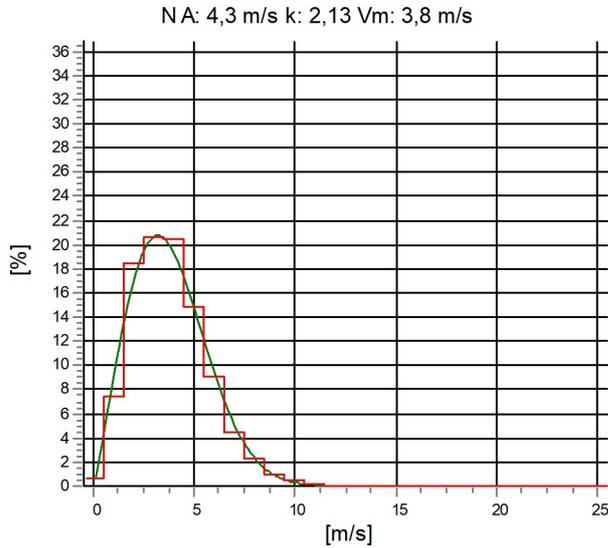
## Relazione dati meteo - Grafici mensili cumulativi

Palo di misura: ERA5(T) Rectangular Grid\_N40,50\_E018,00 (3) Periodo: Periodo completo: 01/01/1993 - 16/11/2023 (370,5 mesi)



## Relazione dati meteo - Grafici settoriali di frequenza e Weibull

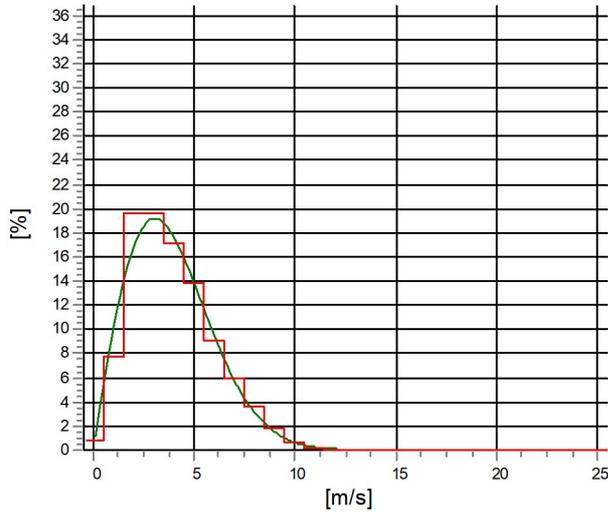
Palo di misura: ERA5(T) Rectangular Grid\_N40,50\_E018,00 (3) Periodo: Periodo completo: 01/01/1993 - 16/11/2023 (370,5 mesi)  
Altezza: 10,00m -



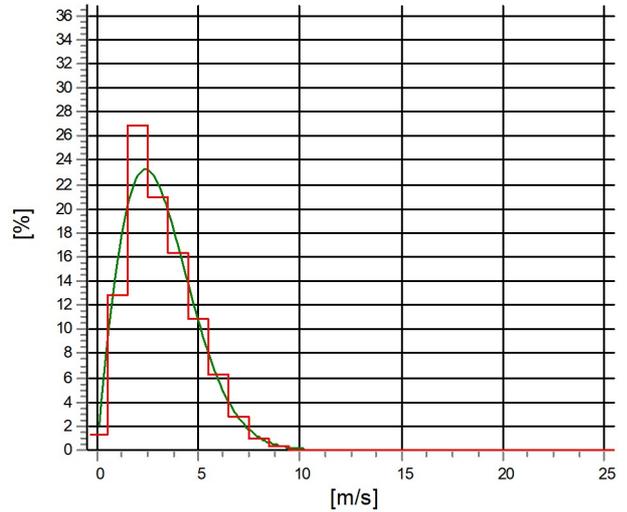
## Relazione dati meteo - Grafici settoriali di frequenza e Weibull

Palo di misura: ERA5(T) Rectangular Grid\_N40,50\_E018,00 (3) Periodo: Periodo completo: 01/01/1993 - 16/11/2023 (370,5 mesi)  
Altezza: 10,00m -

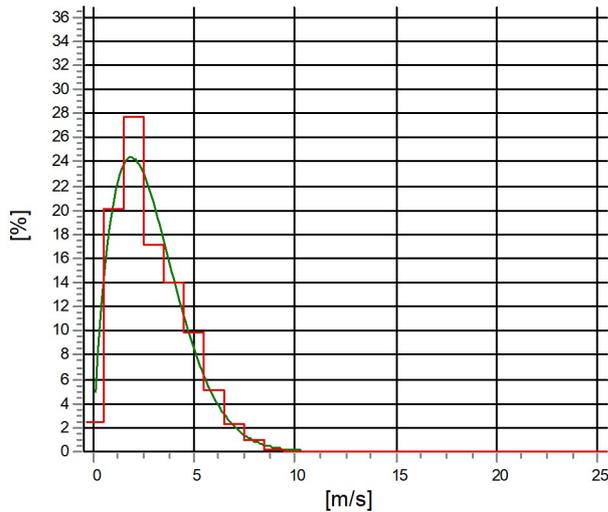
SA: 4,4 m/s k: 1,96 Vm: 3,9 m/s



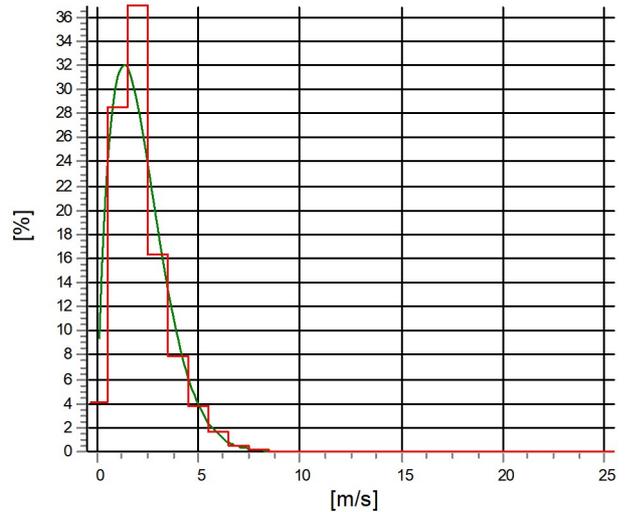
SSWA: 3,6 m/s k: 1,89 Vm: 3,2 m/s



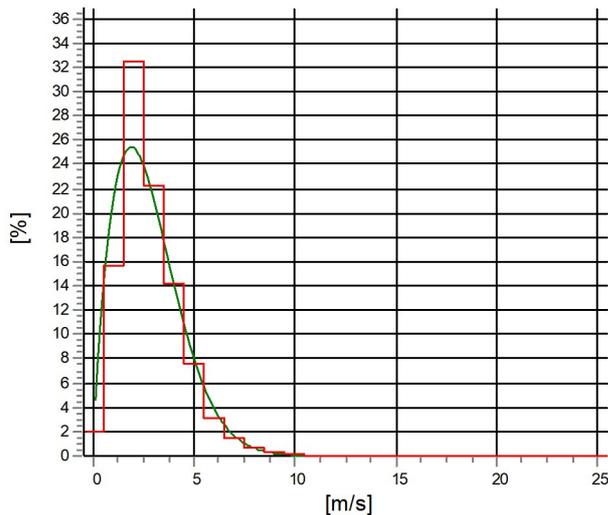
WSWA: 3,2 m/s k: 1,68 Vm: 2,9 m/s



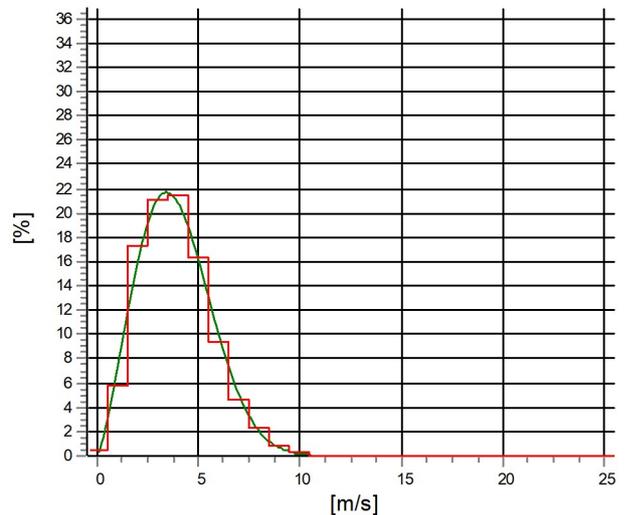
WA: 2,4 m/s k: 1,62 Vm: 2,1 m/s



WNWA: 3,1 m/s k: 1,72 Vm: 2,8 m/s



NNWA: 4,4 m/s k: 2,32 Vm: 3,9 m/s



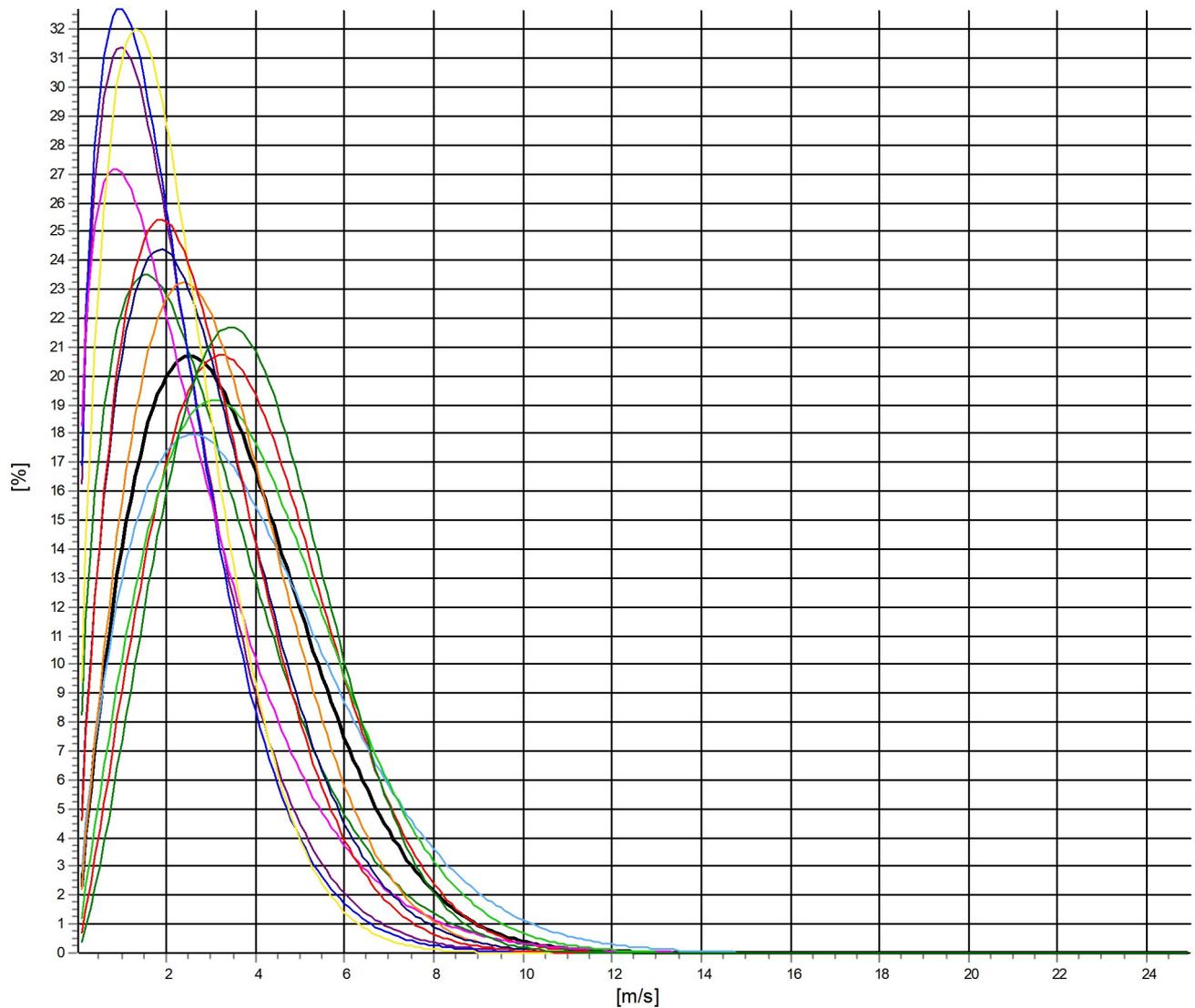
## Relazione dati meteo - Compendio dati Weibull

Palo di misura: ERA5(T) Rectangular Grid\_N40,50\_E018,00 (3) Periodo: Periodo completo: 01/01/1993 - 16/11/2023 (370,5 mesi)

Altezza: 10,00m -

### Dati Weibull

Settore	A	k	f	Velocità media
	[m/s]			[m/s]
0-N	4,32	2,129	18,54	3,82
1-NNE	3,17	1,503	5,83	2,86
2-ENE	2,35	1,411	2,67	2,13
3-E	2,25	1,419	2,18	2,05
4-ESE	2,71	1,285	3,13	2,51
5-SSE	4,35	1,698	9,52	3,88
6-S	4,41	1,955	15,22	3,91
7-SSO	3,56	1,890	7,66	3,16
8-OSO	3,19	1,685	4,00	2,85
9-O	2,39	1,622	2,77	2,14
10-ONO	3,10	1,725	5,96	2,76
11-NNO	4,39	2,316	22,52	3,89
Media	3,91	1,815	100,00	3,47



— All A: 3,9 m/s k: 1,81 Vm: 3,5 m/s	— N A: 4,3 m/s k: 2,13 Vm: 3,8 m/s	— NNE A: 3,2 m/s k: 1,50 Vm: 2,9 m/s	— ENE A: 2,3 m/s k: 1,41 Vm: 2,1 m/s
— E A: 2,3 m/s k: 1,42 Vm: 2,0 m/s	— ESE A: 2,7 m/s k: 1,28 Vm: 2,5 m/s	— SSE A: 4,3 m/s k: 1,70 Vm: 3,9 m/s	— S A: 4,4 m/s k: 1,96 Vm: 3,9 m/s
— SSW A: 3,6 m/s k: 1,89 Vm: 3,2 m/s	— WSW A: 3,2 m/s k: 1,68 Vm: 2,9 m/s	— W A: 2,4 m/s k: 1,62 Vm: 2,1 m/s	— WNW A: 3,1 m/s k: 1,72 Vm: 2,8 m/s
— NNW A: 4,4 m/s k: 2,32 Vm: 3,9 m/s			