



REGIONE SICILIA
PROVINCIA DI TRAPANI
COMUNE DI CALATAFIMI SEGESTA
COMUNE DI SANTA NINFA
COMUNE DI GIBELLINA

OGGETTO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO COMPOSTO DA 8 AEROGENERATORI DA 6 MW CIASCUNO PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 48 MW DENOMINATO "BORGO EREDITA" SITO NEL COMUNE DI CALATAFIMI SEGESTA (TP) IN LOCALITÀ BORGO EREDITA E DELLE OPERE CONNESSE E INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI ALL'ESERCIZIO DELLO STESSO SITE NEI COMUNI DI SANTA NINFA (TP) E GIBELLINA (TP)

PROGETTO DEFINITIVO

PROPONENTE



TITOLO

RELAZIONE ANEMOLOGICA

PROGETTISTA

Dott. Ing. Girolamo Gorgone

Collaboratori

Ing. Giocchino Ruisi
All. Arch. Flavia Termini
Ing. Giuseppina Brucato
Arch. Eugenio Azzarello

Ing. Francesco Lipari
Dott. Haritiana Ratsimba
Dott. Agr. e For. Michele Virzi
Dott. Martina Affronti

Dott. Valeria Croce
Dott. Irene Romano
Barbara Gorgone

CODICE ELABORATO

ERIN-BE_R_05_A_D

SCALA

n°.Rev.	DESCRIZIONE REVISIONE	DATA	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO

Rif. PROGETTO

N. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

NOME FILE DI STAMPA

SCALA DI STAMPA DA FILE

Sommario

PREMESSA.....	2
1 INTRODUZIONE	2
2 DESCRIZIONE DELL'AREA D'IMPIANTO.....	4
2.1 Inquadramento territoriale dell'intervento	4
2.2 Descrizione del sito.....	4
3 ACQUISIZIONE DATI	7
4 STIMA DELLA PRODUCIBILITA' ENERGETICA.....	11
5 CONCLUSIONI.....	15

PREMESSA

Il presente documento costituisce la relazione anemologica che descrive i risultati della valutazione di ventosità e di producibilità del Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto di generazione di energia da fonte eolica, costituito da 8 aerogeneratori. L'aerogeneratore preso a riferimento in questa fase di progettazione è del produttore VESTAS, con altezza complessiva massima di 180 metri, altezza al mozzo compresa tra 105 e 114 metri e diametro del rotore massimo di 155 metri. Ogni aerogeneratore è servito da un piazzale di circa 2400 m² accessibile a mezzo di piste in misto stabilizzato di cava ampie tra i 4 e i 5 metri. Non si prevede la realizzazione di altre opere fuori terra oltre agli aerogeneratori ed alla SSE utente di trasformazione, dal momento che tutti i macchinari elettrici sono collocati all'interno delle navicelle mentre i cavidotti di connessione saranno interrati.

La potenza complessiva d'impianto sarà pari a 48 MW. L'impianto in progetto ricade nel comune di Calatafimi Segesta (TP), mentre le opere di connessione alla Rete Elettrica Nazionale interessano anche i Comuni di Gibellina e Santa Ninfa sempre nella provincia di Trapani.

La società realizzatrice dell'impianto è **Edison Rinnovabili S.p.A.** In circa 130 anni di storia aziendale, Edison ha saputo consolidarsi in vari settori ampliando le attività in cui è presente, in particolare quello della produzione, distribuzione e vendita di energia elettrica; i parchi di produzione energetica di Edison sono altamente sostenibili, flessibili ed efficienti e sono composti da impianti termoelettrici a ciclo combinato a gas (CCGT), impianti idroelettrici, eolici, solari e a biomasse.

Oggi Edison è il secondo operatore in Italia nel settore eolico (con una capacità installata soprattutto nel Mezzogiorno) configurandosi come un operatore integrato lungo la filiera eolica con attività che vanno dalla produzione alla gestione e manutenzione degli impianti fino alla vendita dell'energia.

1 INTRODUZIONE

Lo scopo dell'analisi in oggetto è la caratterizzazione anemologica dell'area in corrispondenza dell'area sede dell'impianto eolico in progetto.

Lo studio ha quindi l'obiettivo di:

- Analizzare e descrivere i valori e le misurazioni di ventosità;
- Esprimere in modo formale la quantità di incertezza o errore associata alle misurazioni;
- Descrivere la frequenza con cui sono state raccolte le informazioni e di indicare il quadro temporale in cui queste sono state effettuate.

Oltre quanto sopra esposto, la presente, ha anche l'obiettivo di stimare la producibilità dell'impianto in progetto.

Il documento sarà strutturato come segue:

- Inizialmente verrà fornita una descrizione della zona oggetto dello studio, evidenziando le sue caratteristiche orografiche, di rugosità e la disposizione degli aerogeneratori. In altre parole, verrà descritta la topografia del territorio, le caratteristiche del terreno, della vegetazione e della presenza di eventuali ostacoli, come ad esempio edifici o alberi, che potrebbero influenzare la produzione di energia eolica. Verranno fornite anche informazioni sulla posizione degli aerogeneratori rispetto alla zona circostante, ad esempio l'altezza dal suolo, la distanza da eventuali edifici o infrastrutture. Tutto questo è importante per valutare la fattibilità e la resa dell'installazione delle WTG nella zona presa in esame;
- Successivamente verrà descritto il processo di raccolta dei dati relativi alla velocità del vento nella zona presa in esame, si procede con l'analisi in modo tale da scartare i dati non rilevanti o non attendibili quindi non utili alla stima di producibilità. In altre parole, si descrivono le tecniche utilizzate per raccogliere i dati, ad esempio l'utilizzo di stazioni meteorologiche, sensori anemometrici posti su alte WTG, analisi satellitari o altro, di questi se ne valuta qualità e completezza. In caso di dati non attendibili, questi verranno scartati per evitare influenze negative nella stima di producibilità. Tutto ciò è fondamentale per garantire l'accuratezza e l'affidabilità delle previsioni sulla produzione di energia eolica nella zona presa in esame.
- Infine, verranno sintetizzati i dati precedentemente raccolti e analizzati, da questi se ne ricaveranno i parametri necessari per effettuare una previsione di producibilità nell'area in esame. In pratica, sfruttando le informazioni raccolte sulla velocità del vento è possibile stimare la quantità di energia eolica che l'aerogeneratore e nel complesso l'impianto, sarà in grado di produrre. Questa stima viene ottenuta tramite l'utilizzo di specifiche formule e modelli matematici, che tengono conto dei parametri come la velocità del vento, la densità dell'aria, l'efficienza dell'aerogeneratore e altri fattori che possono influenzare la produzione di energia. I risultati della stima saranno utilizzati per valutare la fattibilità e l'efficacia del progetto nella zona presa in esame.

2 DESCRIZIONE DELL'AREA D'IMPIANTO

2.1 Inquadramento territoriale dell'intervento

L'area di impianto si trova nel comune di Calatafimi Segesta (TP), in un'area a sud-est del centro abitato del detto comune in località Borgo Eredita. La stazione trasformazione e quella di connessione sono site invece nel comune di Santa Ninfa (TP), in località case Pantano.

Il sito è facilmente raggiungibile dalla A29 Palermo-Mazara del Vallo, imboccando l'uscita Alcamo ovest e percorrendo la strada statale 733 e successivamente la SP113, in fine la strada provinciale SP14 ed imboccando poi strade del consorzio di bonifica, vicinali o interpoderali presenti nell'area di impianto.

Le turbine ricadono nei Fogli 606110, 606150 e 606160 della Carta Tecnica Regionale (Scala 1:10000), mentre la Stazione di trasformazione così come quella di connessione interessano anche il Foglio 618030.

Con riferimento alla cartografia IGM in scala 1:25000, l'intero impianto di produzione si situa all'interno del Quadrante 257-I-SE "Calatafimi" mentre la stazione di trasformazione così come quella di connessione ricadono nel Quadrante 257-II-ME "S. Ninfa".

2.2 Descrizione del sito

A livello geografico il sito si localizza alle coordinate (identificate da un punto mediano d'impianto):

WGS84	
Lat.	37°50'31.37"
Lon.	12°54'26.02"

Tabella 1 - coordinate mediane d'impianto.

I dati relativi alle WTG, identificativo, coordinate, comune, foglio e particella sono indicati nella seguente tabella:

Identificativo aerogeneratore	Coordinate WGS84		Identificativo Catastale		
	Latitudine	Longitudine	Comune	Foglio	Particella
BE01	37°51'18.73"	12°53'31.51"	Calatafimi Segesta (TP)	117	57
BE02	37°51'19.72"	12°53'48.97"	Calatafimi Segesta (TP)	117	21
BE03	37°51'5.49"	12°54'4.99"	Calatafimi Segesta (TP)	119	17
BE04	37°50'51.28"	12°54'10.08"	Calatafimi Segesta (TP)	119	120
BE05	37°50'10.72"	12°53'53.79"	Calatafimi Segesta (TP)	118	112
BE06	37°50'22.10"	12°54'37.86"	Calatafimi Segesta (TP)	125	12
BE07	37°50'2.46"	12°55'3.56"	Calatafimi Segesta (TP)	127	17
BE08	37°50'38.64"	12°55'19.76"	Calatafimi Segesta (TP)	126	159

Tabella 2 - modello, coordinate ed identificativi catastali delle WTG.

A livello topografico è possibile definire sul piano di campagna le quote di posizionamento delle WTG in m. s.l.m. così come indicato nella seguente tabella:

Produttore	Identificativo	Quota m.s.l.m.
Vestas	BE01	306
Vestas	BE02	257
Vestas	BE03	250
Vestas	BE04	266
Vestas	BE05	235
Vestas	BE06	225
Vestas	BE07	194
Vestas	BE08	221

Tabella 3 - identificativo e quota delle WTG.

In merito al soprassuolo, un'analisi permette di definire nell'area vasta di indagine, la classe di rugosità dell'area.

Risulta possibile individuare la presenza di varie tipologie di coltivi con la dominanza del seminativo e delle colture stagionali, in minor estensione si denota il vigneto e l'oliveto. L'area prescelta per l'ubicazione delle WTG è caratterizzata da un'orografia prettamente pianeggiante sub-collinare, con assenza di singolarità morfologiche e ridottissimi affioramenti rocciosi; nel complesso i siti in cui si collocheranno le WTG presentano una rugosità medio-bassa in quanto a livello orografico ed in prossimità di queste ultime si individuano delle zone più o meno vaste d'impluvio che caratterizzano il paesaggio sub-collinare di cui sopra.

In merito all'analisi di cui sopra è stato possibile definire le caratteristiche orografiche così come quelle dei coltivi costituenti il soprassuolo che accoglierà l'impianto, tale definizione permette di caratterizzare la rugosità delle aree di interesse in "medio-bassa", identificabile tra le classi:

- I - suolo aperto costituito da terreni non coltivati con vegetazione bassa;
- II - aree agricole con rari edifici e presenza di alberature.

Tale caratteristica risulta favorevole al fine dello sfruttamento eolico dell'area.

L'inquadramento cartografico su CTR nella seguente immagine, permette di identificare l'area di posizionamento delle WTG.

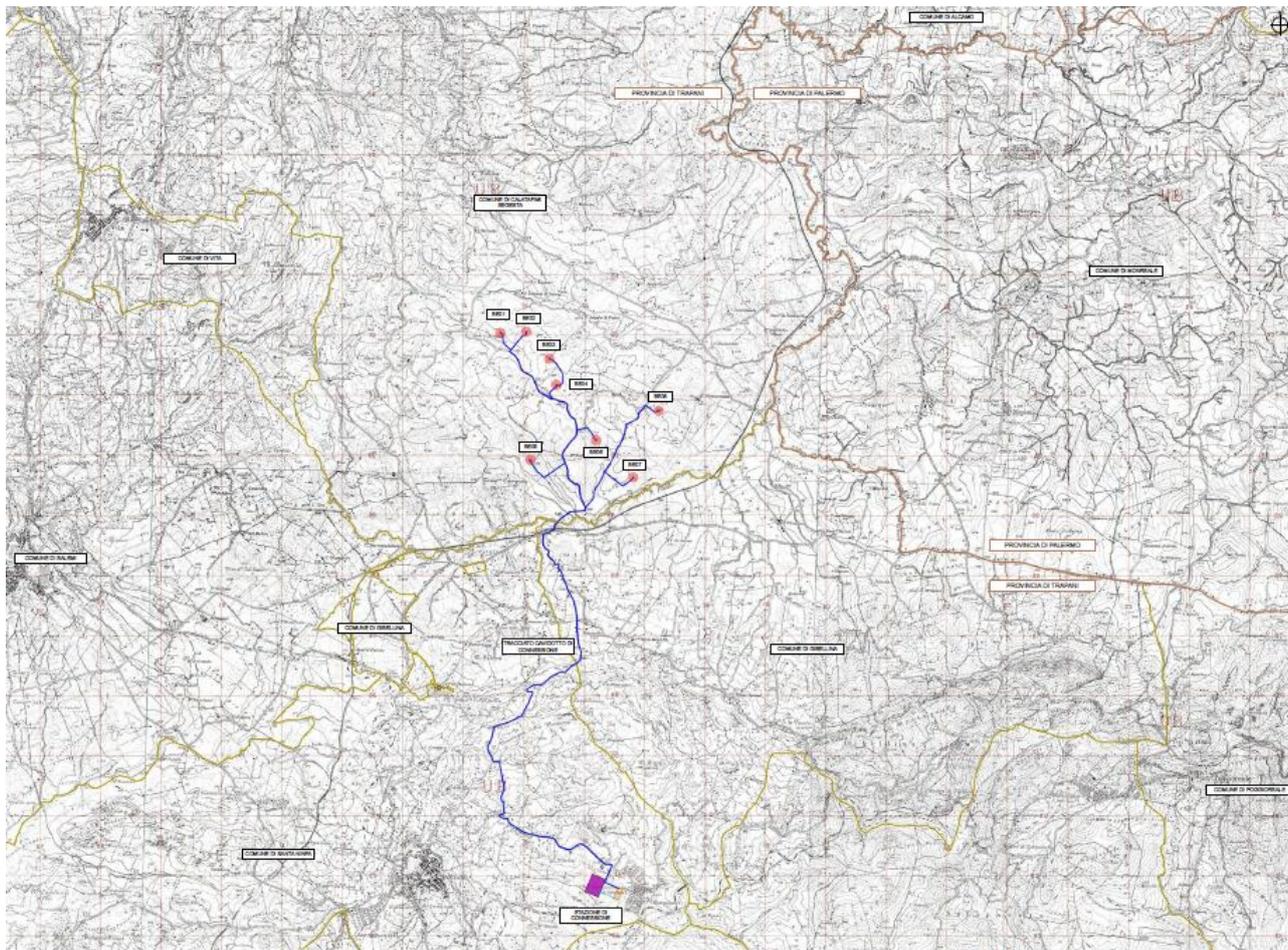


Figura 1 - Corografia d'inquadramento cartografico su IGM dell'intervento.

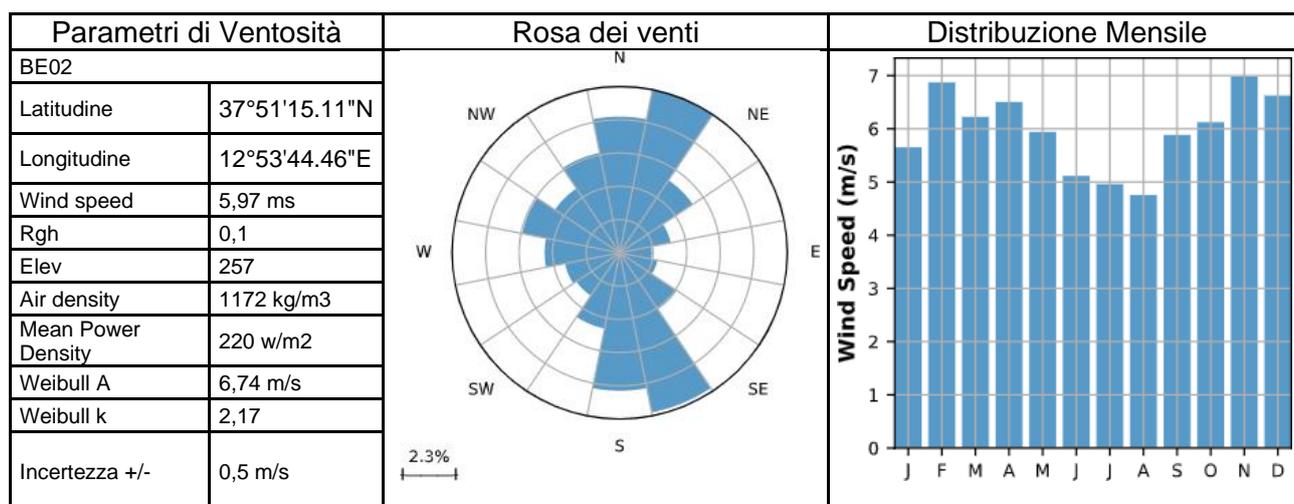
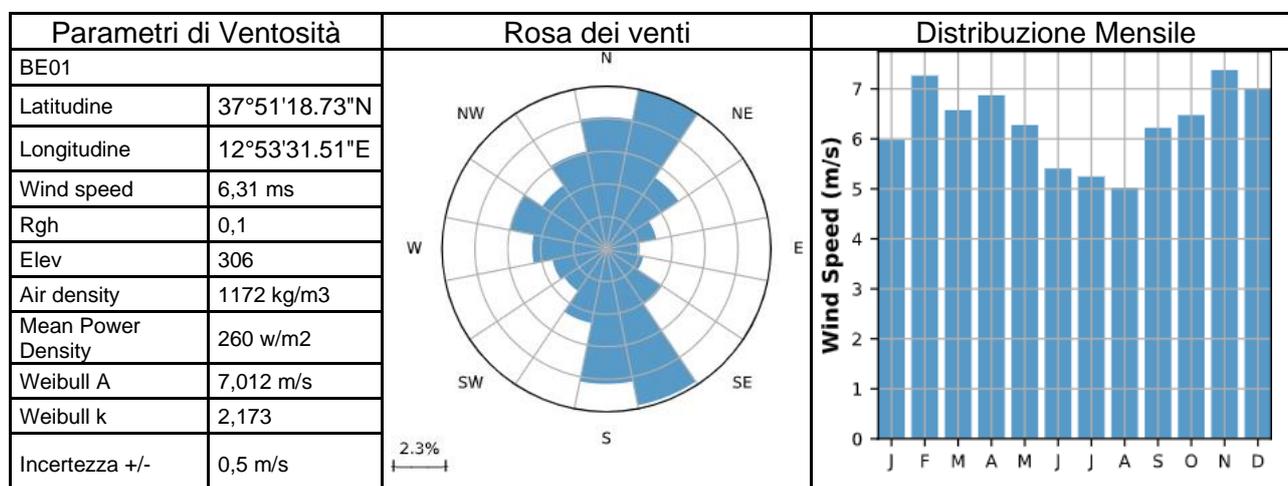
3 ACQUISIZIONE DATI

La velocità media del vento è un parametro di fondamentale importanza per la valutazione della fattibilità di un progetto eolico. Difatti, la produzione di energia elettrica tramite WTG dipende direttamente dalla velocità del vento. La maggior parte delle turbine eoliche iniziano a generare energia con una velocità del vento "Cut-in" di almeno 3-4 m/s e raggiungono la massima efficienza a velocità del vento comprese tra i 12 e i 25 m/s. Pertanto, la stima accurata della velocità del vento è di cruciale importanza per la progettazione e la gestione di impianti di generazione energetica da fonte eolica. La stima della velocità media del vento in un'area, ad oggi, viene effettuata attraverso l'impiego dei modelli definiti MesoMap[®], tali sistemi valutano le risorse eoliche su vaste regioni con risoluzione spaziale di 200 metri combinando simulazioni mesoscala e microscala. La simulazione mesoscala considera le condizioni meteorologiche durante un anno, suddividendo le superfici analizzate in una griglia di 2 km, e descrivendo l'evoluzione delle condizioni meteorologiche

dall'inizio alla fine di ogni giorno dell'anno considerato. La simulazione microscala, invece, tiene conto dell'influenza della topografia e della rugosità superficiale in un'area quadrante di 200 m.

I dati sulla velocità del vento utilizzati per il modello di cui sopra provengono da numerose piattaforme, tra cui stazioni meteorologiche, satelliti e sonde aeree, e sono elaborati tramite la simulazione mesoscala. La stima della velocità del vento ottenuta attraverso il modello MesoMap® presenta un margine di errore di compreso tra i 0,5 ed i 0,7 m/s.

Le informazioni per questo studio anemologico sono elaborate e ricavate attraverso lo strumento di rianalisi AWS Truepower della piattaforma <https://dashboards.awstruepower.com> e sono riportate, per ogni punto di posizionamento delle WTG, nelle tabelle e figure che seguono.



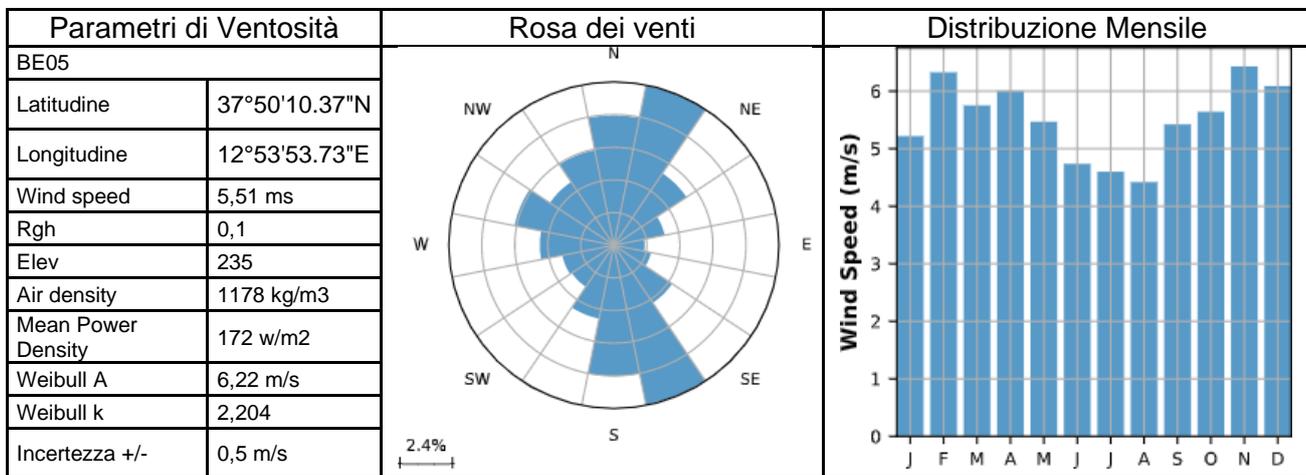
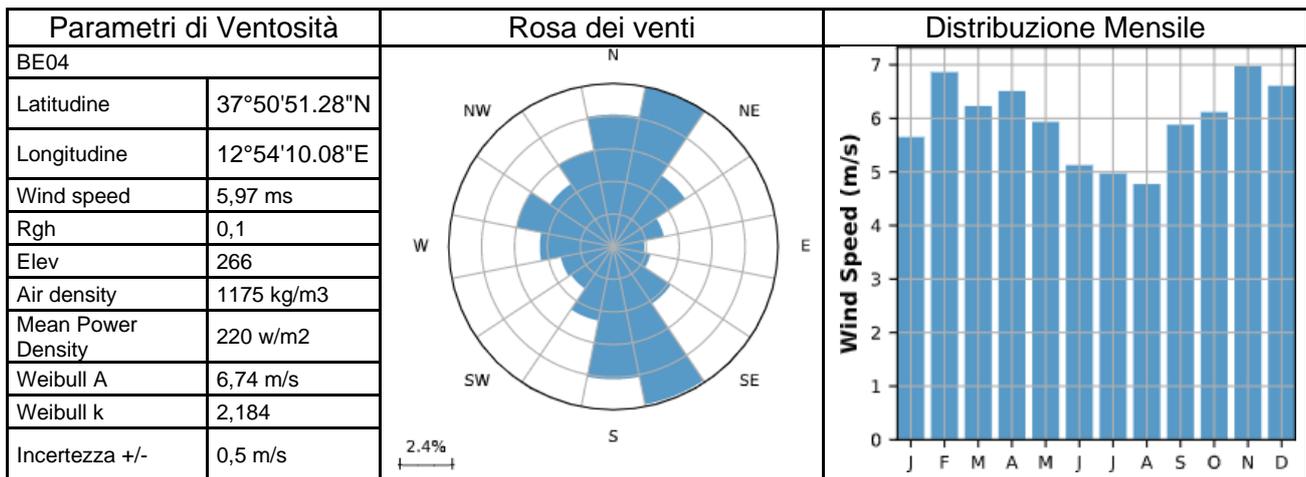
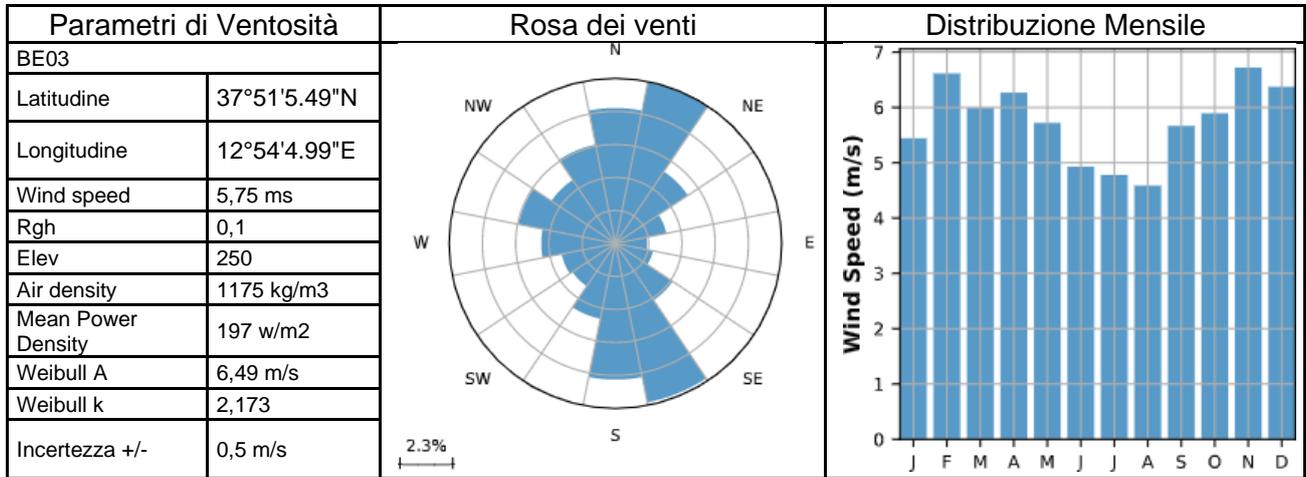


Edison Rinnovabili S.p.A.

RELAZIONE ANEMOLOGICA

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 8 aerogeneratori da 6 MW ciascuno per una potenza complessiva di 48 MW denominato "Borgo Eredita" sito nel Comune di Calatafimi Segesta (TP) in località Borgo Eredita e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio dello stesso site nei comuni di Santa Ninfa (TP) e Gibellina (TP).

ERIN-BE_R_05_A_D





Edison Rinnovabili S.p.A.

RELAZIONE ANEMOLOGICA

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 8 aerogeneratori da 6 MW ciascuno per una potenza complessiva di 48 MW denominato "Borgo Eredita" sito nel Comune di Calatafimi Segesta (TP) in località Borgo Eredita e delle opere connesse e infrastrutture indispensabili all'esercizio dello stesso site nei comuni di Santa Ninfa (TP) e Gibellina (TP).

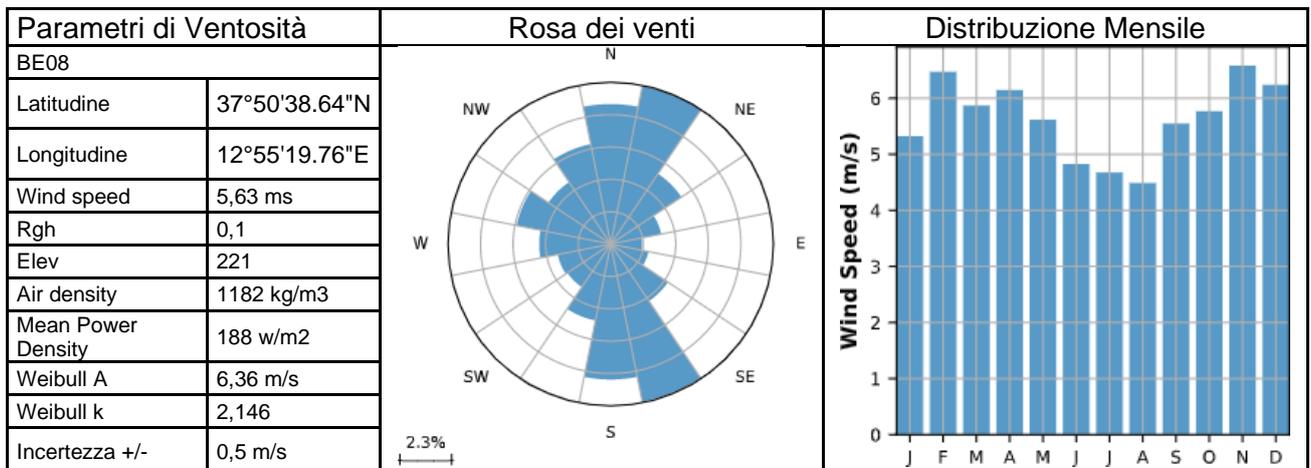
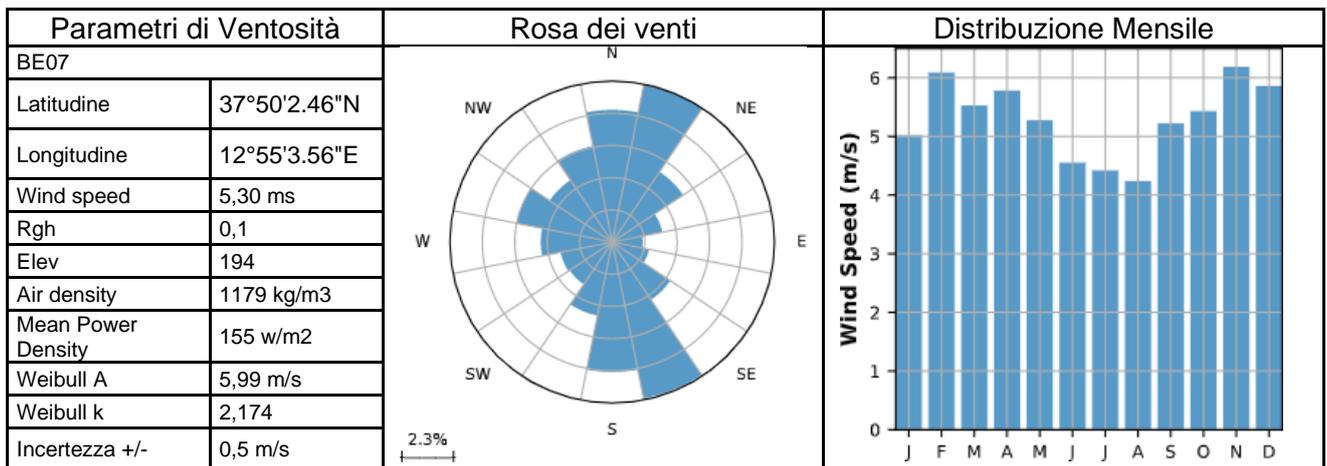
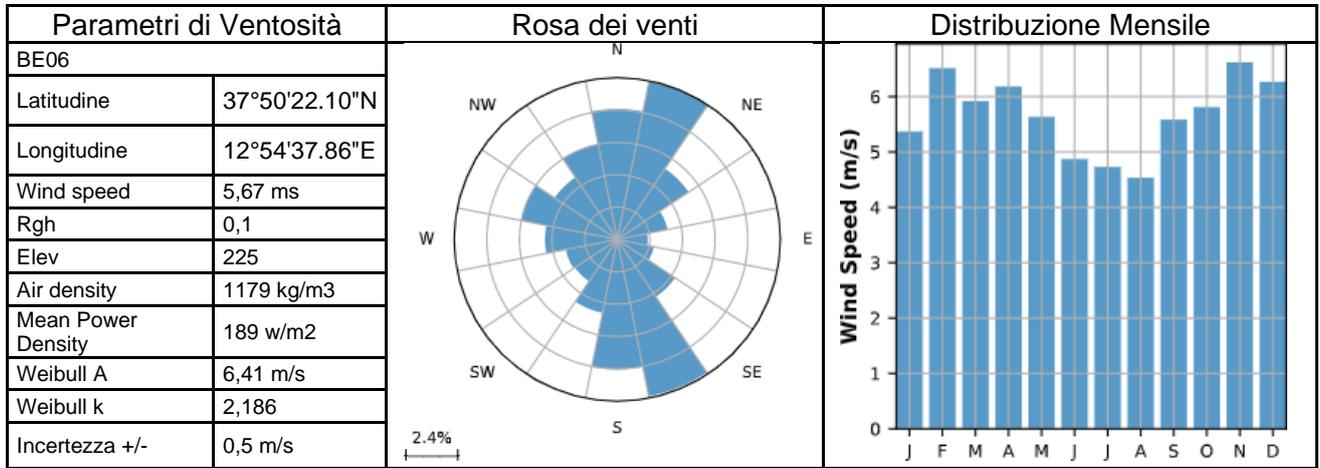


Tabella 4 - Parametri di ventosità; rosa dei venti e distribuzione mensile degli 8 punti di inserimento delle WTG.

4 STIMA DELLA PRODUCIBILITA' ENERGETICA

Nel presente capitolo si illustrano i risultati derivanti dalle simulazioni effettuate in termini di energia prodotta dalle macchine.

Prima di procedere con l'analisi dei risultati, è importante precisare che, considerando l'orografia del terreno prettamente pianeggiante e l'assenza di ostacoli nella zona circostante il sito oggetto di studio, i dati raccolti risultano affidabili per la stima della produttività dell'impianto eolico con elevata precisione.

Mediante l'elaborazione dei dati acquisiti durante le rilevazioni precedentemente esposte, è stato possibile identificare la curva di distribuzione dei venti indicante la velocità e la frequenza del vento predominante con un range che va da 3 m/s a 7 m/s così come mostrato nel seguente grafico.

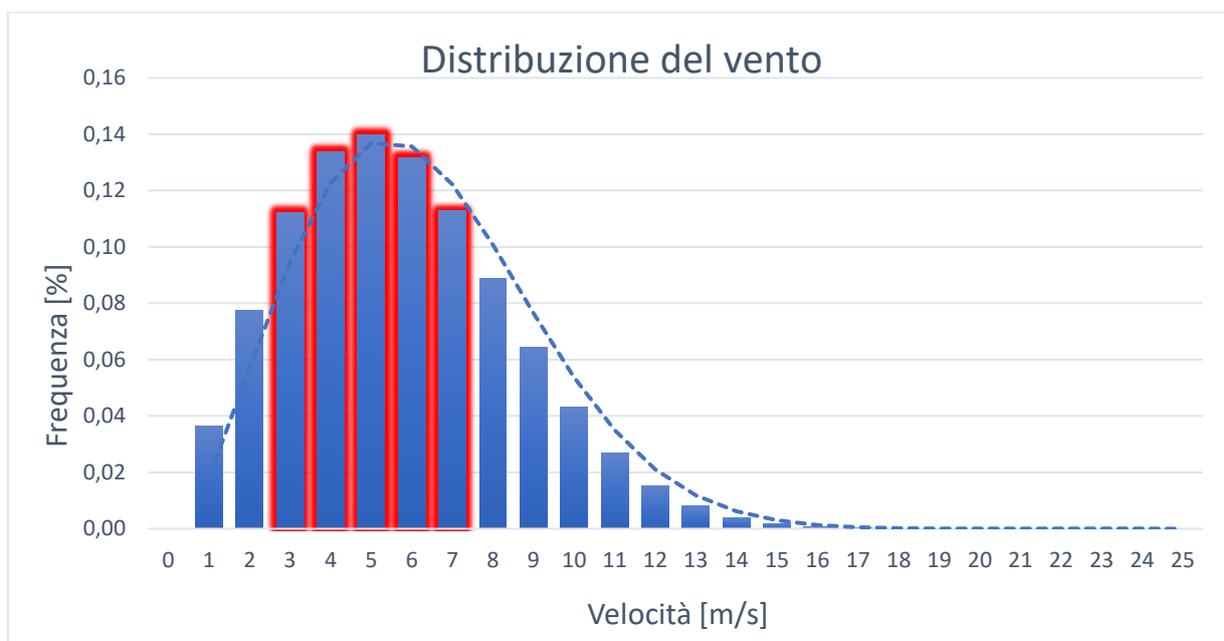


Figura 2 - Distribuzione di Weibull relativa ai venti presenti dell'area

Ulteriore analisi è stata attuata riguardo le ore di funzionamento dell'impianto; nel particolare si sono quantificate le ore di vento annuali che permettono la movimentazione delle pale delle WTG. L'analisi ha permesso di quantificare un numero di ore di movimentazione delle pale pari a circa 79,5% del tempo corrispondenti a circa 6972,46 ore/anno.

Fatta tale analisi le macchine previste per l'installazione sono le Vestas V150-6.0, aventi altezza al mozzo di 105m e diametro del rotore di 150m, che permettono di ottenere la miglior produzione energetica per l'andamento anemologico nel sito specifico.

La curva di potenza del generatore eolico è di seguito riportata in formato grafico così come in formato tabellare.

Vestas V150-6.0MW	
Wind Speed [m/s]	Power [kW]
3	40,00
4	250,00
5	563,00
6	1.032,00
7	1.693,00
8	2.565,00
9	3.657,00
10	4.777,00
11	5.642,00
12	5.956,00
13	5.998,00
14	6.000,00
15	6.000,00
16	6.000,00
17	5.842,00
18	5.353,00
19	4.887,00
20	4.424,00
21	3.966,00
22	3.495,00
23	3.012,00
24	2.580,00
25	2.044,00

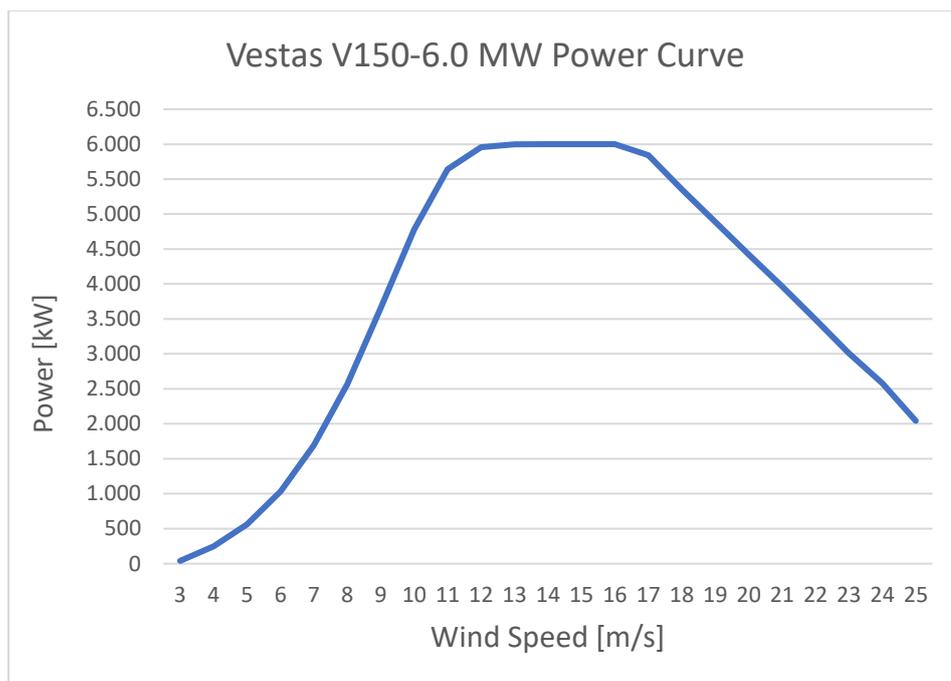


Tabella 5 - valori tabellari curva di potenza WTG – Vestas V150-6.0

Figura 3 - curva di producibilità degli aerogeneratori proposti

Al fine di una stima maggiormente realistica si è tenuto conto di fattori derivanti da differenti perdite di sistema con lo scopo di identificare un coefficiente di riduzione realistico, tali fattori ed il relativo coefficiente di riduzione sono visionabili nella seguente tabella:

Fattori di riduzione		
1	Wake effect	-1,50%
2	Disponibilità delle WTG	-2,00%
3	Disponibilità Rete, Sottostazione e BoP	-1,00%
4	Perdite elettriche	-1,50%
5	Adeguamento della curva di potenza	-0,99%
6	Spegnimento per alta temperatura	-0,55%
7	Ambientale	-0,50%
8	Isteresi del vento	-0,55%
9	Decurtazione della rete	-1,25%
Totale		-10,85%

Tabella 6 - Coefficienti di riduzione relativi alle perdite energetiche delle turbine.

1. Wake effect: Effetti di scia determinati da perdite aerodinamiche causate dagli aerogeneratori stessi che causano una riduzione della velocità del flusso di vento nell'area posta sul retro della superficie spazzata dalle pale dell'aerogeneratore stesso;
2. Disponibilità delle WTG: perdite causate dallo spegnimento degli aerogeneratori nel momento in cui viene effettuata la manutenzione ordinaria degli stessi (Assunto valore standard pari al 98% del tempo totale di funzionamento delle macchine);
3. Disponibilità Rete, Sottostazione e BoP: perdite causate dalla mancata immissione di energia nella rete elettrica causate dalla manutenzione di quest'ultima;
4. Perdite elettriche: perdite dovute all'effetto Joule causate dai cavidotti e dall'impianto della sottostazione;
5. Adeguamento della curva di potenza: perdite dovute all'adeguamento della curva di potenza nel sito specifico d'impianto, naturalmente differente dal sito in cui il generatore eolico viene testato;
6. Spegnimento per alta temperatura: perdite causate dallo spegnimento degli aerogeneratori al raggiungimento di temperature non consone all'ottimale funzionamento di quest'ultimo;
7. Ambientale: perdite dovute allo spegnimento degli aerogeneratori causati da eventi climatici avversi;
8. Isteresi del vento: perdite causate dal tempo di riattivazione dell'aerogeneratore in caso di raggiungimento di velocità del vento troppo elevate o troppo basse (*cut-out* e *cut-in wind*);

9. Decurtazione della rete: perdite causate dalla riduzione di potenza richiesta dalla rete.

Dalle simulazioni precedentemente espone, la stima della producibilità per singola WTG si attesta a circa 12,68 GWh così come riportato nella seguente tabella.

Range di velocità [m/s]	f [%]	f	h	Power [kW]	Power [kWh]
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,00	3,65	0,04	319,67	0,00	0,00
2,00	7,76	0,08	680,34	0,00	0,00
3,00	11,21	0,11	982,78	40,00	39.311,28
4,00	13,37	0,13	1.172,34	250,00	293.084,48
5,00	13,99	0,14	1.226,04	563,00	690.260,91
6,00	13,16	0,13	1.153,33	1.032,00	1.190.232,37
7,00	11,28	0,11	988,63	1.693,00	1.673.742,89
8,00	8,87	0,09	777,83	2.565,00	1.995.130,21
9,00	6,44	0,06	564,10	3.657,00	2.062.928,85
10,00	4,31	0,04	378,08	4.777,00	1.806.083,43
11,00	2,68	0,03	234,55	5.642,00	1.323.350,02
12,00	1,54	0,02	134,82	5.956,00	802.978,18
13,00	0,82	0,01	71,84	5.998,00	430.867,22
14,00	0,40	0,00	35,49	6.000,00	212.944,97
15,00	0,19	0,00	16,26	6.000,00	97.558,40
16,00	0,08	0,00	6,91	6.000,00	41.442,72
17,00	0,03	0,00	2,72	5.842,00	15.891,14
18,00	0,01	0,00	0,99	5.353,00	5.314,92
19,00	0,00	0,00	0,34	4.887,00	1.641,09
20,00	0,00	0,00	0,11	4.424,00	465,42
21,00	0,00	0,00	0,03	3.966,00	121,03
22,00	0,00	0,00	0,01	3.495,00	28,64
23,00	0,00	0,00	0,00	3.012,00	6,13
24,00	0,00	0,00	0,00	2.580,00	1,21
25,00	0,00	0,00	0,00	2.044,00	0,20
	99,8	1,00	8.747,19		12.683.385,71

Tabella 7 - parametri di calcolo relativi alle frequenze, ore e producibilità energetica in funzione del range di velocità del vento.

5 CONCLUSIONI

L'impianto eolico a progetto, localizzato nel comune di Calatafimi Segesta (TP) è stato oggetto di simulazioni che hanno ipotizzato scenari pessimistici per garantire la massima sicurezza. Tuttavia, i risultati mostrano che l'impianto è in grado di sfruttare al meglio la risorsa eolica poiché non ci sono ostacoli o altre macchine che possano influenzare la produzione di energia.

Tuttavia, i valori stimati della produzione di energia sono stati rimodulati per tener conto di possibili perdite di efficienza come ad esempio; la disponibilità degli aerogeneratori, le perdite elettriche, l'efficienza delle pale, la manutenzione della sottostazione o eventuali perdite dovute all'incertezza dei valori di misurazione. Si prevede quindi che la produzione annuale di ogni singola turbina eolica si attesterà a circa 11,29 GWh/anno, con una riduzione stimata di circa il 10%, come definito nei paragrafi precedenti, rispetto ai valori calcolati inizialmente.

Le tabelle seguenti riassumo i risultati ottenuti dalle simulazioni precedentemente esposte, nel particolare in funzione dei dati di vento estrapolati ed elaborati nell'area studio si identificano:

- Nella prima tabella, le ore di lavoro teoriche del parco eolico a progetto;
- Nella seconda tabella, i valori di producibilità totali ed al netto delle perdite elettriche esposte precedentemente.

Ore di lavoro singola WTG	
	Ore/Anno
TOT	6972,46

Tabella 8 - Ore di lavoro teoriche del parco eolico a progetto

	Risultati previsionali singola WTG		Risultati previsionali 8 WTG	
	GWh/y	MWh/y	GWh/y	MWh/y
Producibilità teorica	12,68	12.683,39	101,47	101.467,09
Energia al netto delle perdite (~ 10%)	11,29	11.228,21	90,31	90.305,71

Tabella 9 - risultati previsionali di producibilità per singola WTG e intero impianto.