



PROGETTO DEFINITIVO

Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Del Giudice" di potenza in immissione pari a 50.4 MW e relative opere connesse da realizzarsi nei comuni di Santa Margherita di Belice, Sambuca di Sicilia, Menfi (AG) e Contessa Entellina (PA)

Titolo elaborato

RS06REL0005A0 – Studio anemologico

Codice elaborato

F0577BR06A

Scala

-

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Progettazione



F4 ingegneria srl

Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico
(ing. Giovanni Di Santo)



Gruppo di lavoro

Dott. For. Luigi ZUCCARO
Dott. For. Francesco NIGRO
Ing. Alessandro Carmine DE PAOLA
Ing. Federica COLANGELO
Ing. Mariagrazia LOVALLO
Ing. Gerardo Giuseppe SCAVONE
Ing. jr. Flavio Gerardo TRIANI
Dott. Ing. Daniele GERARDI
Ing. Manuela NARDOZZA



Società certificata secondo le norme UNI-EN ISO 9001:2015 e UNI-EN ISO 14001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).

Consulenze specialistiche

Committente

RH Sambuca Wind S.r.l.

Via dei Condotti 11
00187 – Roma (RM)

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Ottobre 2023	Prima emissione	RH	ADP	GDS

Impianto Eolico nei Comuni di Sambuca di Sicilia e Santa Margherita di Belice (AG)

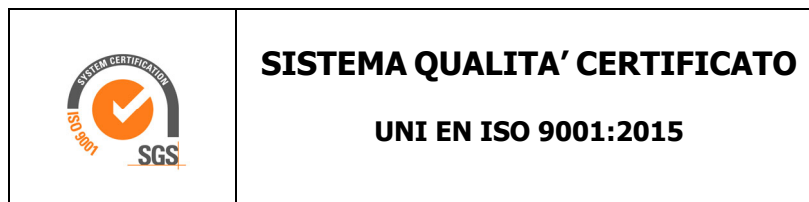
Regione Sicilia

Studio Anemologico e Valutazione preliminare della Produzione Eolica

CLIENTE	REVISIONE				REDAZIONE
	N°	MESE	ANNO	LUOGO	C. Gaioni
	00	Luglio	2023	GARDONE VAL TROMPIA	<i>Carlo Gaioni</i>
					APPROVAZIONE
ORDINE RIF.	C. Mazzarella				
		Accettazione ns. Offerta 197_BS_2023 del 21/06/2023			

**IL PRESENTE DOCUMENTO È DESTINATO AD USO ESCLUSIVO
DEL COMMITTENTE.**

**L'USO IMPROPRIO DA PARTE DI TERZI DI INFORMAZIONI,
DATI, ELABORATI, IMMAGINI IVI CONTENUTI È SANZIONABILE
NEI TERMINI DI LEGGE.**



SOMMARIO

1	PREMESSA	4
2	IL SITO	4
2.1	Localizzazione dell'impianto	5
3	I DATI ANEMOMETRICI.....	6
4	DATI IMPIANTO	7
4.1	Aerogeneratore	7
5	ELABORAZIONE DATI DI VENTO	9
5.1	Stazione anemometrica RIF1	9
5.2	Valutazione della velocità di lungo periodo (storicizzazione)	10
6	MODELLO DI CALCOLO	11
7	AREA DI APPLICAZIONE DEL MODELLO	12
8	VERIFICHE SUL MODELLO.....	12
8.1	Verifica dell'approssimazione della curva di Weibull.....	13
8.2	Verifica del gradiente al suolo della velocità del vento.....	13
8.3	Analisi di micrositing.....	14
8.4	Anemometro virtuale	15
9	RISULTATI DI WASP E PRODUCIBILITÀ LORDA DELL'IMPIANTO.....	17
10	PRODUCIBILITÀ DELL'IMPIANTO AL NETTO DELLE PERDITE	18
11	CONCLUSIONI	20

ALLEGATI:

Nr.	Titolo	DESCRIZIONE
1	Scheda Stazione	Scheda di identificazione della stazione anemometrica, la cui serie di dati è stata utilizzata per le stime e valutazioni dell'impianto in progetto, comprensiva di un certificato di calibrazione del modello di sensore di velocità installato e delle schede tecniche della catena di misura strumentale impiegata
2	Tabelle e Grafici	Analisi dati anemometrici con evidenza delle elaborazioni della serie utilizzata per le stime di produzione
3	Tavole	Tavola con ubicazione dell'impianto, costituito da un insieme di nove turbine
4	Brochure	Scheda tecnica del modello di aerogeneratore utilizzato nelle simulazioni

1 PREMESSA

La possibilità di utilizzare la fonte eolica per la produzione di energia elettrica è subordinata alla disponibilità di siti con caratteristiche idonee alla realizzazione di impianti. Tali caratteristiche si riassumono nella disponibilità di spazio sufficiente ad ospitare un certo numero di aerogeneratori, nell'accessibilità al sito in relazione al trasporto degli stessi, nella presenza di una rete elettrica capace di assorbire la nuova immissione di energia, nell'assenza di valori ambientali tali da compromettere l'accettabilità pubblica dell'impianto e, soprattutto, in un sufficiente livello di ventosità.

Oggetto del presente studio, realizzato da Tecnogaia per conto di **Rinnovabili Holding S.r.l.** è la caratterizzazione anemologica di un sito e la conseguente valutazione di producibilità (o della produzione attesa) di un impianto eolico in progetto nei Comuni di Sambuca di Sicilia e Santa Margherita di Belice, appartenenti al libero consorzio comunale di Agrigento, nella Regione Sicilia. Detta valutazione è stata svolta sulla base dei dati anemometrici di una stazione di misura denominata Riferimento 1 (cod. RIF1), scelta fra alcune serie disponibili e suffragata da confronti e correlazioni con dati di altre serie riferite all'area di interesse, a conferma che tale serie di dati è compatibile con quelle della zona di appartenenza, appartenente allo stesso regime di venti e rappresentativa del sito in oggetto.

In sintesi, l'attività svolta può essere suddivisa nelle seguenti fasi:

- Analisi, validazione ed elaborazione dei dati anemometrici disponibili
- Verifica del posizionamento storico della serie di dati disponibili (storicizzazione)
- Predisposizione della mappa territoriale in ingresso al modello con curve di livello e rugosità
- Simulazione del campo di vento mediante modello WASP
- Valutazione della produzione attesa dall'impianto mediante modello fluidodinamico, al lordo e al netto delle tipiche perdite d'esercizio stimate ($P_{50\%}$)

Tutta l'attività è stata svolta con approccio e strumenti professionali, secondo quanto previsto dalla metodologia definita all'interno del sistema di certificazione ISO 9001:2015 con cui è accreditata la nostra società. L'applicazione del modello di calcolo WASP è stata effettuata da personale esperto nell'impiego del software fluidodinamico del Risoe National Laboratory di Danimarca, produttore del modello stesso.

2 IL SITO

Il sito in oggetto si trova nel territorio comunale di Sambuca di Sicilia e Santa Margherita di Belice, appartenenti al libero consorzio comunale di Agrigento, nella parte nord-occidentale della Regione Sicilia.

L'area geografica che lo ospita, nel suo contesto più ampio, è caratterizzata da un'orografia moderatamente complessa, per lo più costituita da altopiani, e da una rugosità media. Nel particolare, il

sito destinato ad ospitare l'impianto ha variazioni di quota di circa 90m e altitudine media intorno ai 270 m. Non si rileva alcun rilievo importante e/o altro ostacolo influente. La ventosità proviene principalmente dai settori Nord-Nord/Ovest e Sud-Sud/Est.

Per quanto riguarda le caratteristiche orografiche del territorio, le principali informazioni sono:

- Altitudine media: **270 m slm**
- Orografia del sito: **moderatamente complessa**
- Orografia circostante il sito: **mediamente complessa**
- Utilizzo principale del terreno: **coltivazioni di viti / incolto**

Per il sito in oggetto sono state ipotizzate sei postazioni per altrettanti aerogeneratori in punti aventi una buona esposizione; per gli stessi non si riscontrano infatti ostacoli al flusso del vento.

Nell'**Allegato Tavole** viene riportata l'ubicazione di detto sito su stralcio di cartografia stradale in scala 1:200.000 e su stralcio di cartografia IGMI 1:25.000.

Dalle informazioni in nostro possesso e dalle ortofoto satellitari disponibili non si rilevano, a distanze tali da poter interferire, impianti eolici in esercizio nei dintorni a quello di progetto.

2.1 Localizzazione dell'impianto

Nella tabella sottostante, di dette localizzazioni degli aerogeneratori, coincidenti con le indicazioni di progetto fornite dal Committente, vengono riportate le coordinate, rispettivamente, nei sistemi metrici UTM WGS84 e UTM ED50.

AG	COORDINATE UTM-WGS84 F33		COORDINATE UTM-ED50 F33	
	Longitudine X	Latitudine Y	Longitudine X	Latitudine Y
T01	329,369	4,169,674	329,440	4,169,859
T02	329,932	4,169,933	330,002	4,170,118
T03	331,343	4,170,134	331,413	4,170,319
T04	329,520	4,172,846	329,590	4,171,031
T05	331,167	4,170,979	331,237	4,171,164
T06	329,594	4,171,958	329,664	4,172,143
T07	329,896	4,173,246	329,966	4,172,713
T08	330,396	4,173,246	330,466	4,173,431
T09	331,065	4,173,351	331,135	4,173,536

Nella tabella sottostante sono riportate le inter-distanze tra gli aerogeneratori d'impianto in metri (in alto a destra) e in diametri di un rotore da 170 m (in basso a sinistra). Come si può notare dalla tabella, tutte le posizioni sono distanziate di almeno 3 diametri di rotore.

Inter-D	T01	T02	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09
T01		617	2024	1180	2223	2293	2902	3715	4049
T02	3.6		1426	998	1621	2053	2598	3347	3603
T03	11.9	8.4		1955	858	2529	2781	3257	3234
T04	6.9	5.9	11.5		1656	1106	1703	2558	2944
T05	13.1	9.5	5.0	9.7		1850	2001	2392	2373
T06	13.5	12.1	14.9	6.5	10.9		654	1517	2026
T07	17.1	15.3	16.4	10.0	11.8	3.8		865	1426
T08	21.9	19.7	19.2	15.0	14.1	8.9	5.1		680
T09	23.8	21.2	19.0	17.3	14.0	11.9	8.4	4.0	

3 I DATI ANEMOMETRICI

Per le valutazioni di producibilità nel seguito descritte sono stati utilizzati i dati di una serie storica alla quale è stato attribuito il codice RIF1 e la descrizione Riferimento 1 e che ha misurato per oltre un anno nel Comune di Menfi. Le tabelle di seguito riassumono il monitoraggio anemometrico della stazione, relativo al periodo selezionato di circa un anno:

Nome Stazione	Codice Stazione	H Torre	Coordinate Geografiche WGS84		Altitudine
		s.l.s.	Latitudine	Longitudine	m s.l.m.
Riferimento 1	RIF1	15	37° 37'	12° 57'	111

Nome Stazione	Codice Stazione	Periodo selezionato		N°
		Inizio	Fine	Mesi
Riferimento 1	RIF1_1Y	01/11/2011	31/10/2012	12.0

Si segnala che, al fine di verifica della coerenza della serie di dati impiegata, è stata svolta un'analisi di micrositing con un'altra stazione, posta anch'essa nella più ampia area analizzata, con buoni risultati e discrepanze contenute, a suffragare la bontà della rappresentatività della risorsa da parte della stazione anemometrica scelta per il sito d'interesse. I risultati sono stati anche propedeutici alla conseguente valutazione di producibilità, al fine di definire i parametri utili e necessari alla metodologia impiegata nella stessa.

I processi di analisi dei dati anemometrici disponibili della stazione Riferimento 1, di validazione e di loro successiva elaborazione, per il periodo di 12 mesi indicato, sono ampiamente illustrati nell'**Allegato Tabelle e Grafici**, cui bisogna riferirsi per approfondimenti e verifiche. Vista la contenuta

disponibilità temporale di detta stazione, essa è stata sottoposta al processo di storicizzazione, grazie all'utilizzo di una serie ventennale di dati. Al termine sono state prese le opportune decisioni per determinarne il valore medio annuo storico, come dettagliato al Capitolo 5. Nello stesso Capitolo sono anche riportati, in particolare, i parametri caratteristici di RIF1.

4 DATI IMPIANTO

Le informazioni relative al progetto in oggetto considerate ai fini della valutazione sono le seguenti:

- Localizzazione del sito di prevista installazione delle turbine in progetto
- Caratteristiche del modello di aerogeneratore da impiegare nella valutazione di produzione attesa

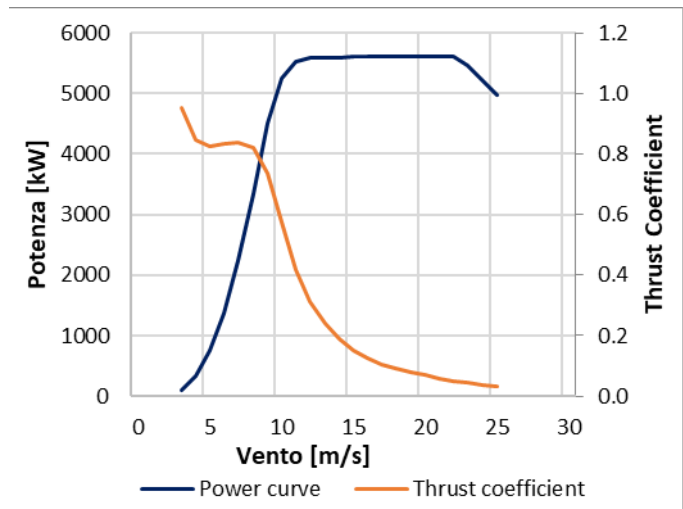
4.1 Aerogeneratore

Per le valutazioni di producibilità è stato indicato un modello di turbina di grande taglia. Nella tabella sottostante sono riportate alcune sue caratteristiche essenziali, mentre in **Allegato Brochure** è riportata la brochure descrittiva dello stesso:

COSTRUTTORE	MODELLO	Potenza nominale	Diametro Rotore	H Mozzo
SIEMENS GAMESA	SG 6.0-170 AM-6	5.6 MW	170 m	115 m

Nel seguito viene rappresentata nel suo sviluppo la curva di potenza, calcolata alla densità dell'aria corrispondente alla quota del mare di 0 m (pari a 1.225 kg/m³), unitamente alla curva di spinta (Thrust Coefficient) utile alla stima delle interferenze tra gli aerogeneratori.

Turbina	SG 6.0-170 AM-6		Diametro	170 m
Altezza di mozzo	115 m		Classe IEC	IIIA / IIIB *
Vento (m/s)	Potenza (kW)	Thrust Coefficient	Densità dell'aria (kg/m ³)	1.225
0	-	-		
1	-	-		
2	-	-		
3	89	0.953		
4	328	0.847		
5	758	0.824		
6	1376	0.833		
7	2230	0.837		
8	3344	0.823		
9	4512	0.737		
10	5249	0.574		
11	5518	0.419		
12	5584	0.311		
13	5597	0.238		
14	5599	0.189		
15	5600	0.153		
16	5600	0.126		
17	5600	0.106		
18	5600	0.091		
19	5600	0.079		
20	5600	0.070		
21	5600	0.057		
22	5600	0.050		
23	5460	0.043		
24	5212	0.037		
25	4964	0.032		
26	-	-		
27	-	-		
28	-	-		
29	-	-		
30	-	-		



* Classe attribuita al modello con altezza di mozzo pari a 115 m

5 ELABORAZIONE DATI DI VENTO

5.1 Stazione anemometrica RIF1

La stazione anemometrica denominata "Riferimento 1" (codice RIF1) ha raccolto dati in una località ad una quota inferiore di diverse decine di metri rispetto all'altitudine media del sito di interesse. Il territorio intercorrente tra il punto di prevista installazione dell'impianto e detta stazione, proprio grazie alla particolare posizione di quest'ultima e non rilevandosi significativi ostacoli tra i due punti, anche grazie alle correlazioni con gli altri presidi anemometrici, mantiene caratteristiche tali da poter rappresentare il comportamento della risorsa per un'ampia parte del territorio, compresa quella d'interesse per questo studio.

La stazione era costituita da un sostegno tubolare di altezza pari a 15 m, dotato della seguente strumentazione:

Apparecchiatura	H (dal suolo)	Tipo
Sensore: VELOCITÀ	15 m	NRG mod. MAX40C
Sensore: DIREZIONE	15 m	NRG mod. 200P
Acquisitore	3 m	Nomad 1

Il data-logger, di tipo Nomad 1, che ha registrato le grandezze di direzione e velocità, pre-elabora i dati campionati e registra i risultati ogni 10 minuti su apposita memoria magnetica.

Copia della scheda di identificazione e manutenzione della stazione, comprensiva di un certificato di calibrazione del modello di sensore di velocità installato sulla stessa e le schede tecniche della catena di misura strumentale impiegata, sono inclusi nell'**Allegato Scheda Stazione**.

I risultati conseguiti dalla lettura, validazione ed elaborazione dei dati del sensore di velocità installato sulla stazione anemometrica RIF1, per il periodo selezionato di 12 mesi, sono sintetizzati nella tabella sottostante.

Stazione anemometrica	H sensore	Periodo rilevazione	Disponibilità dati validati	Velocità media	Energia	Parametri distribuzione di Weibull	
codice	m	mesi	%	m/s	W/m ²	Vc (m/s)	K
RIF1_1Y	15	12.0	96.5	3.92	86	4.16	1.48

I dati non possono essere considerati 'storici' e di conseguenza sono stati sottoposti a una verifica di lungo periodo allo scopo di confermare l'allineamento della ventosità rilevata a quella attesa in sito nel lungo periodo.

5.2 Valutazione della velocità di lungo periodo (storicizzazione)

In virtù di una insufficiente disponibilità della serie di dati utilizzati (circa 1 anno), al fine di verificare il posizionamento storico della velocità media rilevata rispetto al lungo periodo, è stata svolta l'attività di storicizzazione di tali dati. La valutazione della velocità media del vento attesa nel lungo periodo in un sito candidato all'installazione di un impianto eolico è infatti un punto importante per la caratterizzazione della risorsa eolica con un accettabile grado di incertezza e diventa essenziale quando la disponibilità dei dati è limitata a periodi di tempo contenuti.

La stima della ventosità di lungo periodo (o storicizzazione) può essere effettuata utilizzando i dati di ventosità rilevati per diversi anni da una o più serie di dati anemometrici storici e mettendo in correlazione i dati rilevati contemporaneamente dalle stesse con quella rilevata nel sito in cui si vuole valutare la velocità media di lungo periodo. I punti del territorio a cui fanno riferimento le serie da confrontare devono essere possibilmente nelle medesime condizioni orografiche di esposizioni ai venti ed abbastanza vicini in modo che si possa ipotizzare siano soggetti agli stessi regimi di vento; è comunque possibile, mediante confronti e correlazioni, verificare la validità di queste condizioni.

Nel caso specifico, si è provveduto ad integrare i dati grazie ad due serie ventennali di dati contemporanei ERA5, ovvero la quinta release di rianalisi sul clima globale resa disponibile dal centro europeo ECMWF, assumendo che dette serie ricostruiscono con lo stesso criterio, nell'intero periodo considerato, il dato di ventosità (il cui valore medio, comunque, non è utilizzabile in valore assoluto ma solo qualitativamente), senza però avere informazioni a confortare tale tesi; i dettagli del punto utilizzato sono esposti nella tabella seguente:

Codice	Coordinate Geografiche WGS84	Alt. (s.l.m.)	H	Periodo di misura	
		(m)	(m)	Inizio	Fine
ERA5	Lat. 37.52° Long. 13.00°	0	100	Gennaio 2001	Dicembre 2020
ERA5T	Lat. 37.75° Long. 13.00°	120	100	Gennaio 2001	Dicembre 2020

In sintesi, la metodologia utilizzata nello studio ha seguito il seguente processo logico:

1. Confronto degli andamenti dei dati contemporanei di velocità media mensile della stazione di "Riferimento 1" e delle serie storiche "ERA5"
2. Correlazioni tra i dati contemporanei di velocità media mensile della serie di dati disponibili con quelli della serie storica
3. Storicizzazione dei dati della serie di Riferimento 1 con l'utilizzo dei parametri caratteristici della correlazione

Il confronto degli andamenti dei dati contemporanei tra le serie anemometriche ha dato esito positivo; il coefficiente di correlazione, discreto, abbinato alla consistenza del numero di valori correlati, esprime la bontà/validità del procedimento e consente di accettare la correlazione svolta.

I parametri della retta di regressione tra le medie mensili possono essere utilizzati come fattori di trasformazione della distribuzione del vento da un punto all'altro dell'area. Infatti, tali fattori spiegano, se pur in modo molto esemplificativo, i fenomeni di accelerazione o decelerazione della vena fluida del vento che scorre su un'area interessata dagli stessi venti.

Utilizzando i parametri della retta di regressione di cui non è condizione il passaggio per lo zero, si può affermare che:

$$\bar{V}_{(SITO, \text{ dati contemporanei})} = a \cdot \bar{V}_{(STORICA, \text{ dati contemporanei})} + b$$

E per analogia che:

$$\bar{V}_{(SITO, \text{ dati storici})} = a \cdot \bar{V}_{(STORICA, \text{ dati storici})} + b$$

Nel caso specifico, utilizzando i parametri *a* e *b* che appartiene alla retta di regressione della correlazione sopra descritta, che minimizza lo scarto quadratico dei residui, si ottiene che la ventosità misurata da Riferimento 1 nei 12 mesi di campagna anemometrica è superiore a quanto atteso rispetto al lungo periodo (nel confronto più cautelativo ottenuto con la ERA5T) di circa un punto e mezzo percentuale. Si ritiene quindi di adottare l'indicazione emersa dal processo intrapreso.

Pertanto, la velocità media annua stabile nel tempo di **"Riferimento 1" a 15 m dal suolo**, da utilizzare nelle successive elaborazioni, è pari a **3.86 m/s**.

Nel seguito vengono indicati i parametri che descrivono la serie dati da utilizzare per le valutazioni di producibilità:

Stazione anemometrica	H sensore	Periodo rilevazione	Disponibilità dati validati	Velocità media	Energia	Parametri distribuzione di Weibull	
codice	m	mesi	%	m/s	W/m ²	Vc (m/s)	K
RIF1_1Y	15	12.0	96.5	3.86	81	4.13	1.50

6 MODELLO DI CALCOLO

Il campo di velocità del vento su un sito eolico che consente di stabilire il potenziale energetico disponibile sulla sua superficie può essere dedotto con diverse metodologie. Quella più evoluta e diffusa è realizzata per mezzo di un modello virtuale dell'ambiente dove, all'interno della modellazione statica del territorio, agiscono delle grandezze fisiche dinamiche (il vento) nel tempo osservate. Con l'ausilio di

specifici modelli matematici di calcolo è possibile proiettare con buona approssimazione su intere aree geografiche la ventosità scaturita da rilevazioni effettuate anche in punti differenti.

Tutte le elaborazioni, le stime e le valutazioni in seguito descritte sono state effettuate con il codice (o modello) di calcolo WASP (Wind Atlas Analysis and Application Program) messo a punto dal Risoe National Laboratory di Danimarca e basato su un modello matematico del flusso del vento.

A partire dalla posizione spaziale di origine, i dati forniti al modello vengono utilizzati per costruire su tutta l'area di interesse il vento indisturbato in quota, detto anche vento geostrofico o Atlas, che si ritiene costante per diversi km dal suo punto di origine e che consente di rilevare in punti arbitrari dello spazio tutti i parametri utili alla stima della ventosità. Il campo di velocità del vento fornito dal modello è tridimensionale e ciò consente di disporre in modo naturale anche del profilo della velocità media a varie altezze dal suolo.

7 AREA DI APPLICAZIONE DEL MODELLO

Per conferire sufficiente stabilità al calcolo è necessario disporre di un modello territoriale tridimensionale con superficie più vasta di quella propriamente destinata all'impianto.

In questo caso si è utilizzata una mappa di circa 800 km², precisamente un rettangolo di 31 x 26 km, con curve di livello con passo di quota di 10 metri, derivate dal database Tinitaly (modello digitale senza soluzione di continuità [DEM] dell'intero territorio italiano), verificate nei dintorni della stazione e del sito. Per l'intera area si è utilizza la rugosità derivante dal database Corine Land 2018.

8 VERIFICHE SUL MODELLO

Dovendo agire all'interno di un modello virtuale e volendo disporre di risultati analizzabili criticamente, prima di intraprendere qualunque attività di calcolo occorre verificare che i dati offerti al modello abbiano prodotto un ambiente virtuale congruo con la realtà del sito, entro cui poi calare ogni simulazione. Se in questa fase di messa a punto del modello non si riscontreranno incongruenze tali da inficiare l'intero calcolo e/o da costringere a riconsiderare alcune scelte, si potrà procedere ad una valutazione della qualità del processo, utile alla determinazione dell'incertezza inevitabilmente insita nella metodologia utilizzata.

Nello specifico sono state effettuate verifiche sull'approssimazione della distribuzione in ingresso al modello e sul gradiente al suolo, cioè sulla capacità del modello di valutare correttamente le variazioni di velocità del vento al variare dell'altezza dal suolo. Inoltre, grazie alla presenza di un'altra serie di dati appartenente ad una stazione localizzata nell'area considerata, si è proceduto anche a svolgere un'analisi di micrositing, al fine di testare il comportamento del modello di calcolo, i cui risultati sono stati molto soddisfacenti.

8.1 Verifica dell'approssimazione della curva di Weibull

Il codice di calcolo WASP utilizza la distribuzione di Weibull per rappresentare i dati di vento e definisce il campo di vento indisturbato sull'area (Atlas) con i parametri derivati da tale distribuzione.

In una prima verifica vengono messi a confronto i parametri di velocità e di potenza della vena fluida sperimentali estrapolati (Measured) con la distribuzione di ventosità (Emergent) dedotta dal modello di calcolo.

Nella seconda i parametri sperimentali estrapolati vengono invece messi a confronto con quelli stimati dal modello, comprensivi delle informazioni territoriali, nel punto spaziale dell'anemometro (self prediction), partendo dal campo di vento (Atlas).

Relativamente alla prima verifica, quando le discrepanze risultano elevate denotano la mancata stabilizzazione secondo una lineare distribuzione di Weibull dei dati di vento registrati sul campo e i risultati prodotti da WASP saranno affetti da approssimazione.

Per la valutazione in oggetto entrambe le verifiche sono positive, con scostamenti praticamente nulli sul raffronto tra le ventosità e di meno di mezzo punto percentuale sui parametri di energia specifica.

Alla luce di quanto emerso e in considerazione di quanto espresso sopra, si può ritenere la verifica pienamente soddisfacente.

8.2 Verifica del gradiente al suolo della velocità del vento

Il gradiente al suolo della velocità del vento (alfa) è il parametro che consente di estrapolare la velocità del vento alle varie altezze dal suolo. La verifica consiste nel determinare l'entità dello scostamento che si riscontra confrontando due valori di velocità all'altezza del mozzo: il primo è quello frutto della stima del modello sulla verticale della stazione anemometrica ed il secondo è frutto dell'estrapolazione della ventosità in ingresso al modello con alfa sperimentale. Più in generale tali valori devono essere congrui con quello atteso nel punto di installazione della turbina in funzione della morfologia del territorio ad essa circostante. In pratica viene valutato l'errore che viene introdotto nella stima di velocità al mozzo usando l'alfa stimato da wasp confrontato con quello sperimentale e/o atteso.

Nel caso specifico, non disponendo di un valore di gradiente misurato per la stazione RIF1, il confronto può essere svolto unicamente confrontando il valore di gradiente atteso, sulla base del punto di installazione della torre di misura, e quanto stimato dal modello di calcolo nella stessa posizione.

Per soddisfare l'esigenza descritta, è stata effettuata una simulazione sulla verticale della stazione d'area, utilizzando in ingresso al modello i dati della stessa, confrontando i valori di alfa stimati tra l'altezza di misura e quella del mozzo utilizzato.

Un valore di gradiente che ci si possa attendere, sulla base della morfologia del territorio di appartenenza della stazione, è di media entità (0.15 – 0.20). Il valore di alfa stimato dal modello di calcolo, tra 115 e 15 m, è in linea, pari a 0.18. Grazie anche ad ulteriori verifiche con altre serie di dati

poste nell'area considerata, la cui fruibilità è a disposizione di TecnoGaia per usi interni, si ritiene, con approccio cautelativo, soprattutto rispetto a queste ultime informazioni, applicabile quanto il modello ha estrapolato.

Il risultato di tale processo è il seguente:

Stazione anemometrica	H estrap.	Periodo rilevazione	Disponibilità dati validati	Velocità media	Energia	Parametri distribuzione di Weibull	
codice	m	mesi	%	m/s	W/m ²	Vc (m/s)	K
RIF1_HH115	115	12.0	96.5	5.57	245	5.93	1.47

8.3 Analisi di micrositing

Quando per verificare la ventosità di un sito si hanno a disposizione serie di dati registrate da più stazioni anemometriche è possibile verificare il comportamento del modello confrontando le stime da esso ottenute utilizzando alternativamente in ingresso i dati di una di esse e il valore misurato dalle altre.

Nelle simulazioni di micrositing, solitamente gli errori sono contenuti quando il modello stima la velocità del vento sulla stazione stessa che l'ha generato, mentre potrebbero essere elevati quando la stessa valuta la ventosità dell'altra stazione in esame, soprattutto in proporzione alla distanza e, ovviamente, all'orografia del territorio intercorrente. Nel caso specifico, gli errori commessi nelle verifiche poste in atto, soprattutto a seguito del processo descritto al capitolo precedente, sono sempre stati all'interno di parametri accettabili, soprattutto in virtù delle variabili indicate (distanza e orografia intercorrente). Anche quest'ultima verifica si può ritenere soddisfacente, pur con tutti i limiti delle incertezze dei processi eseguiti.

8.4 Anemometro virtuale

Sulla base dei risultati ottenuti ai paragrafi precedenti con la stazione RIF1, è stata ricostruita una distribuzione del vento in sito di lungo periodo all'altezza dal suolo di 115 m in corrispondenza della posizione dell'aerogeneratore d'impianto **T08** che, come ventosità, altitudine e posizione, ben rappresenta l'intero parco eolico.

La figura sottostante riproduce, per l'anemometro virtuale creato in sito, la rosa dei venti in ingresso al modello di calcolo, mentre, di seguito sono riportate le tabelle anemologiche che contengono in dettaglio tutti i parametri in input al modello di calcolo WASP.

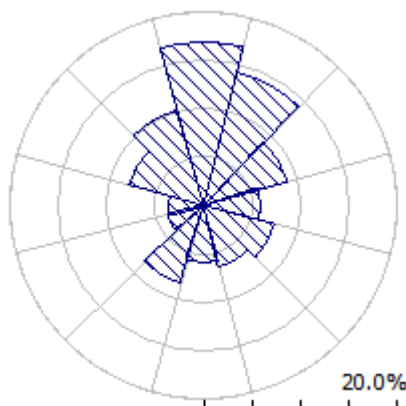
Nella prima parte della tabella sono riportati, per ciascuno dei 12 settori di direzione in cui è stato suddiviso l'angolo giro di 360° i seguenti parametri:

- A velocità caratteristica in m/s della distribuzione di Weibull
- k fattore di forma della distribuzione di Weibull
- U velocità media in m/s
- P potenza specifica della vena fluida in W/m²
- f frequenza percentuale del settore di provenienza del vento

Nella seconda parte della tabella sono riportate le distribuzioni delle velocità del vento per settori di direzione, fornite in input al modello. In particolare, le distribuzioni riportano, per ciascuna classe di velocità del vento di 1 m/s (U) e per ciascuno dei 12 settori di direzione, le frequenze espresse in 'per mille' delle velocità del vento comprese nella classe di velocità e nel settore di direzione. La colonna Total riporta la distribuzione delle velocità indipendenti dalle direzioni del vento.

'ANEMOMETRO VIRTUALE'- Observed Wind Climate

Stazione: RIFERIMENTO 1 – Site description: **T08** – Anemometer height: 115 m a.g.l.



	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
A	7.3	7.7	4.9	4.5	8.1	7.8	4.9	4.4	5.6	6.5	8.3	6.8
K	1.97	2.33	1.74	1.75	1.85	2.34	2.15	2.66	2.07	1.85	2.09	1.64
U	6.48	6.82	4.38	4.01	7.20	6.91	4.35	3.91	4.96	5.78	7.36	6.09
P	323	324	114	87	474	335	90	55	138	245	446	332
f	16.9	14.2	8.9	5.9	7.5	6.5	5.9	8.3	3.9	3.7	8.0	10.2

U	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	All
1.0	20	8	61	68	21	8	33	18	27	31	12	42	27
2.0	55	33	129	145	52	32	104	94	83	76	38	84	72
3.0	84	63	157	174	75	60	159	187	128	106	63	104	106
4.0	104	90	158	169	90	87	181	239	153	122	83	112	126
5.0	114	111	140	144	99	109	171	218	155	125	98	111	129
6.0	115	122	114	110	101	121	138	144	139	118	105	104	118
7.0	109	123	85	77	97	122	97	69	111	105	106	92	101
8.0	96	114	60	50	90	114	59	24	81	87	100	79	83
9.0	81	98	40	30	80	99	32	6	54	69	90	66	66
10.0	65	79	25	17	68	80	15	1	33	52	77	53	52
11.0	50	58	15	9	57	60	6	0	18	38	63	42	39
12.0	36	41	8	4	45	42	2	0	9	26	50	32	28
13.0	26	26	4	2	36	28	1	0	4	17	37	24	19
14.0	17	16	2	1	27	17	0	0	2	11	27	17	13
15.0	11	9	1	0	20	10	0	0	1	7	19	12	8
16.0	7	5	1	0	14	5	0	0	0	4	13	9	5
17.0	4	2	0	0	10	3	0	0	0	2	8	6	3
18.0	2	1	0	0	7	1	0	0	0	1	5	4	2
19.0	1	0	0	0	5	0	0	0	0	1	3	3	1
20.0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	2	1
21.0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0
22.0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
23.0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
24.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

9 RISULTATI DI WASP E PRODUCIBILITÀ LORDA DELL'IMPIANTO

I risultati ottenuti con l'applicazione del modello di calcolo WASP sono soggetti ad elaborazioni grafiche e numeriche per renderli più espliciti e per consentire le correzioni di tutte le approssimazioni introdotte dal modello di calcolo. La producibilità lorda dell'impianto è stata valutata in rapporto al modello di aerogeneratore indicato dal Committente e raffigurato al Capitolo 4.

I risultati ottenuti con il modello di calcolo sono riportati nella tabella sottostante

Turbina	Coordinate UTM ED50 Fuso 33		Elev. (m s.l.m.)	HH	Vmed	Lorda	Perdita Scia (*)	Lorda (netto scia)	Ore
	ID	X [m]							
T01	329,440	4,169,859	250	115.0	6.00	16,450	5.40	15,561	2779
T02	330,002	4,170,118	215	115.0	5.61	14,541	6.25	13,632	2434
T03	331,413	4,170,319	245	115.0	5.65	14,683	5.12	13,931	2488
T04	329,590	4,171,031	280	115.0	6.19	17,268	6.23	16,192	2891
T05	331,237	4,171,164	258	115.0	5.71	14,953	4.34	14,304	2554
T06	329,664	4,172,143	307	115.0	6.42	18,347	7.09	17,046	3044
T07	329,966	4,172,713	289	115.0	6.24	17,400	5.52	16,440	2936
T08	330,466	4,173,431	267	115.0	5.87	15,767	2.93	15,305	2733
T09	331,135	4,173,536	298	115.0	5.87	15,799	2.06	15,473	2763
MEDIE			267	115.0	5.95	16,134	4.99	15,320	2736
TOTALI						145,208		137,884	

La tabella riporta, nell'ordine:

- L'identificativo con riferimento alla tavola grafica allegata
- Le coordinate chilometriche nel sistema di riferimento UTM ED50
- La quota della fondazione del sostegno
- L'altezza di mozzo della simulazione
- La velocità media annua stimata, all'altezza di mozzo indicata
- La produzione lorda attesa, stimata dal modello
- La perdita percentuale di produzione attesa per effetto scia, stimata dal modello
- La produzione attesa, netta della perdita per scia calcolata

- Le ore annue equivalenti di funzionamento, espresse come rapporto tra la produzione netta attesa e la potenza nominale della macchina

Seguono, in calce, le medie ed i totali per le colonne di interesse

10 PRODUCIBILITÀ DELL'IMPIANTO AL NETTO DELLE PERDITE

La tabella sottostante riporta in sintesi la producibilità lorda.

Producibilità lorda						
Impianto	H Mozzo [m]	Potenza nominale [MW]	N° AG	Potenza impianto [MW]	Producibilità lorda [MWh/anno]	Ore [Ore/anno]
SG 6.0-170 AM-6	115.0	5.6	9	50.4	137,884	2736

A tale producibilità lorda devono essere sottratte le perdite d'impianto. Nella tabella seguente sono riportati i valori di perdita applicati: **si raccomanda la revisione degli stessi una volta sottoscritti tutti i contratti di fornitura delle turbine ed O&M, nonché una volta disponibile il progetto elettrico esecutivo dell'impianto.**

Perdite considerate	SG 6.0-170 AM-6
Densità aria (alla densità di 1.18 Kg/m ³)	-2.3%
Disponibilità aerogeneratori	-3.0%
Disponibilità aerogeneratori – non contrattuale	-0.5%
Disponibilità B.O.P.	-1.0%
Disponibilità rete	-0.2%
Perdite elettriche d'impianto	-1.5%
Perdite ambientali	-0.5%
Performance aerogeneratori	-1.5%
Totale perdite	-10.06%

Disponibilità Contrattuale degli Aerogeneratori: è stato assunto un valore standard del 97%

Disponibilità B.O.P.: questa perdita considera i fuori servizio del Balance of Plant, ovvero il valore di disponibilità garantita dal provider dei servizi O&M per il B.O.P. Il valore assunto dovrà essere rivisto alla chiusura delle negoziazioni del contratto O&M per il B.O.P.

Disponibilità Rete: tale perdita rappresenta gli eventuali fuori servizio della Rete Elettrica Nazionale a cui si collegherà l'impianto eolico. In tale analisi, è stato adottato un valore standard corrispondente a n. 3 eventi all'anno della durata media di 6 ore.

Perdite Elettriche: le perdite elettriche sono state assunte in assenza di informazioni sul progetto elettrico. Il valore dovrà eventualmente essere rivisto una volta disponibile il progetto esecutivo del Progetto.

Altre perdite: la voce tiene conto dei parametri ambientali (ghiaccio, shutdown per temperatura, ecc.). Non tiene invece conto di alcun wind sector management/sector-wise curtailment e/o limitazioni dovute all'impatto acustico e/o limitazioni di rete particolari, in quanto non sono disponibili o risultanti informazioni a riguardo.

Prestazione aerogeneratori: tale perdita tiene conto della degradazione pale, isteresi e prestazione non ottimale delle turbine.

Ne risulta, pertanto, la seguente producibilità netta:

Producibilità netta P _{50%}						
Impianto	Potenza nominale [MW]	N° AG	H mozzo (m)	Potenza impianto [MW]	Producibilità [MWh/anno]	Ore [Ore/anno]
SG 6.0-170 AM-6	5.6	9	115	50.4	124,013	2461

11 CONCLUSIONI

Il presente rapporto contiene i risultati dell'analisi di produzione attesa dall'impianto eolico in sviluppo in un sito ricadente nei Comuni di Sambuca di Sicilia e Santa Margherita di Belice, parte del libero consorzio comunale di Agrigento, Regione Sicilia.

La valutazione della producibilità è stata ottenuta mediante applicazione di un modello fluidodinamico del vento utilizzando in ingresso una serie di dati anemometrici appartenenti ad una stazione di rilevamento (Riferimento 1) le cui misure ben caratterizzano un ampio territorio circostante e le cui caratteristiche anemometriche soddisfano i requisiti temporali richiesti dalla normativa regionale. La sua bontà e validità è stata confermata, anche nel processo di storicizzazione conclusosi con esito positivo.

In generale, la messa a punto del modello di calcolo si rende necessaria per valutare, attraverso una serie di verifiche e di controlli successivi, la sua capacità ad interpretare i dati di ventosità ed in particolare gli effetti dell'orografia e della rugosità del terreno sulla corretta estrapolazione della velocità del vento al mozzo delle macchine. Le verifiche sul modello hanno consentito di trovare le soluzioni per mantenere sotto controllo il grado di incertezza introdotto dal modello nel calcolo in ogni fase del processo.

I siti più interessanti dal punto di vista dell'installazione di un impianto eolico sono caratterizzati da livelli di ventosità tali da comportare valori di utilizzazione dello stesso per un numero minimo di ore annue di funzionamento, tale da garantirne la convenienza economica dell'iniziativa. Questo valore può variare a seconda della taglia dell'aerogeneratore adottato poiché varia il costo dell'aerogeneratore stesso e più in generale dei costi di investimento e di gestione dell'impianto. Nel caso specifico, una discreta ventosità e grazie all'utilizzo di un modello turbina di nuova generazione, l'impianto in progetto soddisfa questi criteri.

Nel complesso i processi applicati non hanno comportato difficoltà di esecuzione superiori alla norma, poiché il sito è interessato da un'orografia solo moderatamente complessa e le verifiche sul modello di calcolo hanno dato esiti soddisfacenti.

ALLEGATO 1

DEUTSCHER KALIBRIERDIENST **DKD**

Kalibrierlaboratorium für Strömungsgeschwindigkeit von Luft
Calibration laboratory for velocity of air flow

Akkreditiert durch die / *accredited by the*
 Akkreditierungsstelle des DKD bei der

PHYSIKALISCH-TECHNISCHEN BUNDESANSTALT (PTB)

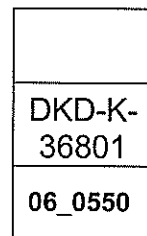


Deutsche WindGuard
 Wind Tunnel Services GmbH
 Varel



Kalibrierschein *Calibration Certificate*

Kalibrierzeichen
Calibration label



Gegenstand <i>Object</i>	Cup Anemometer
Hersteller <i>Manufacturer</i>	NRG Systems USA Hinesburg VT 05461
Typ <i>Type</i>	#40(S)
Fabrikat/Serien-Nr. <i>Serial number</i>	Body: 13353 Cup: 13353
Auftraggeber <i>Customer</i>	TecnoGaia S.r.l. I-20099 Sesto San Giovanni
Auftragsnummer <i>Order No.</i>	VT06164
Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines <i>Number of pages of the certificate</i>	3
Datum der Kalibrierung <i>Date of calibration</i>	16.05.2006

Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Rückführung auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI). Der DKD ist Unterzeichner der multi- lateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine.


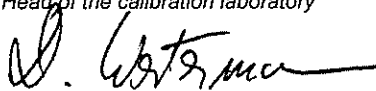
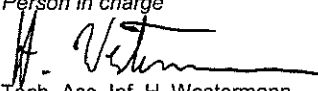
Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.

This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI). The DKD is signatory to the multilateral agreements of the European co-operation for Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates.

The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung sowohl der Akkreditierungsstelle des DKD als auch des ausstellenden Kalibrierlaboratoriums. Kalibrierscheine ohne Unterschrift und Stempel haben keine Gültigkeit.

This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of both the Accreditation Body of the DKD and the issuing laboratory. Calibration certificates without signature and seal are not valid.

Stempel <i>Seal</i>	Datum <i>Date</i>	Leiter des Kalibrierlaboratoriums <i>Head of the calibration laboratory</i>	Bearbeiter <i>Person in charge</i>
	16.05.2006	 Dipl. Phys. D. Westermann	 Tech. Ass. Inf. H. Westermann

Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services GmbH
 Oldenburger Str. 65
 26316 Varel ; Tel. ++49 (0)4451 9515 0



Kalibriergegenstand

Object Cup Anemometer

Kalibrierverfahren

Calibration procedure MEASNET - Cup Anemometer Calibration Procedure – 09 1997
ISO 3966 – Measurement of fluid in closed conduits - 1977

Ort der Kalibrierung

Place of calibration Windtunnel of Deutsche WindGuard, Varel

Messbedingungen

Test Conditions

wind tunnel area ¹⁾	10000 cm ²
anemometer frontal area ²⁾	185 cm ²
diameter of mounting pipe ³⁾	16 mm
blockage ratio ⁴⁾	0.019 [-]
blockage correction ⁵⁾	0.998 [-]
average WindGuard reference ⁶⁾	12.6 1/s (NRG #40)
present WindGuard reference ⁷⁾	12.5 1/s

Umgebungsbedingungen

Test conditions

air temperature	19.0 deg
air pressure	1013.1 hPa
relative air humidity	50.1 %

Dateiinformation

File info C:\ak\aktuell\06_0550.kor

Anmerkungen

Remarks -

Auswertesoftware

Software version 2.0

- ¹⁾ Querschnittsfläche der Auslassdüse des Windkanals
- ²⁾ Vereinfachte Querschnittsfläche (Schattenwurf) des Prüflings inkl. Montagerohr
- ³⁾ Durchmesser des Montagerohrs
- ⁴⁾ Verhältnis von 2) zu 1)
- ⁵⁾ Korrekturfaktor durch die Verdrängung der Strömung durch den Prüfling
- ⁶⁾ Referenzwert des Referenzanemometers bei 10 m/s (Mittelwert)
- ⁷⁾ Aktueller Wert des Referenzanemometers

Kalibrierergebnis:

Result:

Anzeige Pruefling	Stroemungs- geschwindigkeit	Erweiterte Messunsicherheit
1/s	m/s	m/s
5.092	4.231	0.09
7.535	6.139	0.07
10.033	8.053	0.07
12.450	9.979	0.08
15.060	11.983	0.09
17.617	13.940	0.10
20.206	15.895	0.11
18.900	14.900	0.10
16.192	12.861	0.09
13.631	10.887	0.08
11.116	8.937	0.07
8.710	7.050	0.07
6.343	5.188	0.08

Angegeben ist die erweiterte Messunsicherheit, die sich aus der Standardmessunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor $k=2$ ergibt. Sie wurde gemäß DKD-3 ermittelt. Der Wert liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % im zugeordneten Wertintervall.

Der Deutsche Kalibrierdienst ist Unterzeichner der multilateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine. Die anderen Unterzeichner aus Europa sind zur Zeit die Akkreditierungsstellen in Belgien, Dänemark, Finnland, Frankreich, Irland, Italien, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich. Außerhalb Europas sind zur Zeit Akkreditierungsstellen der Länder Australien, Brasilien, China, Indien, Japan, Kanada, Neuseeland, Singapur, Südafrika, Taiwan, Vereinigte Staaten von Amerika und Vietnam Mitunterzeichner der Übereinkommen.

1 Detailed MEASNET¹ Calibration Results

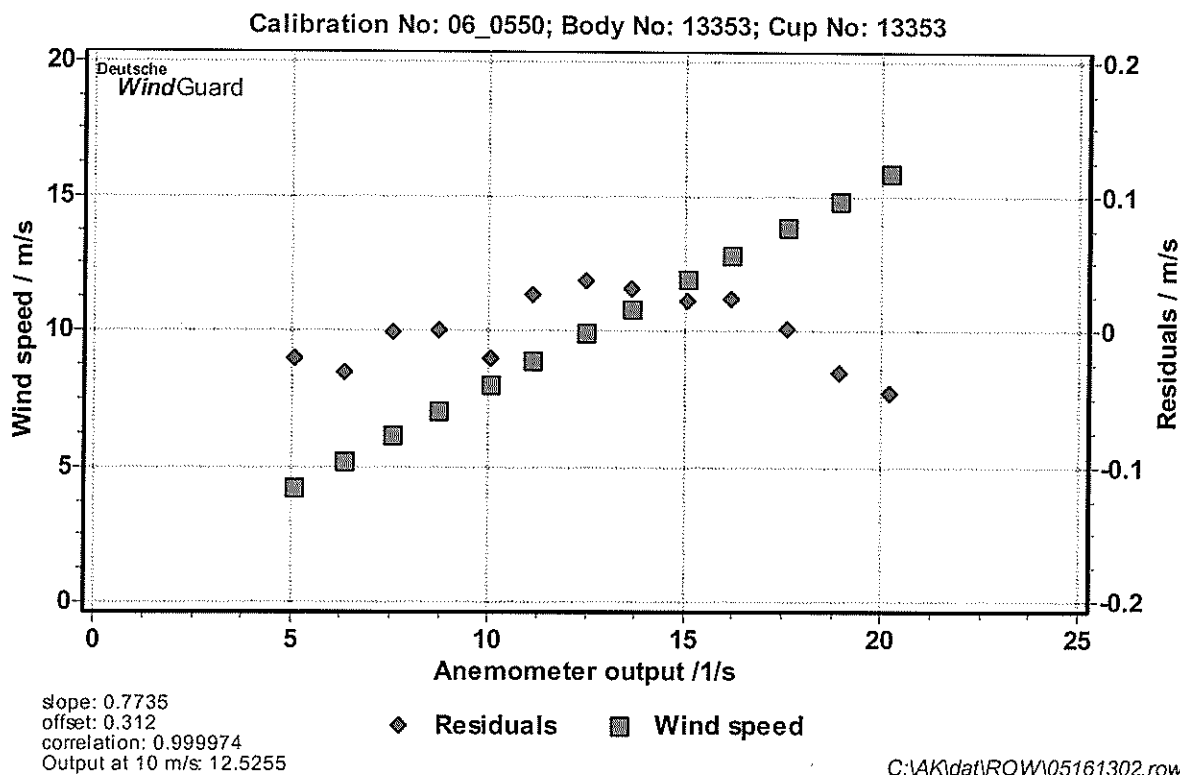
DKD calibration no. 06_0550
Body no. 13353
Cup no. 13353
Date 16.05.2006
Air temperature 19.0 deg
Air pressure 1013.1 hPa
Humidity 50.1 %



Linear regression analysis

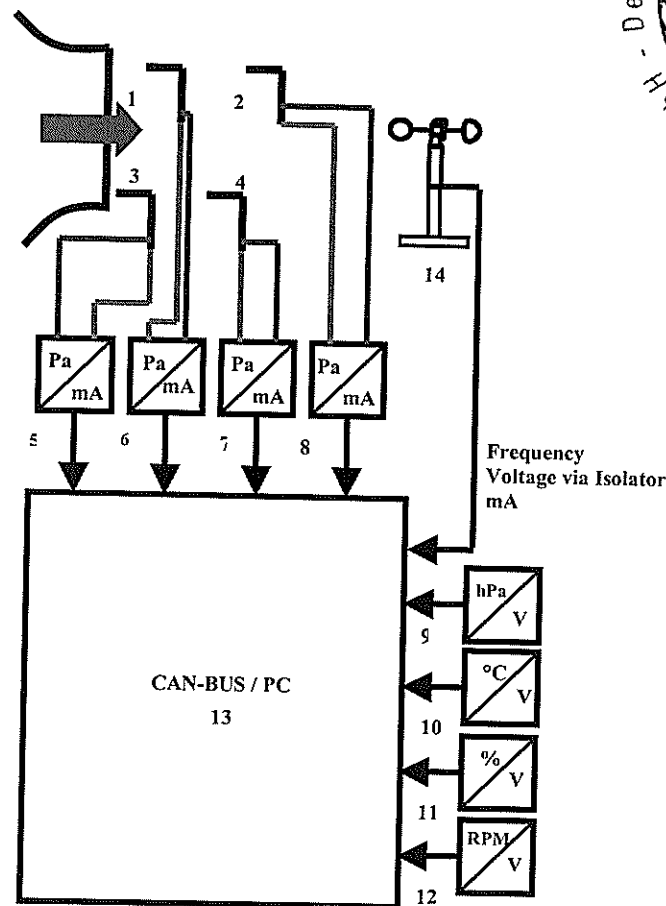
Slope 0.77346 (m/s)/(1/s) ± 0.00168 (m/s)/(1/s)
Offset 0.312 m/s ± 0.022 m/s
St.err(Y) 0.031 m/s
Correlation coefficient 0.999974

Remarks no



¹) According to MEASNET Cup Anemometer Calibration Procedure 09/1997. Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services is accredited by MEASNET and by the Deutscher Kalibrierdienst – DKD (German Calibration Service) and Physikalisch Technische Bundesanstalt – PTB (Federal Office for Physics and Technique). Registration: DKD – K – 36801

2 Instrumentation

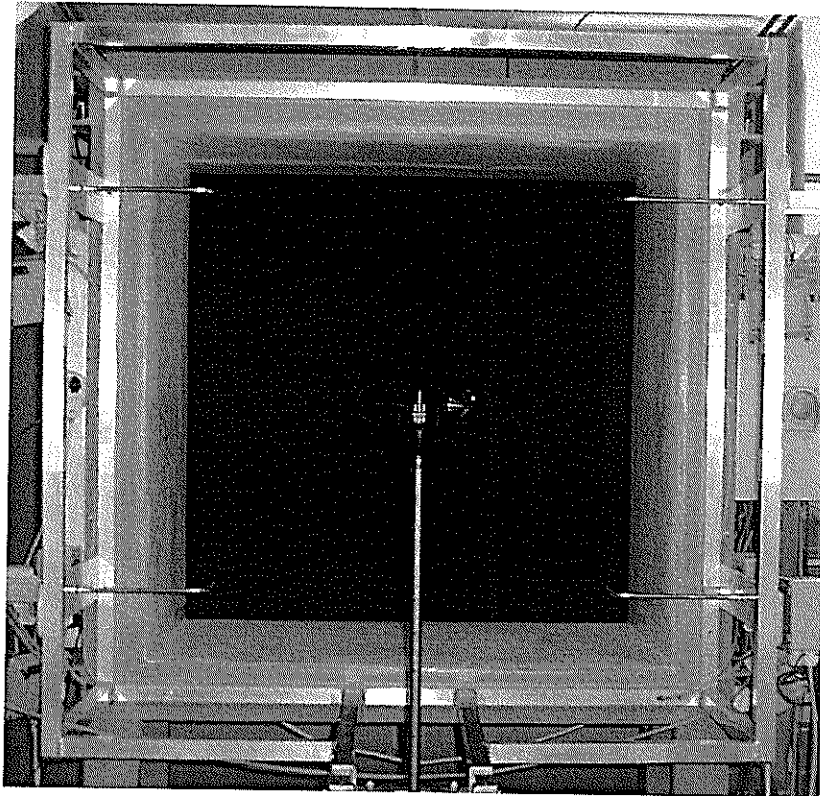


Pos.	Sensor	Manufa.	Identification	Year	Calibration
1	Pitot static tube	Airflow	483/8 Nr. 000142	02	06/02
2	Pitot static tube	Airflow	483/8 Nr. 000143	02	06/02
3	Pitot static tube	Airflow	483/8 Nr. 000144	02	06/02
4	Pitot static tube	Airflow	483/8 Nr. 000145	02	06/02
5	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688081	02	12/04
6	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688082	02	12/04
7	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688083	02	12/04
8	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688084	02	12/04
9	El. Barometer	Vaisala	100 A Nr. X2010004	02	12/04
10	El. Thermometer	Galltec	KPK 1/6-ME	02	12/04
11	El. Humidity sensor	Galltec	KPK 1/6-ME	02	12/04
12	Wind tunnel control	-	-	-	-
13	CAN-BUS / PC	esd	-	04	05/04
14	Anemometer	-	-	-	-
15	Universal Isolator	Knick	P2700 - 58285/8198430	05	01/06

Table 1 Description of the data acquisition system



3 Photo of the calibration set up



Measuring set-up of the anemometer calibration in the wind tunnel of Deutsche WindGuard, Varel.
The anemometer shown is of the same type as the calibrated one.
Remark: The proportion of the set-up are not true to scale due to imaging geometry.

4 Deviation to the MEASNET calibration procedure

The calibration procedure is in all aspects in accordance with the IEC 61400 Procedure (formerly MEASNET Procedure)

5 References

- [1] J. Mander, D. Westermann, 08 2005
Verfahrensanweisung DKD-Kalibrierung von Windgeschwindigkeitssensoren
- [2] IEC 61400-121 CD
Wind Turbine Power Performance Testing
June 2002
- [3] ISO 3966 1977
Measurement of fluid flow in closed conduits
- [4] MEASNET
Cup Anemometer Calibration Procedure
09 1997

SPECIFICATIONS

NRG #40C Anemometer

FEATURES

- The standard anemometer used in the wind energy industry
- Short distance constant
- Simple, durable design



The NRG #40C anemometer is the industry standard anemometer used worldwide. NRG #40 anemometers have recorded wind speeds of 96 m/s (214 mph). Their low moment of inertia and unique bearings permit very rapid response to gusts and lulls. Because of their output linearity, these sensors are ideal for use with various data retrieval systems. A four pole magnet induces a sine wave voltage into a coil producing an output signal with a frequency proportional to wind speed. The #40C is constructed of rugged Lexan cups molded in one piece for repeatable performance. A protective rubber terminal boot is included.

SPECIFICATIONS

Description	Sensor type	3-cup anemometer
	Applications	<ul style="list-style-type: none">• wind resource assessment• meteorological studies• environmental monitoring
	Sensor range	1 m/s to 96 m/s (2.2 mph to 214 mph) (highest recorded)
	Instrument compatibility	all NRG loggers
Output signal	Signal type	low level AC sine wave, frequency linearly proportional to windspeed
	Transfer function	$m/s = (Hz \times 0.765) + 0.35$ [miles per hour = $(Hz \times 1.711) + 0.78$]
	Accuracy	within 0.1 m/s (0.2 mph) for the range 5 m/s to 25 m/s (11 mph to 55 mph)
	Calibration	each anemometer individually calibrated, calibration reports provided via electronic download
	Output signal range	0 Hz to 125 Hz (highest recorded)

Global leaders in wind assessment technology



110 Riggs Road • Hinesburg • VT 05461 USA • TEL (802) 482-2255 • FAX (802) 482-2272 • EMAIL sales@nrgsystems.com

SPECIFICATIONS

Response characteristics	Threshold	0.78 m/s (1.75 miles per hour)
	Distance constant (63% recovery)	3.0 m (10 feet)
	Moment of inertia	$68 \times 10^{-6} \text{ S-ft}^2$
	Swept diameter of rotor	190 mm (7.5 inches)
Installation	Mounting	onto a 13 mm (0.5 inch) diameter mast with cotter pin and set screw
	Tools required	0.25 inch nut driver, petroleum jelly, electrical tape
Environmental	Operating temperature range	-55 °C to 60 °C (-67 °F to 140 °F)
	Operating humidity range	0 to 100% RH
Physical	Connections	4-40 brass hex nut/post terminals
	Weight	0.14 kg (0.3 pounds)
	Dimensions	<ul style="list-style-type: none"> • 3 cups of conical cross-section, 51 mm (2 inches) dia. • 81 mm (3.2 inches) overall assembly height
Materials	Cups	one piece injection-molded black polycarbonate
	Body	housing is black ABS plastic
	Shaft	beryllium copper, fully hardened
	Bearing	modified Teflon, self-lubricating
	Magnet	Indox 1, 25 mm (1 inch) diameter, 13 mm (0.5 inch) long, 4 poles
	Coil	single coil, bobbin wound, 4100 turns of #40 wire, shielded for ESD protection
	Boot	protective PVC sensor terminal boot included
	Terminals	brass

Global leaders in wind assessment technology



110 Riggs Road • Hinesburg • VT 05461 USA • TEL (802) 482-2255 • FAX (802) 482-2272 • EMAIL sales@nrgsystems.com

SPECIFICATIONS

NRG #200P Wind Direction Vane

FEATURES

- The standard wind direction vane used in the wind energy industry
- Simple, durable design
- Corrosion-resistant materials



The NRG #200P wind direction vane is the industry standard wind direction vane used worldwide. The thermoplastic and stainless steel components resist corrosion and contribute to a high strength-to-weight ratio. The vane is directly connected to a precision conductive plastic potentiometer located in the main body. An analog voltage output directly proportional to the wind direction is produced when a constant DC excitation voltage is applied to the potentiometer. A rubber terminal boot is included.

SPECIFICATIONS

Description	Sensor type	continuous rotation potentiometric wind direction vane
	Applications	<ul style="list-style-type: none"> • wind resource assessment • meteorological studies • environmental monitoring
	Sensor range	360° mechanical, continuous rotation
	Instrument compatibility	all NRG loggers
Output signal	Signal type	Analog DC voltage from conductive plastic potentiometer, 10K ohms
	Transfer function	Output signal is a ratiometric voltage
	Accuracy	potentiometer linearity within 1%
	Dead band	8° Maximum, 4° Typical
	Output signal range	0 V to excitation voltage (excluding deadband)
Power requirements	Supply voltage	Regulated potentiometer excitation of 1 V to 15 V DC
Response characteristics	Threshold	1 m/s (2.2 miles per hour)
Installation	Mounting	onto a 13 mm (0.5 inch) diameter mast with cotter pin and set screw
	Tools required	0.25 inch nut driver, petroleum jelly, electrical tape
Environmental	Operating temperature range	-55 °C to 60 °C (-67 °F to 140 °F)



Global leaders in wind assessment technology

110 Riggs Road · Hinesburg · VT 05461 USA · TEL (802) 482-2255 · FAX (802) 482-2272 · EMAIL sales@nrgsystems.com

SPECIFICATIONS

	Operating humidity range	0 to 100% RH
	Lifespan	50 million revolutions (2-6 years normal operation)
Physical	Connections	4-40 brass hex nut/post terminals
	Weight	0.14 kg (0.3 pounds)
	Dimensions	<ul style="list-style-type: none">• 21 cm (8.3 inches) length x 12 cm (4.3 inches) height• 27 cm (10.5 inches) swept diameter
Materials	Body	black UV stabilized static-dissipating plastic
	Shaft	stainless steel
	Bearing	stainless steel
	Wing	black UV stabilized injection molded plastic
	Boot	protective PVC sensor terminal boot included
	Terminals	brass

Global leaders in wind assessment technology



110 Riggs Road · Hinesburg · VT 05461 USA · TEL (802) 482-2255 · FAX (802) 482-2272 · EMAIL sales@nrghsystems.com

NOMAD



The first name in wind energy electronics

SECONDWIND

www.secondwind.com

If you're conducting wind energy research—resource assessment, micro-siting or turbine performance—

NOMAD makes wind measurement easy and reliable. **SECOND WIND** builds **NOMADs** with the best features for wind resource assessment in remote areas, or advanced studies of site conditions and turbine performance.

NOMAD IS THE TOOL OF CHOICE, shipped with a standard configuration and ready for your selection of sensors, slope and offset corrections, and statistics.

NOMAD PACKAGES are available that include meteorological towers, wind tunnel calibrated anemometers, sensors, graphing software, and all



NOMAD's front panel is designed for convenient operation.

accessories. Customize your wind measurement package to meet your individual needs.

RUN A STUDY YOUR WAY. Record internally or to removable memory cards. Download data to a portable computer or modem. Choose the algorithms and recording intervals that suit your needs.

LET IT RAIN AND THUNDER. Let it freeze to -40° . Leave it unattended for months, **NOMAD** works reliably and conveniently in severe outdoor environments.

LEAVE THE MANUAL AT HOME and you can still operate **NOMAD** with ease. A high-contrast 48-character display lets you review data and sensor information without interrupting logging.

MONITOR THE WIND PLUS whatever else your study requires. Temperature. Solar insolation. Air pressure. Turbine power output. Water pumper stroke rate. Configure **NOMAD** from the front panel — no hardware modifications or switches to set.

USE ANY 3 ANEMOMETERS. Select preset scaling for popular sensors or enter your own. Anemometer inputs double as all-purpose counters. Measure shaft RPM, flow rate, rainfall . . . in familiar units and with remarkable precision.

AND 4 ANALOG INPUTS are provided for meteorological and power transducers. Connect wind vanes to 1000 feet of cable and measure wind direction to $\pm 2^{\circ}$. There's excitation for passive sensors. And ambient temperature is always available internally.

NOMAD

is the instrument for you.

NOMAD is perfect for wind energy surveys of large areas, inexpensive enough for single-height studies, powerful enough for multi-level monitoring.

GET THE DATA YOU WANT. Choose storage intervals from 1 minute to 1 day. Choose different intervals for different data — record 10 minute wind speeds and hourly temperature, for example.

INTERPRET DATA IN THE FIELD. Instruct NOMAD to display data sequentially or statistically. View wind speed to check sensor operation and to profile the site. Scan real-time data for high winds and peak power outputs from the last storm. Calculate power curves while the turbine is running and go home with the one-minute data in your pocket.

WIND TURBINE POWER CURVES may be difficult to get with other instruments, but they're no problem for NOMAD. Connect a generator contactor signal to the STATE input and record on line performance along with conventional power curves. Meet AWEA standards with ease.

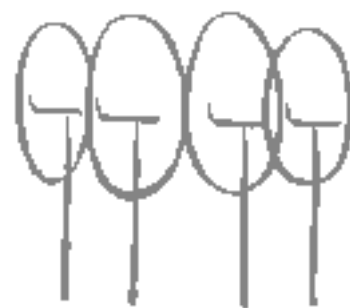
PLENTY OF MEMORY. NOMAD's generous 24KB internal memory can store over 250 days of hourly speed, direction, and turbulence data. Insert memory cards of up to 512KB capacity into the front panel and run data-intensive studies for months. Whatever storage you use, NOMAD calculates remaining memory and displays it in numeric format.

RS-232 SPOKEN HERE. Communicate with NOMAD through a "PC-AT" style connector on the front panel. Connect your portable computer and send data to disk. Get a standard modem and call NOMAD by telephone.

POWER IS NOT A PROBLEM. Slide one or two standard 9-volt batteries into the front panel. Display voltages and replace batteries while logging. NOMAD can also be powered externally by solar panel or low voltage DC or AC supply.

ENGINEERED FOR RELIABILITY. Transient protected. Internally shielded. Conformally coated circuitry. Automatic failure recovery and low-power shut-down features guard against data corruption.

ENGINEERED BY SECOND WIND. Solving problems for wind energy since 1980. We make advanced measurement systems for wind, wind farms, and substations.



SECONDWIND

The first name in wind energy electronics

NOMAD SPECIFICATIONS

PHYSICAL:

Size: 10.5 x 9 x 6.5 inches
(267 x 229 x 165 mm)
Weight: 5.4 lbs. (2.5 kg)
Case: NEMA-4X weatherproof, fiberglass,
integrated lock hasps

ENVIRONMENTAL:

Operating Temperature
Display Off: -40° to 85° C
Display On: -20° to 70° C
Storage Temperature: -40° to 85° C

POWER REQUIREMENTS:

Internal Power:
1 to 2 9-Volt batteries 5.5 VDC
Min. battery voltage:
External Power:
Voltage: 11 to 24 VDC
or 10 to 15 VAC
Current: 50µA max
Power Consumption
Quiescent: 100µA
Maximum active: 40µA
Typical average: 350µA

TIME KEEPING:

Time Base: ±1 minute/month
Automatic leap year correction

DISPLAY:

2 x 24 alphanumeric LCD, temperature
compensated, with manual contrast control

SERIAL PORT:

Connector: 9 Pin D-Subminiature
Baud rate is user settable to 300,
1200, 2400, or 9600 bps

INPUTS:

Anemometers/Counters
Number: 3
Type: Low level AC sine wave or 0
to 15-30 V square wave
Bandwidth: 0-1,000 Hz (AC sine wave)
0-2,048 Hz (square wave)

Vane/Analog Inputs:
Number: 4
Vane Type: 1KΩ to 100 KΩ pot.
Potentiometer dead band compensated.
Analog: 0≤ V(in) ≤ 2.50 VDC

All inputs low pass filtered.

State Input: ≤ 1 VDC
V (Off Line): ≥ 1.25 VDC
V (On Line):

Battery Voltages:

	Internal(2)	RAM Card
Range:	0-15 VDC	0-5 VDC
Resolution:	60mV	20mV
Accuracy:	±60mV	±20mV

SAMPLING:

All inputs sampled at 1 Hz

PROCESSING INTERVALS:

Processing for each data type selectable for 1,
5, 10, 15, 20, or 30 minutes, hourly, or daily.

DISPLAYED DATA:

- Current sensor readings displayed in engineering units, updated each second.
- Wind speed units in mph, m/s, kph, or knots
- Counter and analog data scaled by user-supplied stops and offsets.
- Time series data displayed vs. data and time

STORED DATA:

(Specifications are for data logger without sensors, except for internal temperature.)

Wind Speed:
Functions: average, peak, standard deviation and turbulence
Range: 0 to 255.9 mph
Resolution: .1 mph
Accuracy: ± .5 mph
(Direction, time of peak can also be recorded.)
Vector Wind Direction:
Range: 0 to 360° mph
Resolution: 1.5°
Accuracy: ±2°
Internal Temperature:
Functions: average, max., min.
Range: -40° to 85°C
Resolution: 1°C
Accuracy: ±2°C (±3°F)
Counter Data:
Functions: average, max., min., standard deviation
Range: 0 to ±2048 counts
Resolution: 1 count
Accuracy: ±1 count
Analog Data:
Functions: average, max., min., standard deviation
Range: 0 to 2.5 VDC
Resolution: 10 mV
Accuracy: ±10 mV
Turbine State:
Range: 0 to 100%
Resolution: ±1%
Accuracy: ±1%

STORAGE CAPACITY:

Internal Memory: 24K Bytes
RAM cards: 32K to 512K Bytes

Capacity depends on the data functions and averaging intervals selected.

Examples:	Case 1	Case 2	Case 3
Internal:	167	28	14 days
128K card:	<u>889</u>	<u>148</u>	<u>75 days</u>
Total:	1056	176	89 days

Case 1: Hourly average turbine power, wind speed, direction and standard deviation (turbulence).

Case 2: Ten-minute average turbine power, wind speed, direction and turbulence.

Case 3: Ten-minute average turbine power, solar insolation, turbine state, wind speed and direction at two levels, and turbulence.

BATTERY LIFE:

Hourly Average: 1 anemometer + 1 vane:
119 days, Alkaline
238 days, Lithium

WARRANTY:

One year against defects in materials and workmanship.

ALL SPECIFICATIONS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE.

ALLEGATO 2

GUIDA ALL' INTERPRETAZIONE DELLE TABELLE E DEI GRAFICI

- TABELLA A :** Tabulazione della curva di durata della velocità del vento ottenuta dai dati sperimentali.
- Al variare della velocità (valore medio nei 10 minuti) con passo di 0.5 m/s, sono riportati il numero di ore in cui tale velocità è superata e la relativa percentuale del tempo totale riferito ad un anno.
- Sono inoltre stimati i parametri della distribuzione di Weibull, velocità caratteristica V_c e fattore di forma k , e sulla base di tale distribuzione sono riportati i valori calcolati della velocità media V_{med} , dello scarto quadratico medio $sqmV$, della velocità media cubica V_{cub} e della potenza specifica P_v .
- GRAFICO 1 :** Riporta quattro curve:
- curva di durata sperimentale (curva con contrassegno -□-) i cui valori in ordinata riportano la percentuale del tempo totale (dell'anno) in cui la velocità del vento è superata;
 - curva di durata di Weibull (curva nera continua) ottenuta da quella sperimentale linearizzata applicando il metodo di interpolazione coi minimi quadrati, essa è definita dai due parametri V_c e k indicati;
 - istogramma che riporta in ordinata, in unità arbitrarie, un valore proporzionale alla frequenza della velocità del vento compresa tra i diversi intervalli di velocità di ampiezza 0.5 m/s;
 - distribuzione di frequenza della corrispondente distribuzione di Weibull (curva nera continua che interpola l'istogramma).
- GRAFICO 2 :** Riporta la distribuzione polare delle frequenze delle direzioni del vento (rosa dei venti).
- TABELLA B :** Sono riportati i parametri della velocità del vento per ciascun settore di direzione e per quelle non definite (indicate in tabella con NoDir quando mancano i dati di direzione), la percentuale dei valori di calma (con velocità del vento minore od uguale a 0.5 m/s) e gli stessi parametri calcolati indipendentemente dalla direzione (riga Totale).
- Più precisamente in tabella sono riportate le seguenti informazioni, avendo indicato con V_i l' i -esimo valor medio nei 10 minuti della velocità del vento nella sequenza totale di n valori:
- colonna 1 : numero d'ordine del settore di direzione secondo frequenze crescenti;
 - colonna 2 : nome del settore da Nord a NNO in senso orario;
 - colonna 3 : frequenza percentuale della direzione del vento nei diversi settori;
 - colonna 4 : numero di rilievi registrati n ;

- colonna 5 : media aritmetica delle velocità : $V_{med} = \sum_i \frac{1}{n} \cdot V_i$
- colonna 6 : scarto quadratico medio delle velocità : $sigV = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_i (V_i - V_{med})^2}$
- colonna 7 : media cubica delle velocità : $V_{cub} = \sqrt[3]{\frac{1}{n} \cdot \sum_i V_i^3}$
- colonna 8 : valore massimo della velocità : $V_{max} = \max_i \{V_i\}$
- colonna 9 : potenza specifica media P_v

TABELLA C : Sono riportati i parametri caratteristici della velocità del vento rilevati in ciascun mese dell'anno; con i dati medi mensili sono poi ottenuti i parametri stagionali (in realtà riferiti a trimestri praticamente coincidenti con le stagioni) e quelli annuali. Più precisamente in tabella sono riportate per ogni mese le seguenti informazioni:

- colonna 1 : nome del mese;
- colonna 2 : numero di mesi equivalenti di acquisizione, pari al rapporto tra il numero totale di dati acquisiti entro quel mese (anche in anni diversi), ed il numero totale di dati attesi nel periodo di quel dato mese dell'anno;
- colonna 3 : velocità media nel mese (in m/s);
- colonna 4 : scarto quadratico medio della velocità nel mese (in m/s);
- colonna 5 : velocità media cubica nel mese (in m/s);
- colonna 6 : velocità massima nel mese (in m/s);
- colonna 7 : potenza specifica media della vena fluida nel mese (in W/m²);
- colonna 8 : energia specifica media del vento nel mese (in kWh/m²).

Dai dati medi mensili sono poi calcolati i valori medi stagionali delle stesse grandezze in colonna e quindi i valori medi totali annuali. Questi ultimi valori stimano i parametri della velocità del vento medio annuale dando lo stesso peso alle componenti stagionali indipendentemente dalla numerosità dei dati acquisiti nei diversi mesi dell'anno.

Il calcolo assume significato solo se per ogni mese dell'anno è disponibile un minimo di dati acquisiti Meq maggiore di almeno il 20%.

GRAFICO 3 : Riporta gli andamenti della velocità massima, della velocità media (-□-) e dello scarto quadratico medio della velocità del vento nelle diverse direzioni. L'angolo giro è stato suddiviso in 72 settori di 5° ciascuno. All'angolo 0° corrisponde il Nord e si deve considerare positivo il senso di rotazione orario (all'angolo 90° corrisponde l'Est, ecc.).

GRAFICO 4 : Indica la distribuzione dell'energia specifica della vena fluida in kWh/m² nelle diverse direzioni. L'angolo giro è stato suddiviso in 72 settori di 5° ciascuno. All'angolo 0° corrisponde il Nord e si deve considerare positivo il senso di rotazione orario (all'angolo 90° corrisponde l'Est, ecc.).

Il grafico tiene conto per ciascuna direzione sia della frequenza del vento che della sua intensità, esso infatti evidenzia i settori di direzione del vento con maggior contenuto energetico.

GRAFICO 5 : Riporta l'istogramma delle velocità massime, medie e dello scarto quadratico medio della velocità nei 12 mesi dell'anno.

GRAFICO 6 : Riporta mese per mese l'andamento dell'energia specifica intrinseca alla vena fluida in kWh/m². Il grafico mette in evidenza le componenti stagionali della risorsa eolica.

GRAFICO 7 : Riporta gli andamenti della velocità massima, media e dello scarto quadratico medio della velocità nell'arco delle 24 ore del giorno; per ogni intervallo di 10 minuti della giornata è riportata la media dei valori registrati, nei diversi giorni dell'anno, nell'intervallo corrispondente.

GRAFICO 8 : Riporta l'istogramma della potenza specifica media della vena fluida in W/m² nell'arco delle 24 ore del giorno; per ogni intervallo di 10 minuti della giornata è riportata la media delle potenze rilevate, nei diversi giorni dell'anno, nell'intervallo corrispondente. Il grafico mette in evidenza la componente giornaliera della risorsa eolica.

TABELLA D : Sono riportati parametri statistici relativi ai valori ottenuti per la turbolenza T del vento definita come rapporto percentuale tra il valore dello scarto quadratico medio della velocità del vento rilevato nei 10 minuti ed il corrispondente valore medio:

$$T = 100 \cdot \text{sig}V(10') / V_{\text{med}}(10')$$

Il valore di turbolenza viene calcolato solo per velocità medie nei 10 minuti superiori a 0.5 m/s, in tabella i parametri statistici della variabile T sono classificati separatamente per settori di direzione e per classi di velocità. In particolare sono riportati:

- colonna 1 : settore di direzione o classe di velocità;
- colonna 2 : percentuale di occorrenze (nel settore o nella classe);
- colonna 3 : numero di occorrenze n (nel settore o nella classe);
- colonna 4 : turbolenza media T_{med} (nel settore o nella classe);
- colonna 5 : scarto quadratico medio della turbolenza $\text{sig}T$ (nel settore o nella classe);

- colonna 6 : valore percentile al 5%, $T_{5\%}$ (nel settore o nella classe), esso rappresenta un valore minimo di turbolenza che è superato con una probabilità del 95%;
- colonna 7 : valore percentile al 95%, $T_{95\%}$ (nel settore o nella classe), esso rappresenta un valore massimo di turbolenza che è superato con una probabilità del 5%.

La prima riga Totale rappresenta i parametri della distribuzione della turbolenza per tutte le velocità del vento superiori al valore di calma di 0.5 m/s, mentre la seconda riga Totale* (contrassegnata da *) rappresenta i parametri della distribuzione della turbolenza solo per velocità del vento superiori a 4 m/s.

In questo Totale* non vengono quindi considerate le classi di velocità minori di 4 m/s, quelle in cui l'aerogeneratore non produce, e pertanto in esso sono riportati i parametri della distribuzione della turbolenza che andrebbe ad interessare l'aerogeneratore.

GRAFICO 9 : Riporta l'istogramma della distribuzione dell'intensità di turbolenza T della velocità del vento nell'intervallo di dieci minuti e la corrispondente curva di durata sperimentale.

Nel grafico sono riportate altre due curve (tratto continuo blu) che rappresentano la distribuzione di frequenza e la curva di durata dei valori di turbolenza calcolati con le sole velocità del vento superiori a 4 m/s, quelle di interesse per l'aerogeneratore.

TABELLA E : Sono riportati parametri statistici relativi ai valori ottenuti per il rapporto di raffica R della velocità del vento definito come rapporto tra il valore massimo della velocità del vento rilevato nei 10 minuti ed il corrispondente valore medio:

$$R = \max V(10') / V_{med}(10')$$

Il valore del rapporto di raffica viene calcolato solo per velocità medie nei 10 minuti superiori a 0.5 m/s, in tabella i parametri statistici della variabile R sono classificati separatamente per settori di direzione e per classi di velocità. In particolare sono riportati:

- colonna 1 : settore di direzione o classe di velocità;
- colonna 2 : percentuale di occorrenze (nel settore o nella classe);
- colonna 3 : numero di occorrenze n (nel settore o nella classe);
- colonna 4 : rapporto di raffica medio R_{med} (nel settore o nella classe);
- colonna 5 : scarto quadratico medio del rapporto di raffica $sigR$ (nel settore o nella classe);
- colonna 6 : valore percentile al 5%, $R_{5\%}$ (nel settore o nella classe), esso rappresenta un valore minimo del rapporto di raffica che è superato con una probabilità del 95%;

- colonna 7 : valore percentile al 95%, $R_{95\%}$ (nel settore o nella classe), esso rappresenta un valore massimo del rapporto di raffica che è superato con una probabilità del 5%.

La prima riga Totale rappresenta i parametri della distribuzione del rapporto di raffica per tutte le velocità del vento superiori al valore di calma di 0.5 m/s, mentre la seconda riga Totale* (contrassegnata da *) rappresenta i parametri della distribuzione del rapporto di raffica solo per velocità del vento superiori a 4 m/s.

In questo Totale* non vengono quindi considerate le classi di velocità minori di 4 m/s, quelle in cui l'aerogeneratore non produce, e pertanto in esso sono riportati i parametri della distribuzione del rapporto di raffica che andrebbe ad interessare l'aerogeneratore.

GRAFICO 10 : Riporta l'istogramma della distribuzione del rapporto di raffica R della velocità del vento nell'intervallo di dieci minuti e la corrispondente curva di durata sperimentale.

Nel grafico sono riportate altre due curve (tratto continuo blu) che rappresentano la distribuzione di frequenza e la curva di durata dei valori di rapporto di raffica calcolati con le sole velocità del vento superiori a 4 m/s, quelle di interesse per l'aerogeneratore.

TABELLA H : Sono riportati i parametri statistici ed i valori delle misure di temperatura rilevati in ciascuno dei mesi dell'anno. In particolare sono riportati:

- colonna 1 : nome del mese;
- colonna 2 : numero di mesi equivalenti di acquisizione, pari al rapporto tra il numero totale di dati acquisiti entro quel mese (anche in anni diversi), ed il numero totale di dati attesi nel periodo di quel dato mese dell'anno;
- colonna 3 : numero di rilievi registrati
- colonna 4 : temperatura minima T_{min} (in °C)
- colonna 5 : temperatura media T_{med} (in °C)
- colonna 6 : temperatura massima T_{max} (°C)

Dai dati medi mensili sono poi calcolati i valori medi totali annuali delle stesse grandezze in colonna.

GRAFICI 13/14 : Riportano gli andamenti della temperatura minima, massima e media nell'arco dei mesi dell'anno e nell'arco delle 24 ore del giorno.

STAZIONE ANEMOMETRICA : RIFERIMENTO 1 - Regione: Sicilia (Cod. RIF1_1Y)

Periodo di elaborazione: 01/11/2011 - 31/10/2012 (numero giorni: 366)

Percentuale dati disponibili = 96.46 % (50837 dati su 52704)

Velocita' del vento V in m/s rilevata a 15 m dal suolo
Tabella A : CURVA DI DURATA DELLA VELOCITA' DEL VENTO

m/s	ore/anno	%	m/s	ore/anno	%
0.0	8760.0	100.00	0.5	8047.8	91.87
1.0	7626.7	87.06	1.5	7244.0	82.69
2.0	6759.2	77.16	2.5	6150.8	70.21
3.0	5429.7	61.98	3.5	4645.1	53.03
4.0	3867.8	44.15	4.5	3165.1	36.13
5.0	2552.2	29.13	5.5	2024.4	23.11
6.0	1560.5	17.81	6.5	1203.8	13.74
7.0	916.5	10.46	7.5	680.3	7.77
8.0	509.7	5.82	8.5	375.0	4.28
9.0	276.7	3.16	9.5	209.0	2.39
10.0	158.2	1.81	10.5	113.7	1.30
11.0	80.5	0.92	11.5	57.9	0.66
12.0	43.1	0.49	12.5	31.0	0.35
13.0	20.2	0.23	13.5	11.7	0.13
14.0	7.2	0.08	14.5	4.3	0.05
15.0	2.4	0.03	15.5	1.0	0.01
16.0	0.3	0.00	16.5	0.3	0.00
17.0	0.2	0.00	17.5	0.0	0.00
18.0	0.0	0.00	18.5	0.0	0.00
19.0	0.0	0.00	19.5	0.0	0.00
20.0	0.0	0.00	20.5	0.0	0.00
21.0	0.0	0.00	21.5	0.0	0.00
22.0	0.0	0.00	22.5	0.0	0.00
23.0	0.0	0.00	23.5	0.0	0.00
24.0	0.0	0.00	24.5	0.0	0.00
25.0	0.0	0.00	25.5	0.0	0.00
26.0	0.0	0.00	26.5	0.0	0.00
27.0	0.0	0.00	27.5	0.0	0.00
28.0	0.0	0.00	28.5	0.0	0.00
29.0	0.0	0.00	29.5	0.0	0.00
30.0	0.0	0.00	30.5	0.0	0.00
31.0	0.0	0.00	31.5	0.0	0.00

Parametri della distribuzione di Weibull :	Vc = 4.16	k = 1.48
---	------------------	-----------------

Parametri della velocità del vento calcolati con la distribuzione di Weibull:		
---	--	--

Vmed = 3.76 m/s	sqmV = 2.58 m/s	Vcub = 5.28 m/s
-----------------	-----------------	-----------------

Potenza specifica della vena fluida	Pv = 90 W/m ²
-------------------------------------	--------------------------

Tabella A

STAZIONE ANEMOMETRICA : RIFERIMENTO 1 - Regione: Sicilia (Cod. RIF1_1Y)

Periodo di elaborazione: 01/11/2011 - 31/10/2012 (numero giorni: 366)

Percentuale dati disponibili = 96.46 % (50837 dati su 52704)

Velocita' del vento V in m/s rilevata a 15 m dal suolo

Grafico 1 : CURVE DI DURATA E DISTRIBUZIONE DI FREQUENZA DELLA VELOCITA' DEL VENTO

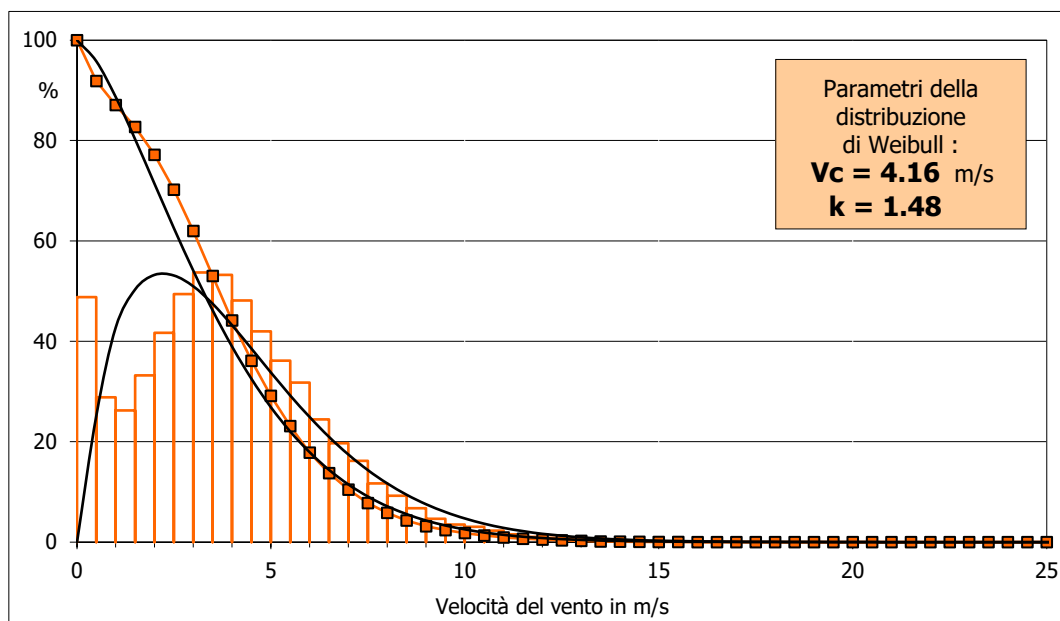
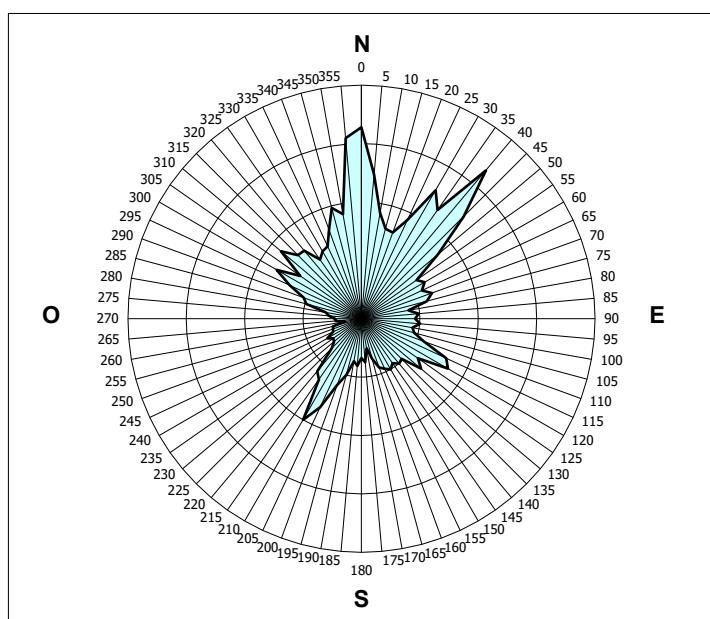


Grafico 2 : FREQUENZE DELLE DIREZIONI DEL VENTO (ROSA DEI VENTI)



Grafici 1 e 2

STAZIONE ANEMOMETRICA : RIFERIMENTO 1 - Regione: Sicilia (Cod. RIF1_1Y)

Periodo di elaborazione: 01/11/2011 - 31/10/2012 (numero giorni: 366)

Percentuale dati disponibili = 96.46 % (50837 dati su 52704)

Velocita' del vento V in m/s rilevata a 15 m dal suolo
Tabella B : PARAMETRI DELLA VELOCITA' DEL VENTO PER SETTORI DI DIREZIONE

	Sett.	%	n	Vmed (m/s)	sigV (m/s)	Vcub (m/s)	Vmax (m/s)	Pv (W/m ²)
1°	N	14.5	7396	4.30	2.06	5.18	14.2	85
2°	NNE	13.2	6697	4.66	2.09	5.50	15.6	102
4°	ENE	8.7	4432	3.27	1.77	4.16	12.3	44
8°	E	5.8	2940	2.89	1.37	3.49	10.2	26
7°	ESE	7.8	3943	5.43	2.71	6.65	15.6	180
9°	SSE	5.7	2879	5.11	2.19	5.92	12.6	127
10°	S	4.4	2230	3.21	1.57	3.88	8.6	36
6°	SSO	8.1	4132	2.92	1.06	3.26	8.2	21
11°	OSO	3.6	1827	4.12	1.95	4.92	17.2	73
12°	O	3.1	1573	4.57	2.46	5.70	12.6	113
5°	ONO	8.2	4168	5.50	2.68	6.64	17.0	179
3°	NNO	8.8	4487	4.26	2.45	5.52	15.7	103
	NoDir	0.0	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Calme	8.1	4133	(velocità del vento minore o uguale a 0.5 m/s)				
	Totale =		50837	3.92	2.42	5.19	17.2	86

Tabella C : PARAMETRI DELLA VELOCITA' DEL VENTO NEI MESI DELL'ANNO

Mese	Meq.	Vmed (m/s)	sigV (m/s)	Vcub (m/s)	Vmax (m/s)	Pv (W/m ²)	Ev (kWh/m ²)
Dic	0.87	4.11	2.06	5.03	12.4	78	58
Gen	0.78	4.26	2.38	5.48	17.0	101	75
Feb	1.02	4.49	2.31	5.55	13.4	105	70
Mar	0.95	4.28	2.31	5.38	15.6	96	71
Apr	1.00	3.78	2.81	5.49	14.4	101	73
Mag	1.00	4.30	2.61	5.60	15.6	107	80
Giu	1.00	3.31	2.29	4.53	10.1	57	41
Lug	1.00	3.63	2.41	4.90	11.8	72	53
Ago	1.00	3.36	2.15	4.45	10.7	54	40
Set	1.00	3.97	2.39	5.17	12.6	85	61
Ott	1.00	3.43	2.18	4.58	17.2	59	44
Nov	1.00	4.32	2.65	5.77	15.1	118	85

Stagione	Vmed (m/s)	sigV (m/s)	Vcub (m/s)	Vmax (m/s)	Pv (W/m ²)	Ev (kWh/m ²)
Inverno (Dic - Feb)	4.28	2.26	5.36	17.0	94	203
Primavera (Mar - Mag)	4.12	2.59	5.49	15.6	101	224
Estate (Giu - Ago)	3.44	2.29	4.64	11.8	61	135
Autunno (Set - Nov)	3.90	2.44	5.21	17.2	87	190

Anno	3.93	2.42	5.19	17.2	86	752
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-----------	------------

Nota : Meq.= Numero equivalente di mesi con rilevazione di dati

Tabelle B e C

STAZIONE ANEMOMETRICA : RIFERIMENTO 1 - Regione: Sicilia (Cod. RIF1_1Y)

Periodo di elaborazione: 01/11/2011 - 31/10/2012 (numero giorni: 366)

Percentuale dati disponibili = 96.46 % (50837 dati su 52704)

Velocita' del vento V in m/s rilevata a 15 m dal suolo

Grafico 3 : VELOCITA' MAX, MEDIA E S.Q.M. DELLE VELOCITA' PER SETTORE DI DIREZIONE

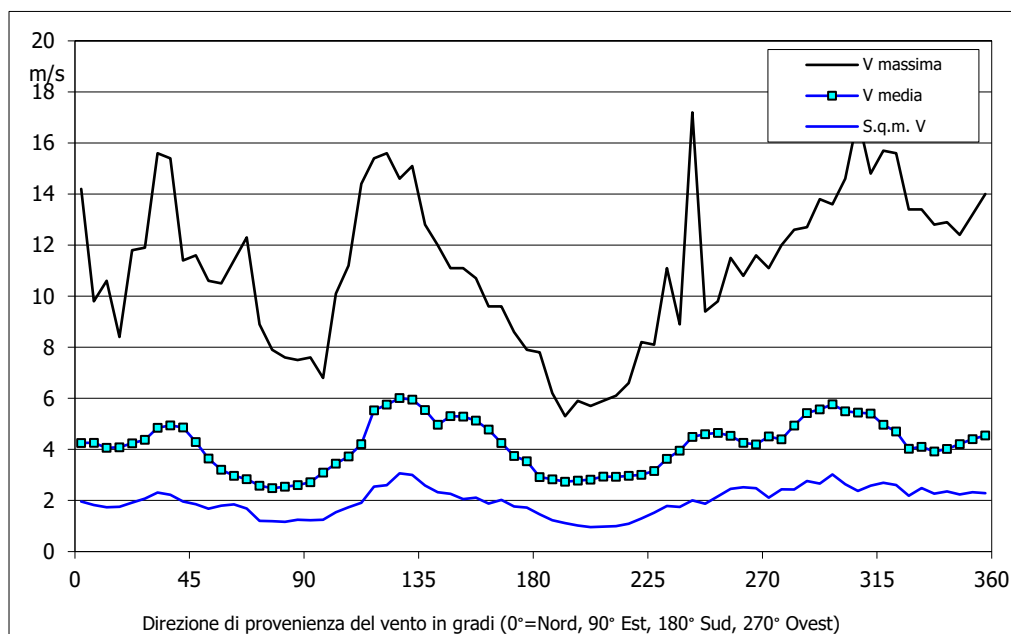
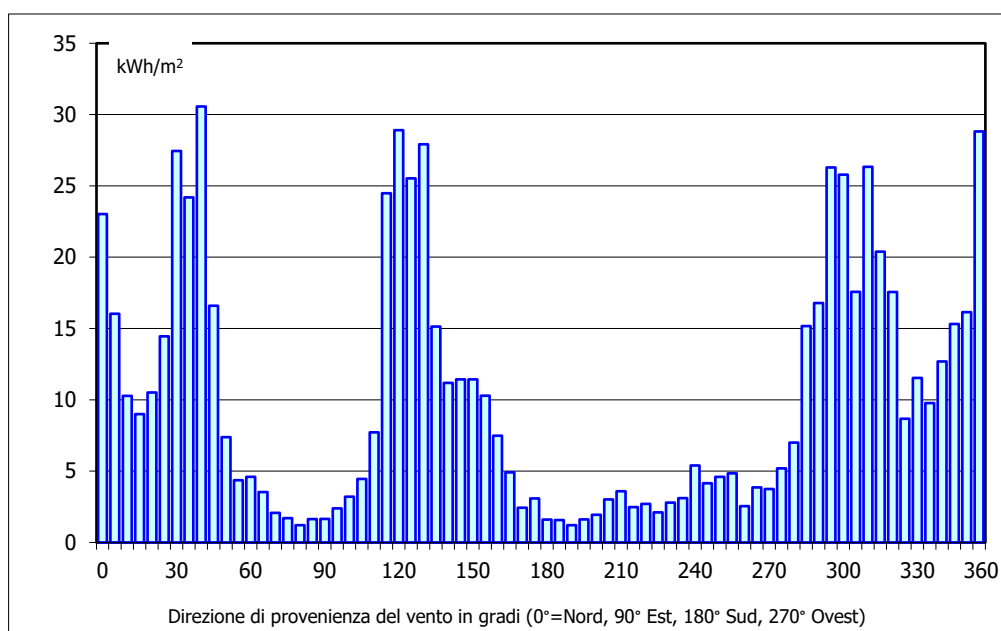


Grafico 4 : ENERGIA SPECIFICA DELLA VENA FLUIDA IN kWh/m² PER SETTORE DI DIREZIONE



Grafici 3 e 4

STAZIONE ANEMOMETRICA : RIFERIMENTO 1 - Regione: Sicilia (Cod. RIF1_1Y)

Periodo di elaborazione: 01/11/2011 - 31/10/2012 (numero giorni: 366)

Percentuale dati disponibili = 96.46 % (50837 dati su 52704)

Velocita' del vento V in m/s rilevata a 15 m dal suolo

Grafico 5 : VELOCITA' MAX, MEDIA E S.Q.M. DELLE VELOCITA' NEI 12 MESI DELL'ANNO

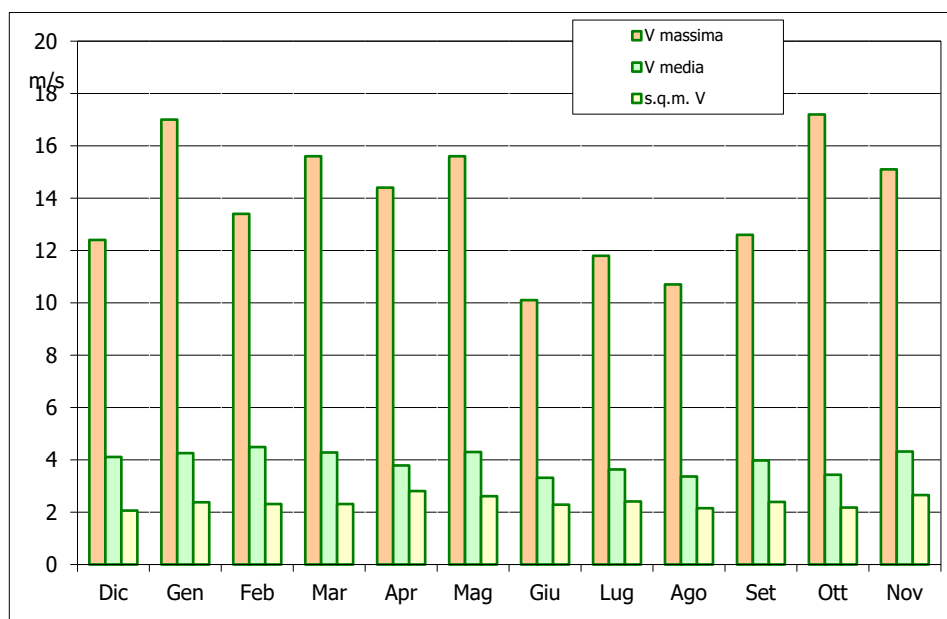
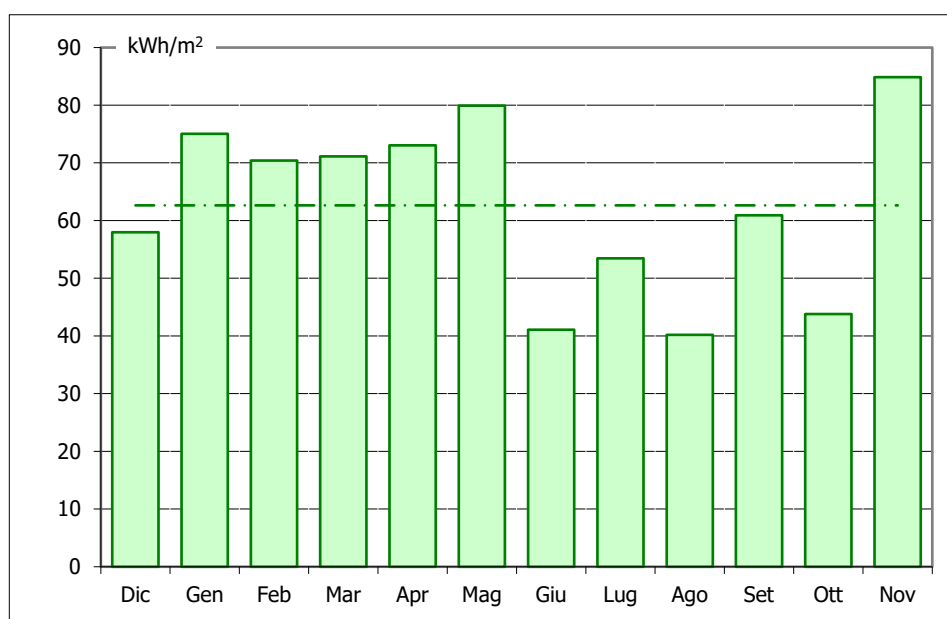


Grafico 6 : ENERGIA SPECIFICA MEDIA MENSILE DELLA VENA FLUIDA IN kWh/m2



Grafici 5 e 6

STAZIONE ANEMOMETRICA : RIFERIMENTO 1 - Regione: Sicilia (Cod. RIF1_1Y)

Periodo di elaborazione: 01/11/2011 - 31/10/2012 (numero giorni: 366)

Percentuale dati disponibili = 96.46 % (50837 dati su 52704)

Velocita' del vento V in m/s rilevata a 15 m dal suolo

Grafico 7 : VELOCITA' MAX, MEDIA E S.Q.M. DELLE VELOCITA' NELLE 24 ORE DEL GIORNO

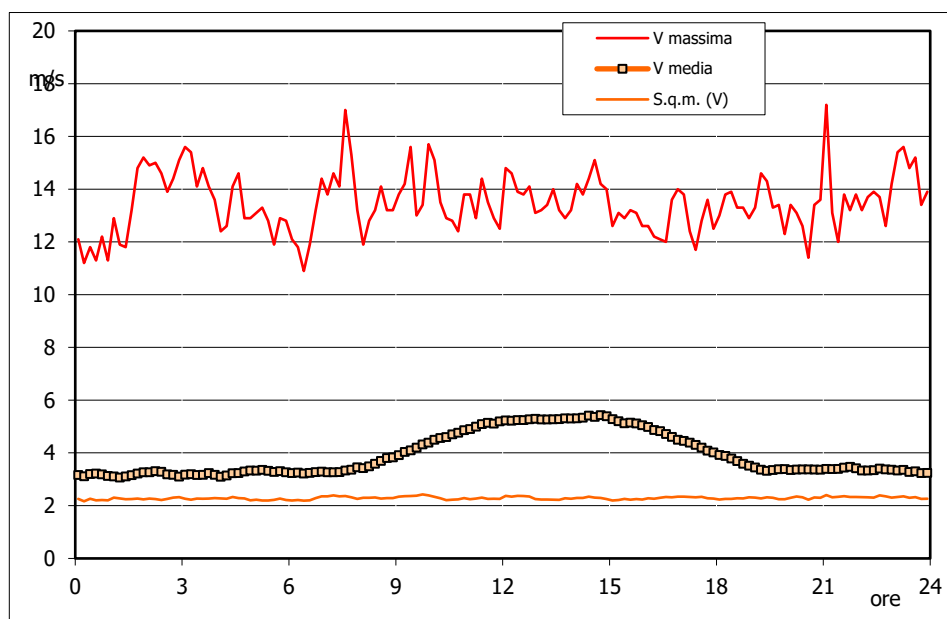
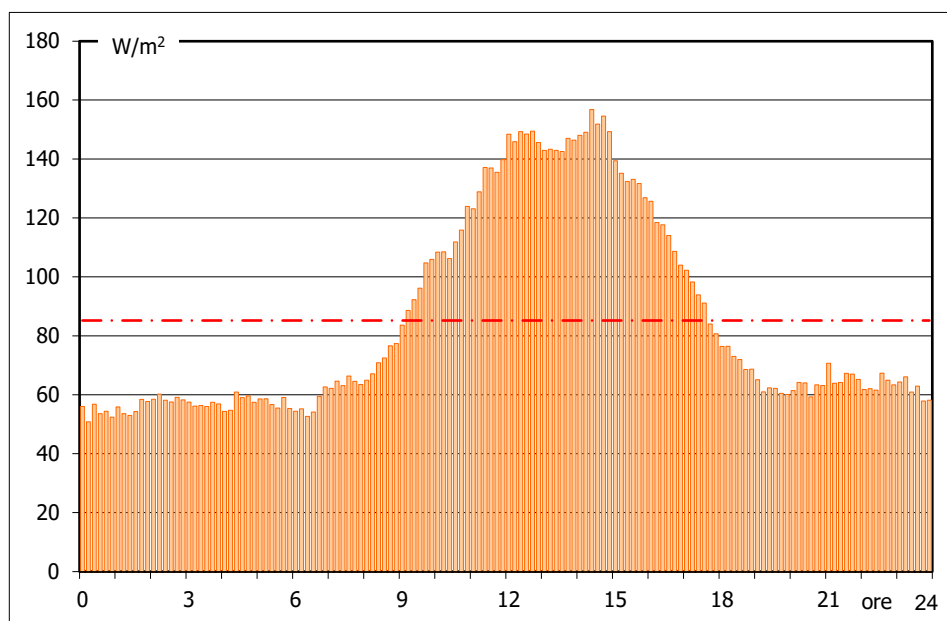


Grafico 8 : POTENZA SPECIFICA MEDIA DELLA VENA FLUIDA IN W/m² NELLE 24 ORE



Grafici 7 e 8

STAZIONE ANEMOMETRICA : RIFERIMENTO 1 - Regione: Sicilia (Cod. RIF1_1Y)

Periodo di elaborazione: 01/11/2011 - 31/10/2012 (numero giorni: 366)

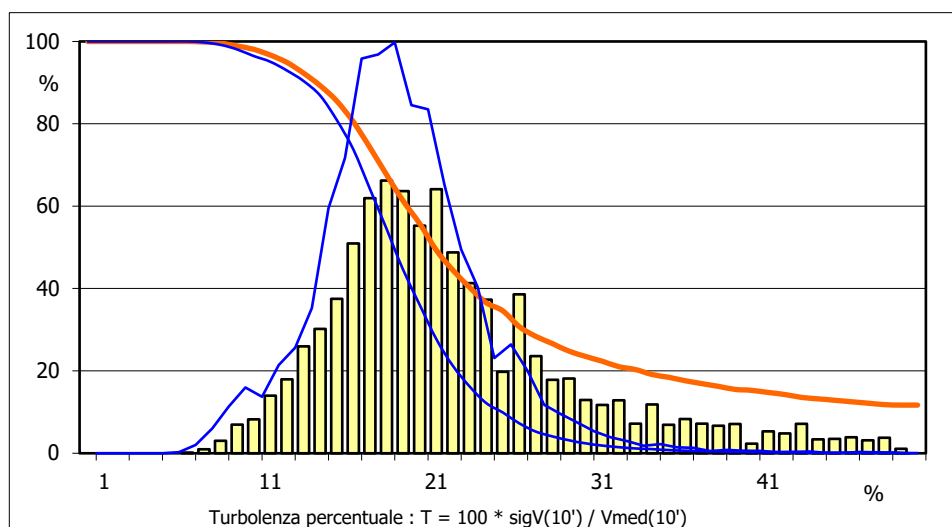
Percentuale dati disponibili = 96.46 % (50837 dati su 52704)

Velocita' del vento V in m/s rilevata a 15 m dal suolo
Tabella D : PARAMETRI DELLA DISTRIBUZIONE DI TURBOLENZA VELOCITA' DEL VENTO

 Turbolenza : $T = 100 * \text{sigV}(10') / V_{\text{med}}(10')$

Settore direzione	%	n	Tmed	sigT	T_5%	T_95%
Nord	15.8	7396	26.0	16.8	11.3	66.7
Nord-NordEst	14.3	6697	25.2	17.9	9.3	70.2
Est-NordEst	9.5	4432	28.2	19.7	11.1	73.0
Est	6.3	2940	26.9	20.7	10.3	74.0
Est-SudEst	8.4	3943	21.8	13.7	13.1	50.7
Sud-SudEst	6.2	2879	25.4	15.9	15.0	66.1
Sud	4.8	2230	37.6	19.0	21.4	80.2
Sud-SudOvest	8.8	4132	35.9	19.0	19.2	76.3
Ovest-SudOvest	3.9	1827	28.9	19.2	14.5	72.4
Ovest	3.4	1573	29.3	19.4	15.0	75.6
Ovest-NordOvest	8.9	4168	23.8	14.9	13.9	62.7
Nord-NordOvest	9.6	4487	26.0	17.6	12.6	68.4
Nessuna Direzione	0.0	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Totale =	91.9	46704	27.2	18.1	11.9	71.1

Classe velocità m/s	%	n	Tmed	sigT	T_5%	T_95%
V < 4	51.9	24258	35.0	22.0	12.6	83.2
4 < V < 8	41.7	19488	18.9	5.2	10.6	27.7
8 < V < 12	5.8	2708	18.2	2.9	14.1	23.2
12 < V < 16	0.5	248	17.9	2.5	14.2	22.0
16 < V < 20	0.0	2	26.0	8.3	17.1	34.9
V > 20	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
Totale* =	44.2	22446	18.8	5.0	11.0	27.2

Grafico 9 : DISTRIBUZIONE DELLA TURBOLENZA PERCENTUALE DELLA VELOCITA' DEL VENTO

Tabella D e Grafico 9

STAZIONE ANEMOMETRICA : RIFERIMENTO 1 - Regione: Sicilia (Cod. RIF1_1Y)

Periodo di elaborazione: 01/11/2011 - 31/10/2012 (numero giorni: 366)

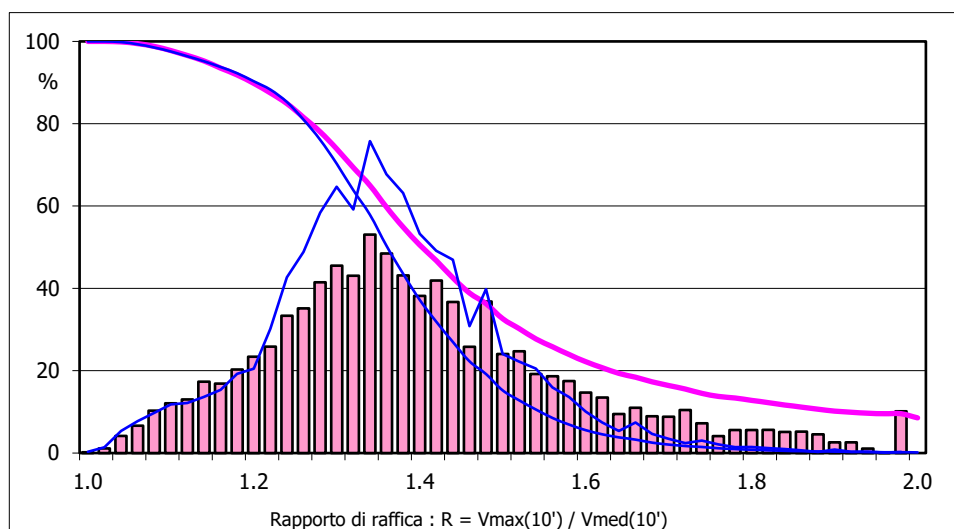
Percentuale dati disponibili = 96.46 % (50837 dati su 52704)

Velocita' del vento V in m/s rilevata a 15 m dal suolo
Tabella E : PARAMETRI DELLA DISTRIBUZIONE DEL RAPPORTO VELOCITA' VENTO MAX / MED

Rapporto di raffica : $R = V_{max}(10') / V_{med}(10')$

Settore direzione	%	n	Rmed	sigR	R_5%	R_95%
Nord	15.8	7396	1.52	0.40	1.12	2.30
Nord-NordEst	14.3	6697	1.47	0.40	1.09	2.31
Est-NordEst	9.5	4432	1.49	0.45	1.10	2.47
Est	6.3	2940	1.48	0.46	1.09	2.41
Est-SudEst	8.4	3943	1.46	0.32	1.22	1.88
Sud-SudEst	6.2	2879	1.53	0.37	1.25	2.31
Sud	4.8	2230	1.79	0.46	1.39	2.66
Sud-SudOvest	8.8	4132	1.68	0.46	1.31	2.53
Ovest-SudOvest	3.9	1827	1.58	0.47	1.24	2.44
Ovest	3.4	1573	1.63	0.46	1.25	2.62
Ovest-NordOvest	8.9	4168	1.50	0.34	1.23	2.13
Nord-NordOvest	9.6	4487	1.52	0.42	1.18	2.33
Nessuna Direzione	0.0	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Totale =	91.9	46704	1.53	0.42	1.14	2.35

Classe velocità m/s	%	n	Rmed	sigR	R_5%	R_95%
V < 4	51.9	24258	1.67	0.53	1.14	2.76
4 < V < 8	41.7	19488	1.39	0.15	1.13	1.62
8 < V < 12	5.8	2708	1.39	0.10	1.24	1.55
12 < V < 16	0.5	248	1.39	0.09	1.25	1.53
16 < V < 20	0.0	2	1.53	0.08	1.42	1.60
V > 20	0.0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Totale* =	44.2	22446	1.39	0.14	1.14	1.61

Grafico 10 : DISTRIBUZIONE DEL RAPPORTO DI RAFFICA DELLA VELOCITA' DEL VENTO

Tabella E e Grafico 10

STAZIONE ANEMOMETRICA : RIFERIMENTO 1 - Regione: Sicilia (Cod. RIF1_1Y)

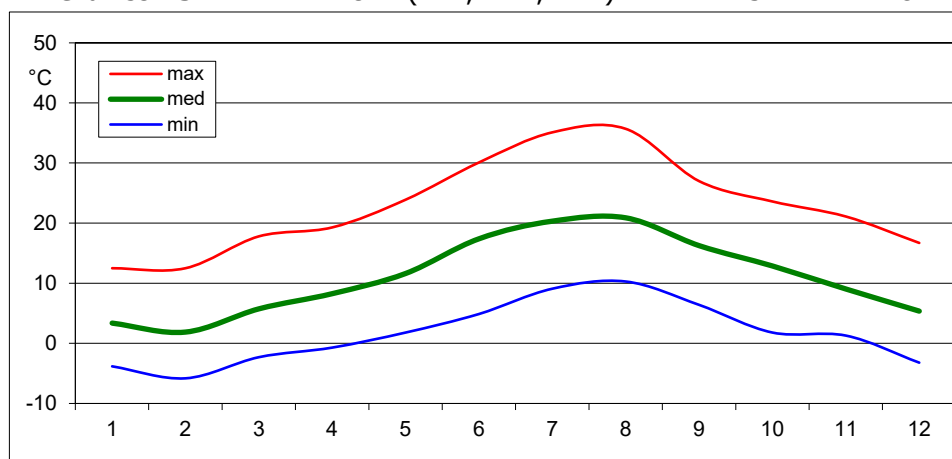
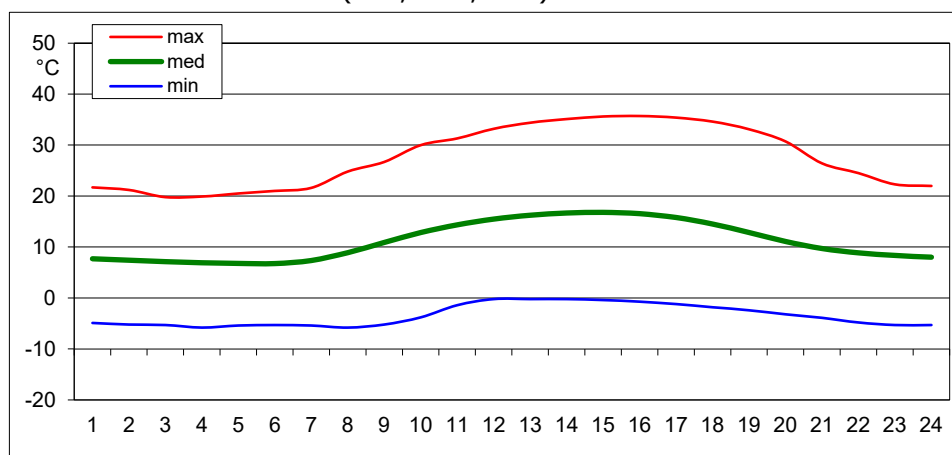
Periodo di elaborazione: 01/11/2011 - 31/10/2012 (numero giorni: 366)

Percentuale dati disponibili = 96.46 % (50837 dati su 52704)

Velocita' del vento V in m/s rilevata a 15 m dal suolo
Tabella H : TEMPERATURE MINIME MEDIE E MASSIME NEI MESI DELL'ANNO

Mese	Meq.	n° misure	Tmin (°C)	Tmed (°C)	Tmax (°C)
Gen	0.96	4277	-3.8	3.4	12.5
Feb	1.04	4176	-5.8	1.9	12.5
Mar	1.00	4464	-2.3	5.8	17.8
Apr	1.00	4320	-0.7	8.3	19.3
Mag	1.00	4464	1.8	11.6	23.9
Giu	1.00	4301	4.9	17.4	30.1
Lug	1.00	4464	9.1	20.3	35.1
Ago	1.00	4464	10.3	20.9	35.7
Set	1.00	4320	6.4	16.3	27.0
Ott	1.00	4320	1.8	12.9	23.6
Nov	1.00	4320	1.3	9.0	21.1
Dic	0.97	4313	-3.2	5.4	16.7
Anno		52203	-5.8	11.2	35.7

Nota : Meq.= Numero equivalente di mesi con rilevazione di dati

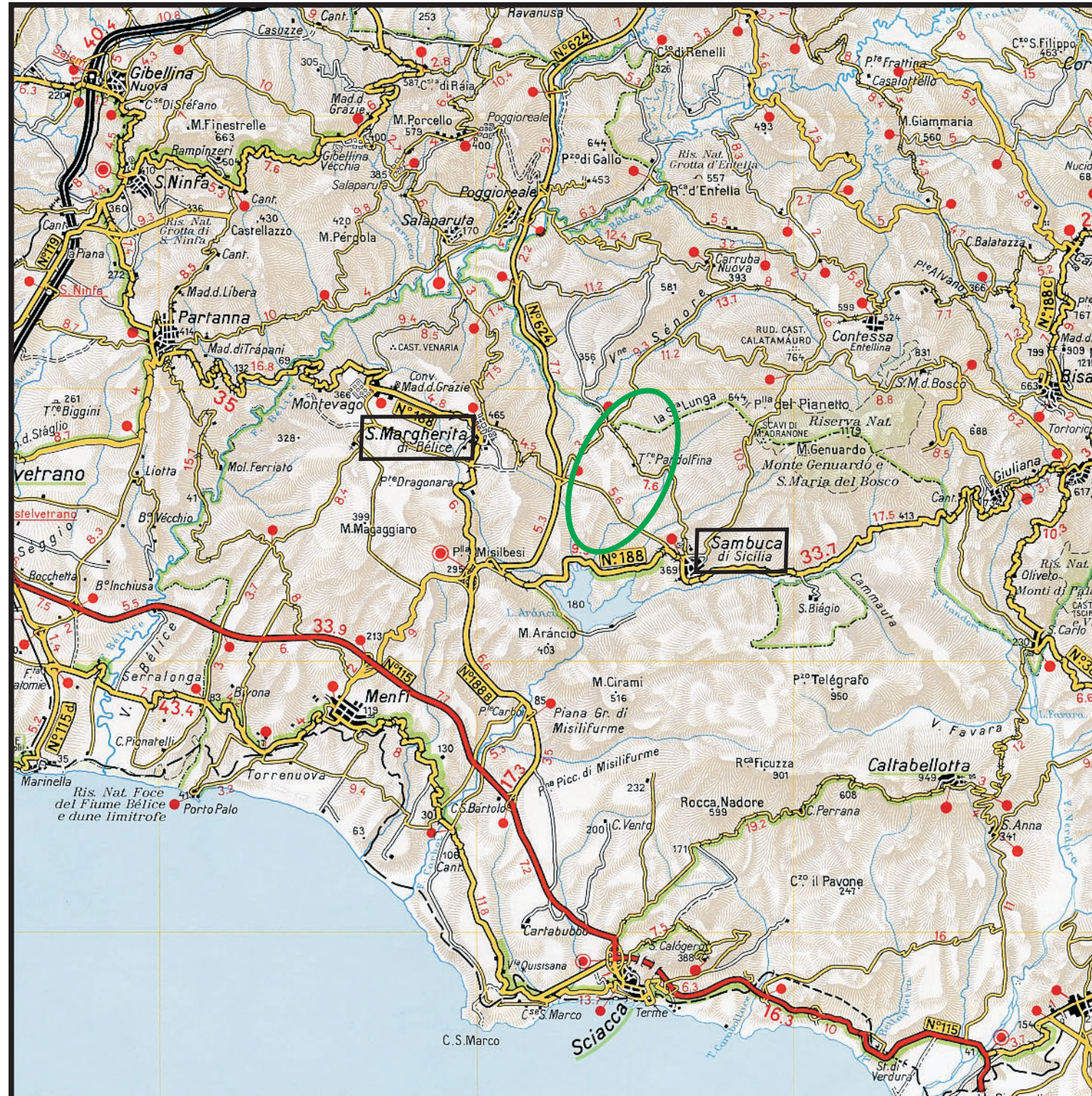
Grafico 13 : TEMPERATURE (MIN, MED, MAX) NEI 12 MESI DELL'ANNO

Grafico 14 : TEMPERATURE (MIN, MED, MAX) NELLE 24 ORE DEL GIORNO MEDIO

Tabella H e Grafici 13 e 14

ALLEGATO 3

SITO EOLICO

Comuni di **SAMBUCA di SICILIA** e **SANTA MARGHERITA di BELICE (AG)**

Ubicazione geografica del sito

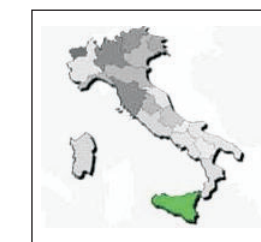


Cartina di base: Atlante stradale d'Italia, Volume SUD 1:200.000, Ediz. TCI, Milano 2004.

Scala 1:200.000



 Ubicazione del sito



Regione: SICILIA

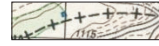
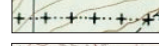
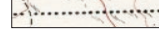



TecnoGaia s.r.l.

IMPIANTO EOLICO

Comuni di Sambuca di Sicilia e Santa Margherita di Belice (AG)

Ubicazione degli Aerogeneratori

LEGENDA

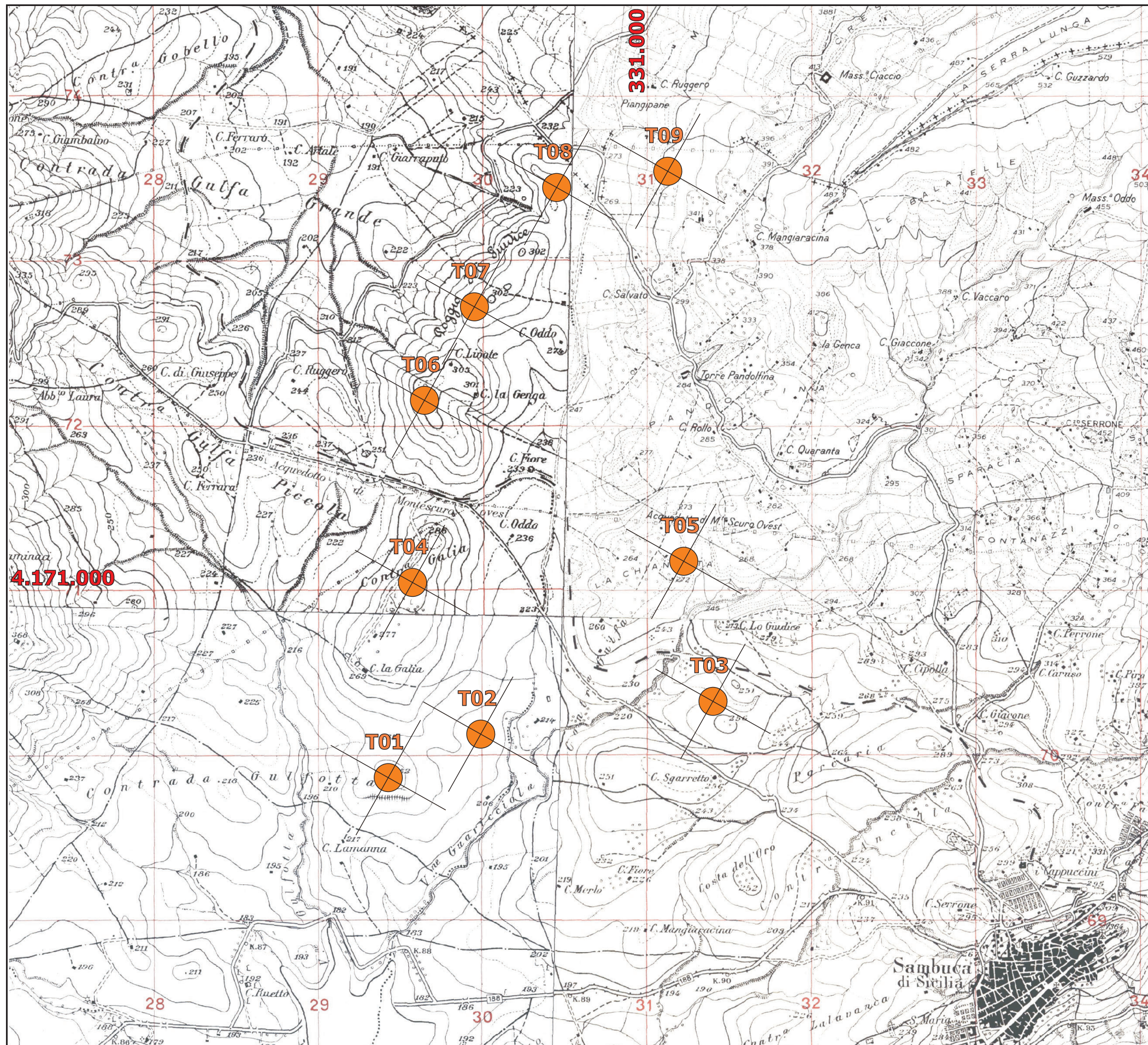
-  Confini regionali
-  Confini provinciali
-  Confini comunali
-  Sito Eolico
-  Aerogeneratori

Cartina di base IGMI, serie 25V:
 Menfi 266 IV NO
 Contessa Entellina 258 III SE
 S.Margherita di Belice 258 III SO

Scala 1:25.000



Regione: SICILIA



ALLEGATO 4



Siemens Gamesa 5.X
Reaching new heights



Siemens Gamesa technology with benchmark performance and proven reliability

SG 6.6-155 and SG 6.6-170: Siemens Gamesa next-generation solutions conceived to deliver an outstanding value proposition for our customers

Imagine how the future becomes present to take wind energy to the next level

At Siemens Gamesa, we strive to anticipate opportunities in an increasingly discerning market. Our wind technology expertise, backed by more than 40 years of experience and over 114 GW installed throughout the world, equips us with the right tools for imagining the future, making it present and taking wind energy to the next level.

We know what this means: technological leadership, solid track record, commitment to excellence, passion for what we do. And we deliver it now to our customers. This is how the new Siemens Gamesa 5.X onshore platform is born.

Siemens Gamesa 5.X is a new generation of

turbines that takes Siemens Gamesa to new heights:

- In performance, cost-efficiency and reliability.
- In power output and rotor size to offer the most competitive LCoE.
- In technology, built upon Siemens Gamesa know-how and expertise.
- In versatility, with a modular, flexible design that facilitates logistics, construction and service.
- In site adaptability, to configure the optimal solution for each project.
- In value for our customers.



Proven technology

The new Siemens Gamesa 5.X onshore platform has its roots in Siemens Gamesa technology, synonymous with innovation, know-how and reliability accredited through experience. Siemens Gamesa 5.X incorporates proven technologies, minimizing risk and guaranteeing reliability for its two new product models: SG 6.6-155 and SG 6.6-170 wind turbines. These include a doubly-fed generator and partial converter combination, a compact drive train design with a three-stage gearbox, and the use of components widely validated on the other Siemens Gamesa platforms. The result is a wind turbine design that gives optimum performance and LCoE.

Benchmark in power output and rotor size

Siemens Gamesa 5.X goes one step further to become the new generation platform that combines a flexible power rating from 5.6 MW to 6.6 MW with two of the largest rotor diameters in the market, 155 and 170 meters, resulting in maximum performance in high-, medium- and low-wind conditions.

SG 6.6-155 and SG 6.6-170 turbines mean greater AEP per wind turbine and optimized CAPEX for the project. This is also due to their versatility, with a modular, flexible design for maximum ease of logistics, construction and O&M, as well as reducing the OPEX, which results in a lower Cost of Energy for projects.

Unique, tailored solutions

Siemens Gamesa 5.X considers profitability to be a key factor in generating value for our customers. Contributing factors to profitability include:

- Configuring flexible, personalized power modes fully tailored to the needs of each site.
- An extensive catalog of towers with multiple available

technologies and the additional capability to create specific project designs.

- The use of advanced control strategies that enable intelligent load reduction and a greater applicability for the Siemens Gamesa 5.X platform in different wind conditions.
- A modular, optimized structure for local transport and construction conditions.
- A maintainability-oriented design with advanced diagnostics and remote operation solutions, as well as the possibility of replacing large turbine components without requiring a main crane.
- Optional product solutions to cover all types of market requirements.

Technical specifications



	SG 6.6-155	SG 6.6-170
General details		
Rated power	6.6 MW	
Wind class	Medium and high	Low and medium
Flexible power rating	From 5.6 MW to 6.6 MW	
Control	Pitch and variable speed	
Rotor		
Diameter	155 m	170 m
Swept area	18,869 m ²	22,697 m ²
Tower		
Height	90, 102.5, 122.5, 165 m and site-specific	100, 115, 135, 165 m and site-specific
Technology		
Type	Geared	
First prototype		
Date	2021	

Spain

P. Tecnológico de Bizkaia, edif. 222
48170 Zamudio, Vizcaya

Calle Ramírez de Arellano, 37
28043 Madrid

Avda. Ciudad de la Innovación, 9-11
31621 Sarriguren, Navarra

onshoresales@siemensgamesa.com

Australia

Herring Road 160, Macquarie Park
Sydney, NSW 2113

885 Mountain Highway
Melbourne, VIC 3153

Austria

Siemensstrasse 90, Vienna 1210

Brazil

Avenida Rebouças, 3970 - 5º andar
Pinheiros 05.402-918, São Paulo

Canada

1577 North Service Road East
Oakville, Ontario L6H 0H6

Chile

Edificio Territoria El Bosque
Avenida Apoquindo 2827, Piso 19
Las Condes, Santiago de Chile

China

Siemens Center Beijing, 12th Floor
No.7 South Wangjing Zhonghuan
Road, Chaoyang District
Beijing 100102

500, Da Lian Road, Yangpu District
200082 Shanghai

Croatia

Heinzlova 70 A
10000 Zagreb

Denmark

Borupvej 16
7330 Brande

Fiskergade 1
7100 Vejle

Egypt

6th Floor, Bureau 175
2nd Business Sector, Al-Horreya axis
90 South Road, 5th Settlement
PO Box: 245/11835 New Cairo

Finland

Tarvonsalmenkatu 19
FI-02600 Espoo

France

Immeuble le Colisée
Bâtiment A - 2 ème étage
10 avenue de l'Arche
92419 Courbevoie

97 allée Alexandre Borodine
Cedre 3, 69800 Saint Priest

Germany

Beim Strohhaus 17-31
20097 Hamburg

BCB business center in Kiel
Hopfenstr. 1 D
24114 Kiel

Mary-Somerville-Straße 14
28359 Bremen

Greece

44 - 46 Riga Fereou Str. &
Messogion Ave
Neo Psychiko
Athens, 15451

India

#334, Block-B, 8th floor
Futura Tech Park
Rajiv Gandhi Salai
Sholinganallur
Chennai 600119

Indonesia

Menara Karya, 28th floor
JL. HR. Rasuna Said Blok X-5
Kav. 1-2
Jakarta

Ireland

Innovation House, DCU Alpha
Old Finglas Road 11
Glasnevin
Dublin 11

Italy

Centro Direzionale Argonauta
Via Ostiense 131/L, Corpo C1
9° piano, 00154 Roma

Via Vipiteno 4, 20128 Milan

Japan

Otemachi First Square Tower
1-5-1 Otemachi, Chiyada-ku
100-0004 Tokyo

Korea

Seoul Square 5th Floor 416
Hangang-daero, Jung-gu
Seoul 04637

Mexico

Paseo de la Reforma 505
Torre Mayor, 37th Floor
Col. Cuauhtémoc, Del. Cuauhtémoc
06500 Mexico City

Carretera Juchitán, Espinal, km 4
El Espinal, Oaxaca

Morocco

Anfa Place Blvd. de la Corniche
Centre d'Affaires "Est", RDC
20200 Casablanca

Netherlands

Prinses Beatrixlaan 800
2595 BN Den Haag

Norway

Østre Aker vei 88, 0596 Oslo

Philippines

10F, 8767 Paseo de Roxas
Makati

Poland

Zupnicza street 11, 3rd Floor
03-821 Warsaw

UL. Galaktyczna 30A
80-299 Gdansk

Singapore

Siemens Center
60 MacPherson Road
Singapore 348615

South Africa

Siemens Park
Halfway House
300 Janadel Avenue
Midrand 1685

Sweden

Evenemangsgatan 21
169 79 Solna

Taiwan

8F-1,/6F N° 126
Songjiang Road
Taipei City

Turkey

Esentepe mahallesi Kartal
Yakacik Yolu No 111
34870 Kartal
Istanbul

United Kingdom

Solais House
19 Phoenix Cres
Bellshill ML4 3BF

USA

11950 Corporate Boulevard
Orlando, FL 32826

1150 Northbrook Drive
Suite 350
Trevose, PA 19053

1050 Walnut
Suite 303
Boulder, CO 80302

Vietnam

14th Floor, Saigon Centre
65 Le Loi street
Ben Nghe ward District 1
Ho Chi Minh City

The present document, its content, its annexes and/or amendments has been drawn up by Siemens Gamesa Renewable Energy, S.A. for information purposes only and could be modified without prior notice. The information given only contains general descriptions and/or performance features which may not always specifically reflect those described, or which may undergo modification in the course of further development of the products. The requested performance features are binding only when they are expressly agreed upon in the concluded contract. All the content of the document is protected by intellectual and industrial property rights owned by Siemens Gamesa Renewable Energy, S.A. The addressee shall not reproduce any of the information, neither totally nor partially.

07/2021

www.siemensgamesa.com