

Parco Eolico "San Leone"

Comune di Crotone, Cutro, Scandale (KR)

Proponente



Renantis Italia Srl
 Corso Italia 3, Milano
 P.IVA/CF: 10500140966
renantis.com



STUDIO ANEMOLOGICO E RELAZIONE DI PRODUCIBILITA'

PROGETTISTA



Tiemes Srl
 Via Riccardo Galli, 9 – 20148 Milano
 tel. 024983104/ fax. 0249631510
www.tiemes.it

REDATTO DA

C. Gaioni
 C. Mazzarella



Tecnogaia Srl
 Via Matteotti, 311
 25063 Gardone Val Trompia (BS)
www.tecnogaia.it

Tecnogaia s.r.l.
 S. L.: Via G. Matteotti, 311
 25063 GARDONE VAL TROMPIA (BS)
 Tel. 030.2056980 - Fax 030.831100
 Partita IVA: 13029730150

0	21/03/2023	Prima emissione	C.G.		C.M.	
Rev.	Data emiss	Descrizione	Prep.		Appr.	
		CODICE ELABORATO				
Origine File:	Commessa		Proc.	Tipo doc	Num	Rev
	22048	SCN	PD	R	07	00
Proprietà e diritti del presente documento sono riservati – la riproduzione è vietata / Ownership and copyright are reserved – reproduction is strictly forbidden						

Impianto Eolico nei Comuni di Scandale, Crotona e Cutro (KR)

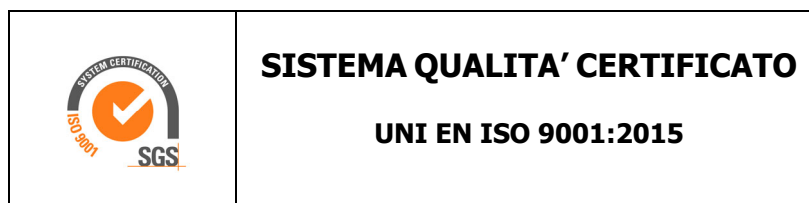
Regione Calabria

Studio Anemologico e Valutazione preliminare della Produzione Eolica

CLIENTE	REVISIONE				REDAZIONE
 Renantis	N°	MESE	ANNO	LUOGO	C. Gaioni
	00	Marzo	2023	GARDONE VAL TROMPIA	<i>Carlo Gaioni</i>
					APPROVAZIONE
					C. Mazzarella
<i>C. Mazzarella</i>					
ORDINE RIF.	Accettazione ns. Offerta 011_BS_2023 del 21/02/2023				

**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.....	12
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 installazione 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 "tipo" 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	Correlazioni	Correlazione dei dati di velocità media mensile
4	Tavole	Tavola con ubicazione dell'impianto, costituito da un insieme di dodici turbine
5	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 **Renantis Italia 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 Scandale, Crotone e Cutro, appartenenti alla Provincia di Crotone, nella Regione Calabria. 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 nei territori comunali di Scandale, Crotone e Cutro, appartenenti alla Provincia di Crotone, nella parte orientale della Regione Calabria.

L'area geografica che lo ospita, nel suo contesto più ampio, è caratterizzata da un'orografia moderatamente complessa, con morfologia collinare, e da una rugosità media. Nel particolare, il sito destinato ad ospitare l'impianto ha variazioni di quota comprese in meno di 50 m e altitudine media pari

a 135 m. Non si rileva alcun rilievo importante e/o altro ostacolo influente per diversi chilometri. La ventosità, sia dal punto di vista della maggiore energia che frequenza, proviene principalmente da Nord e da Sud-Sud/Ovest.

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

- Altitudine media: **135 m slm**
- Orografia del sito: **moderatamente complessa**
- Orografia circostante il sito: **moderatamente complessa**
- Utilizzo principale del terreno: **pascolo**

Per il sito in oggetto sono state ipotizzate dodici 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 si rileva un impianto che è stato considerato nei calcoli delle interferenze, specificatamente nr. 6 turbine Vestas V100-1.8 MW con altezza mozzo pari a 95 m, localizzato a Nord dell'aerogeneratore D01, e la cui distanza minima è pari a 1.2 km.

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	Comune	COORDINATE UTM-WGS84 F33		COORDINATE UTM-ED50 F33	
		Longitudine X	Latitudine Y	Longitudine X	Latitudine Y
D01	Scandale	674,833	4,329,466	674,906	4,329,653
D02	Scandale	675,471	4,329,344	675,544	4,329,530
D03	Crotone	675,961	4,329,185	676,039	4,329,135
D04	Scandale	672,160	4,329,725	672,234	4,329,911
D05	Scandale	673,298	4,329,626	673,372	4,329,811
D06	Cutro	671,922	4,328,695	671,996	4,328,882
D07	Scandale	672,848	4,328,877	672,922	4,329,063
D08	Cutro	672,460	4,328,405	672,533	4,328,591
D09	Cutro	672,766	4,327,804	672,839	4,327,990
D10	Cutro	673,259	4,327,557	673,332	4,327,743
D11	Cutro	670,979	4,326,850	671,057	4,326,800
D12	Cutro	671,532	4,326,765	671,605	4,326,952

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	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12
D01		650	1162	2686	1543	3011	2071	2599	2652	2474	4658	4265
D02	3.8		515	3333	2191	3608	2664	3154	3112	2843	5137	4708
D03	6.8	3		3839	2699	4069	3128	3587	3481	3155	5502	5047
D04	15.8	19.6	22.6		1142	1057	1092	1354	2014	2431	3108	3026
D05	9.1	12.9	15.9	6.7		1661	874	1481	1898	2069	3617	3362
D06	17.7	21.2	23.9	6.2	9.8		944	611	1227	1756	2072	1969
D07	12.2	15.7	18.4	6.4	5.1	5.6		611	1076	1383	2757	2488
D08	15.3	18.6	21.1	8.0	8.7	3.6	3.6		674	1165	2147	1884
D09	15.6	18.3	20.5	11.8	11.2	7.2	6.3	4.0		551	2026	1613
D10	14.6	16.7	18.6	14.3	12.2	10.3	8.1	6.9	3.2		2387	1900
D11	27.4	30.2	32.4	18.3	21.3	12.2	16.2	12.6	11.9	14.0		559
D12	25.1	27.7	29.7	17.8	19.8	11.6	14.6	11.1	9.5	11.2	3.3	

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 circa due anni nel Comune confinante di San Mauro Marchesato. Le tabelle di seguito riassumono il monitoraggio anemometrico della stazione, relativo al periodo selezionato di quasi 13 mesi:

Nome Stazione	Codice Stazione	H Torre	Coordinate Geografiche WGS84		Altitudine
		s.l.s.	Latitudine	Longitudine	m s.l.m.
Riferimento 1	RIF1	10	39° 4'	16° 57'	150

Nome Stazione	Codice Stazione	Periodo selezionato		N°
		Inizio	Fine	Mesi
Riferimento 1	RIF1_1Y	21/05/1992	11/06/1993	12.7

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 quasi 13 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 di circa 35 anni di dati appartenenti ad una stazione storica di proprietà di TecnoGaia. 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

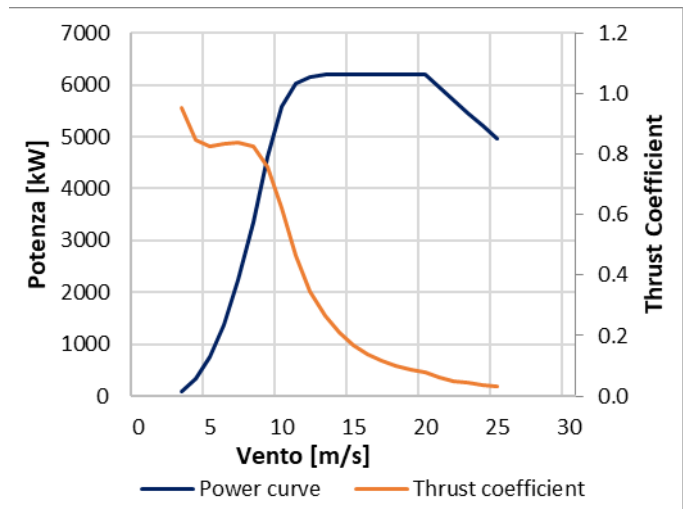
4.1 Aerogeneratore

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 6.6-170 (AM-4)	6.2 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/m^3), unitamente alla curva di spinta (Thrust Coefficient) utile alla stima delle interferenze tra gli aerogeneratori.

Turbina		SG 6.6-170 (AM-4)		Diametro		170 m	
Altezza di mozzo		115 m		Classe IEC		S	
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	3351	0.825					
9	4617	0.759					
10	5584	0.620					
11	6028	0.466					
12	6161	0.347					
13	6192	0.266					
14	6199	0.209					
15	6200	0.169					
16	6200	0.139					
17	6200	0.117					
18	6200	0.100					
19	6200	0.087					
20	6200	0.077					
21	5952	0.060					
22	5704	0.051					
23	5456	0.043					
24	5208	0.037					
25	4960	0.032					
26	-	-					
27	-	-					
28	-	-					
29	-	-					
30	-	-					



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 molto simile rispetto all'altitudine media del sito di interesse e posta non distante da esso. 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 10 m, dotato della seguente strumentazione:

Apparecchiatura	H (dal suolo)	Tipo
Sensore: VELOCITÀ	10 m	THIES CLIMA mod. 4.3323.21.251/S
Sensore: DIREZIONE	10 m	THIES CLIMA mod. 4.3323.21.251/D
Acquisitore	1.5 m	Schlumberger VIT 2000

Il data-logger, di tipo Schlumberger VIT 2000, 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 installazione della stazione, nonché del certificato di calibrazione "tipo" del modello di sensore combinato (velocità + direzione) installato sulla stessa, 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 quasi 13 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	10	12.7	96.5	3.27	84	3.39	1.12

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 dispone della serie di circa 35 anni di dati, inclusi quelli contemporanei a RIF1, registrati da una stazione storica di proprietà TecnoGaia, alla quale è stata attribuito il codice ST01 e la descrizione "Storica 1". I dettagli della stessa sono esposti nella tabella seguente:

Codice	Coordinate Geografiche WGS84	Alt. (s.l.m.)	H	Periodo di misura	
		(m)	(m)	Inizio	Fine
ST01	Lat. 38° 59' Long. 17° 7'	15	160	11/1987	*** attiva ***

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 della serie storica "Storica 1"
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 due serie anemometriche ha dato esito positivo; il coefficiente di correlazione buono, abbinato alla consistenza del numero di valori correlati, esprime la bontà/validità del procedimento e consente di accettare la correlazione svolta.

I parametri delle rette 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 appartengono alla retta di regressione delle correlazioni sopra descritte, che minimizza lo scarto quadratico dei residui, si ottiene che la ventosità misurata da Riferimento 1 nei circa 13 mesi di campagna anemometrica è inferiore a quanto atteso rispetto al lungo periodo, con una variazione di circa 5.5 punti percentuali. In virtù di un coefficiente di correlazione più che soddisfacente, si ritiene corretto incrementare il valore misurato da RIF1 della % indicata dal confronto.

Pertanto, la velocità media annua stabile nel tempo di **"Riferimento 1" a 10 m dal suolo**, da utilizzare nelle successive elaborazioni, è pari a **3.46 m/s**. La **Figura** che descrive la correlazione descritta è disponibile nell'**Allegato Correlazioni**.

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	10	12.7	96.5	3.46	99	3.54	1.11

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 950 km², precisamente un rettangolo di 30 x 32 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 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 la prima verifica è da considerarsi parzialmente positiva, in quanto ad uno scostamento nullo sul raffronto tra i parametri di energia specifica, corrisponde invece una differenza abbastanza elevata sul confronto tra le ventosità (quasi 4 punti percentuali).

Gli esiti della seconda verifica confermano sostanzialmente i risultati della precedente, con uno scostamento analogo sulle ventosità e uno più accentuato sui parametri di energia (comunque non superiore al punto percentuale).

Alla luce di quanto emerso e in considerazione di quanto espresso sopra, non si può ritenere la verifica pienamente soddisfacente. Ciò comporterà un incremento delle incertezze dei processi posti in atto, la cui valutazione nel merito non è comunque oggetto dello studio corrente, in grado di compensare alla probabile sottostima della ventosità all'altezza di misura.

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 (0.1). Il valore di alfa stimato dal modello di calcolo, tra 115 e 10 m, è invece più elevato, pari a 0.16. Ciò potrebbe comportare sovrastime anche sensibili nella valutazione dell'impianto in progetto. Tuttavia, 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, l'uso del gradiente atteso porterebbe invece ad una possibile sottostima dell'impianto in progetto, probabilmente frutto della bassa altezza di misura affetta da interferenze orografiche. Per questo motivo, si preferisce, per la stima del gradiente, lasciare il compito al modello di calcolo.

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 all'altezza di mozzo, 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 **D08** che, come ventosità, posizione ed altitudine, 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.

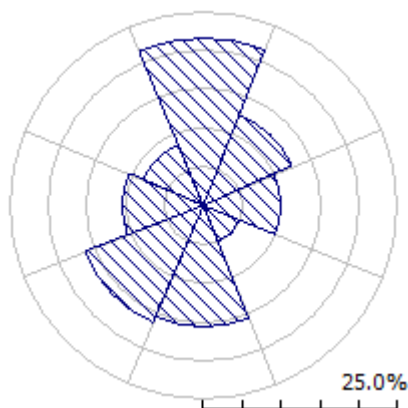
Nella prima parte della tabella sono riportati, per ciascuno degli 8 settori di direzione in cui è stato suddiviso l'angolo giro di 360° i seguenti parametri:

- 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 degli 8 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: **D08** – Anemometer height: 115 m a.g.l.



	0	45	90	135	180	225	270	315
A	7.0	7.2	5.6	4.7	10.1	7.2	2.7	2.6
K	1.62	2.04	1.87	1.37	2.40	1.69	1.43	1.20
U	6.28	6.39	4.97	4.31	8.96	6.44	2.49	2.49
P	369	299	155	153	716	376	28	38
f	21.5	12.6	10.0	5.0	15.7	16.5	10.4	8.3

U	0	45	90	135	180	225	270	315	All
1.0	42	18	39	113	4	35	218	277	73
2.0	81	53	97	154	16	73	262	243	104
3.0	101	84	132	151	33	95	206	174	110
4.0	108	106	146	134	50	106	138	116	107
5.0	108	118	142	112	66	108	83	75	101
6.0	101	120	125	89	80	103	46	47	92
7.0	91	113	101	69	90	94	24	28	82
8.0	79	100	77	52	96	83	12	17	71
9.0	66	83	54	38	96	70	6	10	60
10.0	54	65	36	28	92	58	2	6	50
11.0	43	49	23	19	84	46	1	3	40
12.0	34	34	14	14	73	36	0	2	31
13.0	26	23	8	9	60	27	0	1	24
14.0	19	15	4	6	48	20	0	1	18
15.0	14	9	2	4	36	15	0	0	13
16.0	10	5	1	3	27	10	0	0	9
17.0	7	3	0	2	18	7	0	0	6
18.0	5	2	0	1	12	5	0	0	4
19.0	3	1	0	1	8	3	0	0	3
20.0	2	0	0	0	5	2	0	0	2
21.0	2	0	0	0	3	1	0	0	1
22.0	1	0	0	0	2	1	0	0	1
23.0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
24.0	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]							
D01	674,906	4,329,653	117	115.0	5.91	17,304	4.84	16,467	2656
D02	675,544	4,329,530	136	115.0	6.01	17,751	3.50	17,129	2763
D03	676,039	4,329,135	120	115.0	5.91	17,247	1.19	17,041	2749
D04	672,234	4,329,911	165	115.0	5.69	16,403	6.17	15,391	2482
D05	673,372	4,329,811	116	115.0	5.49	15,407	6.73	14,370	2318
D06	671,996	4,328,882	167	115.0	5.82	16,947	6.44	15,856	2557
D07	672,922	4,329,063	157	115.0	5.72	16,478	9.59	14,897	2403
D08	672,533	4,328,591	170	115.0	5.79	16,852	8.62	15,400	2484
D09	672,839	4,327,990	158	115.0	5.86	17,159	7.80	15,821	2552
D10	673,332	4,327,743	118	115.0	5.54	15,695	4.57	14,978	2416
D11	671,057	4,326,800	146	115.0	5.78	16,820	4.07	16,136	2603
D12	671,605	4,326,952	142	115.0	5.67	16,257	4.23	15,568	2511
MEDIE			143	115.0	5.77	16,693	5.65	15,755	2541
TOTALI						200,320		189,054	

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 6.6-170 AM-4	115.0	6.2	12	74.4	189,054	2541

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 6.6-170 AM-4
Densità aria (alla densità di 1.195 Kg/m ³)	-1.4%
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	-9.2%

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 6.6-170 AM-4	6.2	12	115.0	74.4	171,601	2306

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 Scandale, Crotone e Cutro, parte della Provincia di Crotone, Regione Calabria.

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 grazie a idonee verifiche e a confronti con altre serie di dati, oltre a correlazioni con una stazione storica posta nella più ampia area analizzata (Storica 1), confermando le scelte intraprese.

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, nonostante esiti non sempre positivi, hanno consentito di trovare le soluzioni per diminuire il grado di incertezza introdotto dal modello nel calcolo in ogni fase del processo, come ad esempio la scelta di avvalersi anche di altre serie di dati per confronto, e dunque avvalorare le scelte intraprese.

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, grazie ad una discreta ventosità ed 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 una discreta ventosità, oltre ad un'orografia solo moderatamente complessa.

ALLEGATO 1

QUALIFICAZIONE DEI DATI ANEMOLOGICI DI UN SITO

Scheda della stazione anemometrica

Sito: "San Leone"

Data

Codifica documento

Archivio

Compilato da

Sezione A) – Dati identificativi della stazione anemometrica

Nome stazione : **RIFERIMENTO 1**

Codice: RIF1

Sezione B) – Dati identificativi delle apparecchiature

SENSORE VELOCITA'	<i>h dal suolo(m)</i>	<i>Tipo</i>	<i>Modello n° matricola</i>	<i>n° inventario</i>	<i>Posizione sensori rispetto al sostegno</i>	
A	10	THIES CLIMA	4.3323.21.251/S		Nord	
B						
SENSORE DIREZIONE	<i>h dal suolo(m)</i>	<i>Tipo</i>	<i>Modello n° matricola</i>	<i>n° inventario</i>	<i>Rotazione Positiva verso il settore ZERO</i>	
A	10	THIES CLIMA	4.3323.21.251/D		Nord	Est
B						
ACQUISITORE		Schlumberger	VIT 2000		ACCESSORI:	
SOSTEGNO	15	Tubolare				
CONTENITORE DELLE APPARECCHIATURE		SAPEL	40 HC			

Sezione C) – Coordinate Geografiche WGS84 F32 N 39° 4' E 16° 57'

Sezione D) – Immagine strumentazione tipo della stazione anemometrica



Sistema acquisizione Vit 2000

stazione anemometrica installata da: **Terenghi**

Data: **20/05/1992**

Combined Wind Transmitter

Order-No. 4.3323.21.251
4.3323.10.251

ADOLF THIES GMBH & CO KG
GÖTTINGEN

Klima-, Meß- und Regelgeräte


Postfach 3536+3541

Hauptstraße 76

D-3400 Göttingen

Telefon (05 51) 7 90 01-0

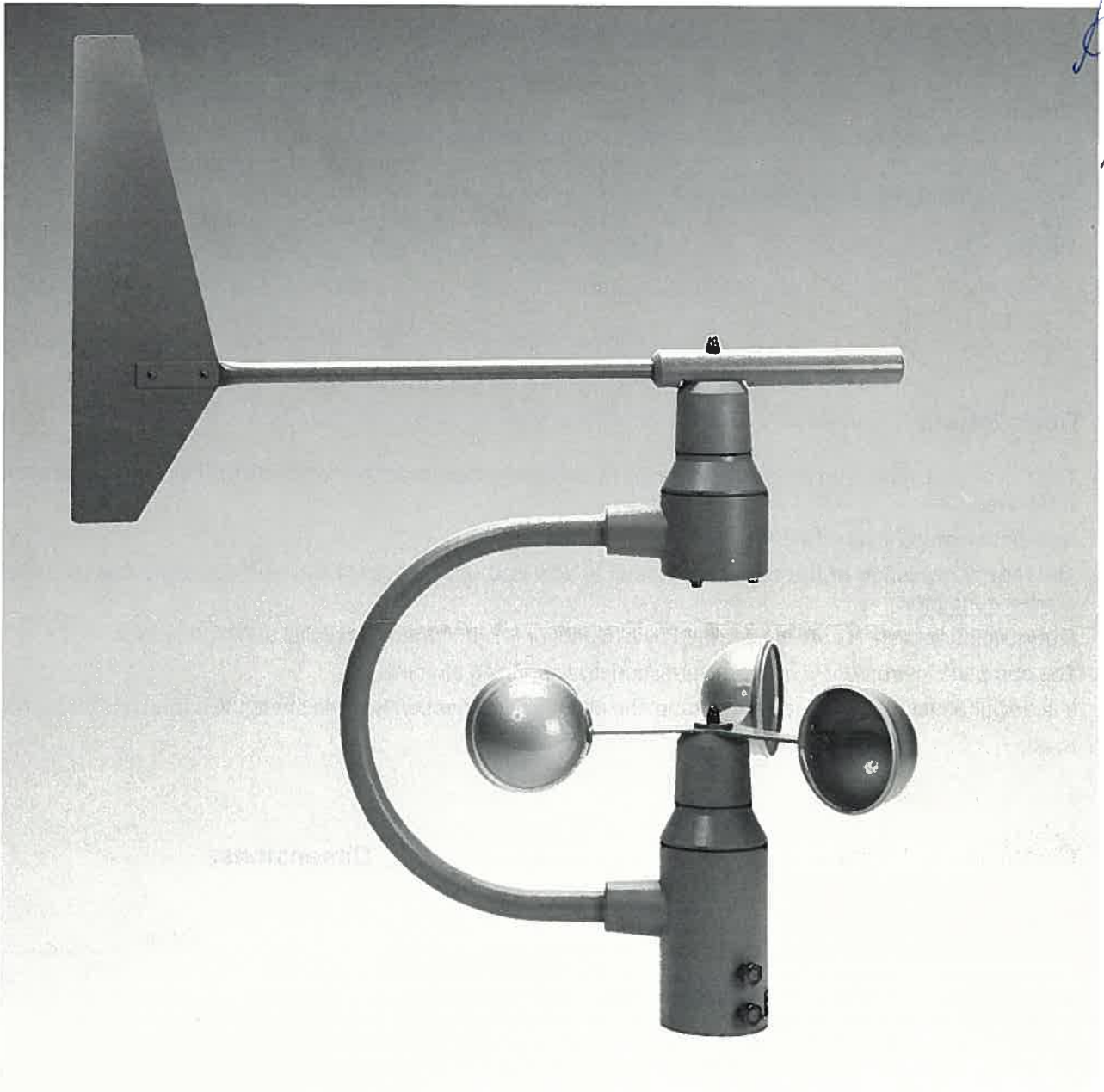
Telefax (05 51) 7 90 01-65

 96722

 Meßthies

11/89

Thies
CLIMA
Wind



Measures wind velocity and direction

Scans the velocity data

- Opto-electronically and direct current generator

Scans the direction data

- Potentiometer

Electronically regulated heating system for wintertime use

Sturdy, maintenance-free and wear-resistant

Technical Data:

Velocity TELEFAX (02) 8376185

Direction

Measuring range:	0.5 ... 45 m/s	0 ... 358 °
Resolution:	0.05 m/Imp.	-
Sensitivity:	0.5 m/s	0.5 m/s (30°-Turn)
Damping constant:	-	< 0.2
Electr. Output:		0 ... 2000 Ω
Opto	0 ... 900 Hz	
Generator	0 ... 2 mA at 1K - Ohm	
Heater*:	nominal value 8°C; 24V~/max. 44 W; 24V~/max. 34W	
Operating voltage:	15V-	
Ambient temperature:	-35°C ... +70 °C (without heating 0 ... +70°C)	
Electrical connection:	12 pole Euchner round plug (supplied with instrument)	
Recommended connection cable:	LiYCY 12×0.75 mm ² , max. Ø 20 mm	
Mounting:	to a tube mast, Ø max. 48 mm, inner Ø min 40 mm	
Weight:	3.4 kg	

Description:

The Combined Wind Transmitter is designed to detect the horizontal components of both wind velocity and wind direction.

A potentiometer detects the position of the wind vane.

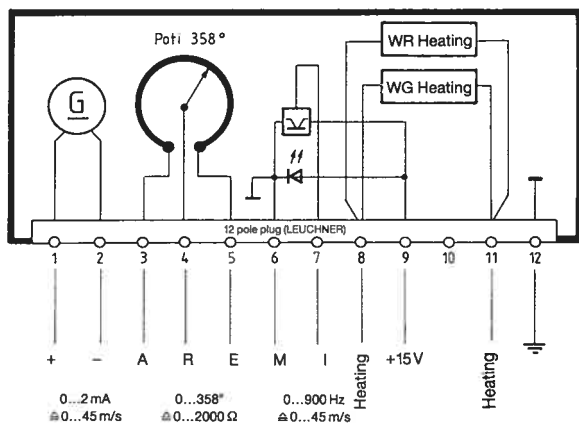
The rate of revolution of the cup anemometer is scanned opto-electronically and also detected by a direct current generator.

Frequencies above 2 Hz are suppressed by a capacitor (47 µF capacity) parallel to the generator.

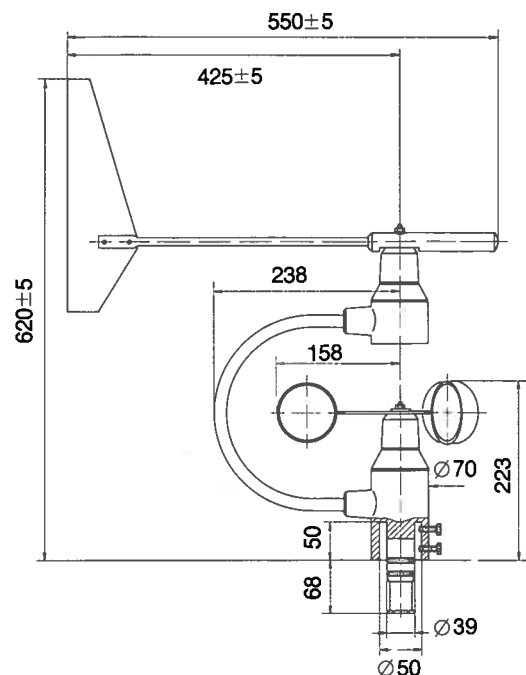
The complete instrument is made of varnished and anodized aluminium.

It is designed for mounting to a mast tube, the electrical connection is in the shaft, the cable runs through the mast.

Connection diagram:



Dimensions:

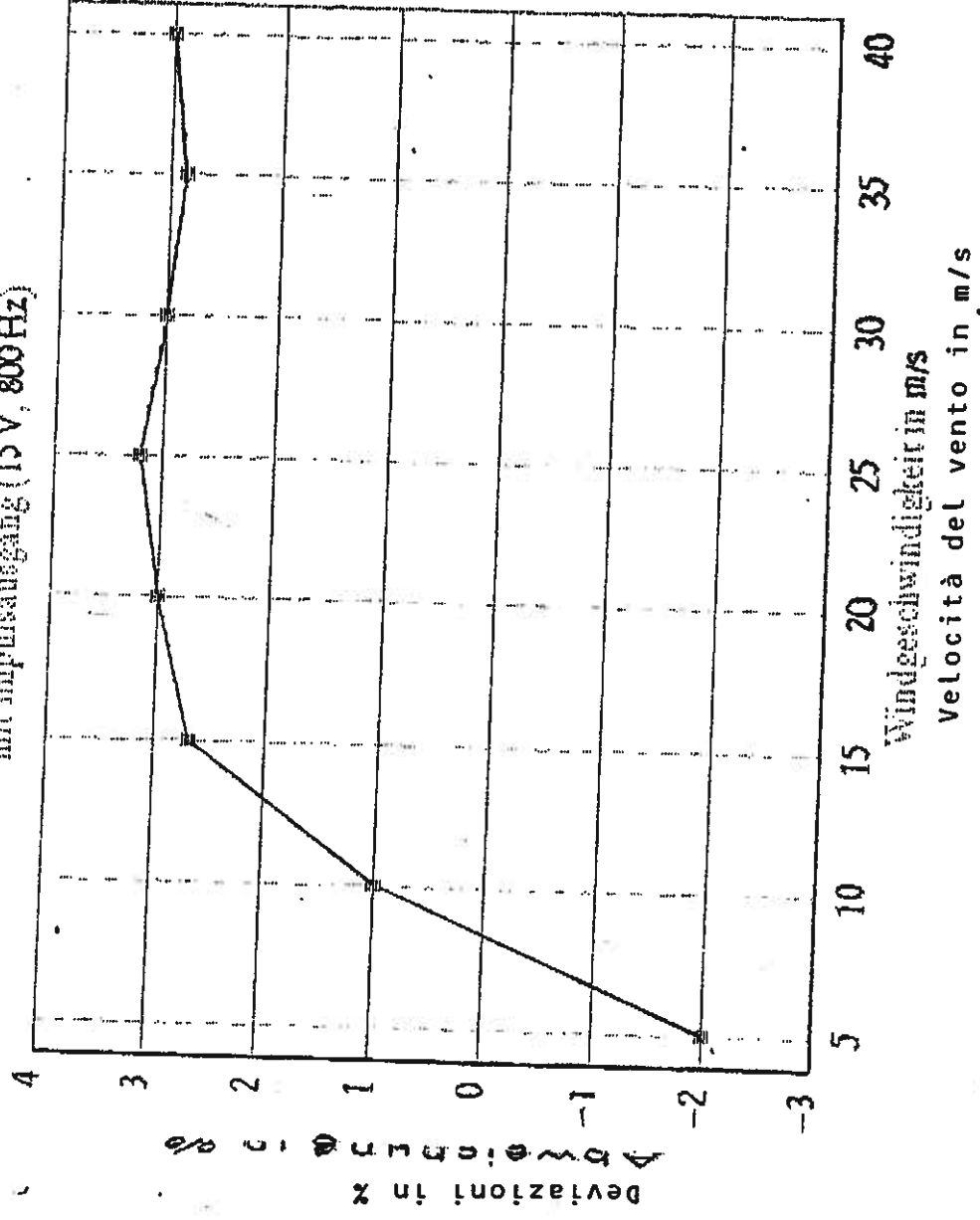


* Without heating: Order-no. 4.3323.10.251

Sensore della velocità del vento
con uscita d'impulsi 15V/800 Hz

Windgeschwindigkeitsgeber

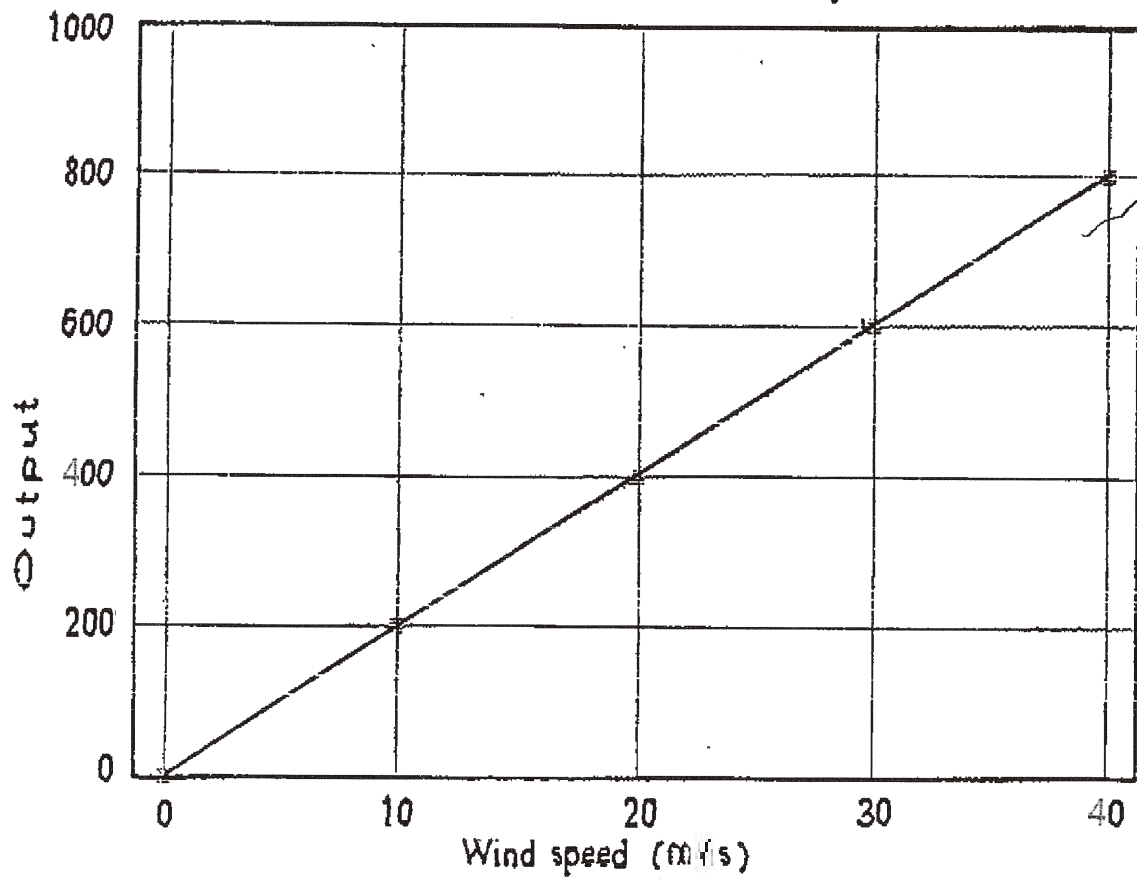
mit Impulsausgang (15V, 800 Hz)



Handwritten signature
Mlog

Comb. Wind Transmitter 4.3323.21.2

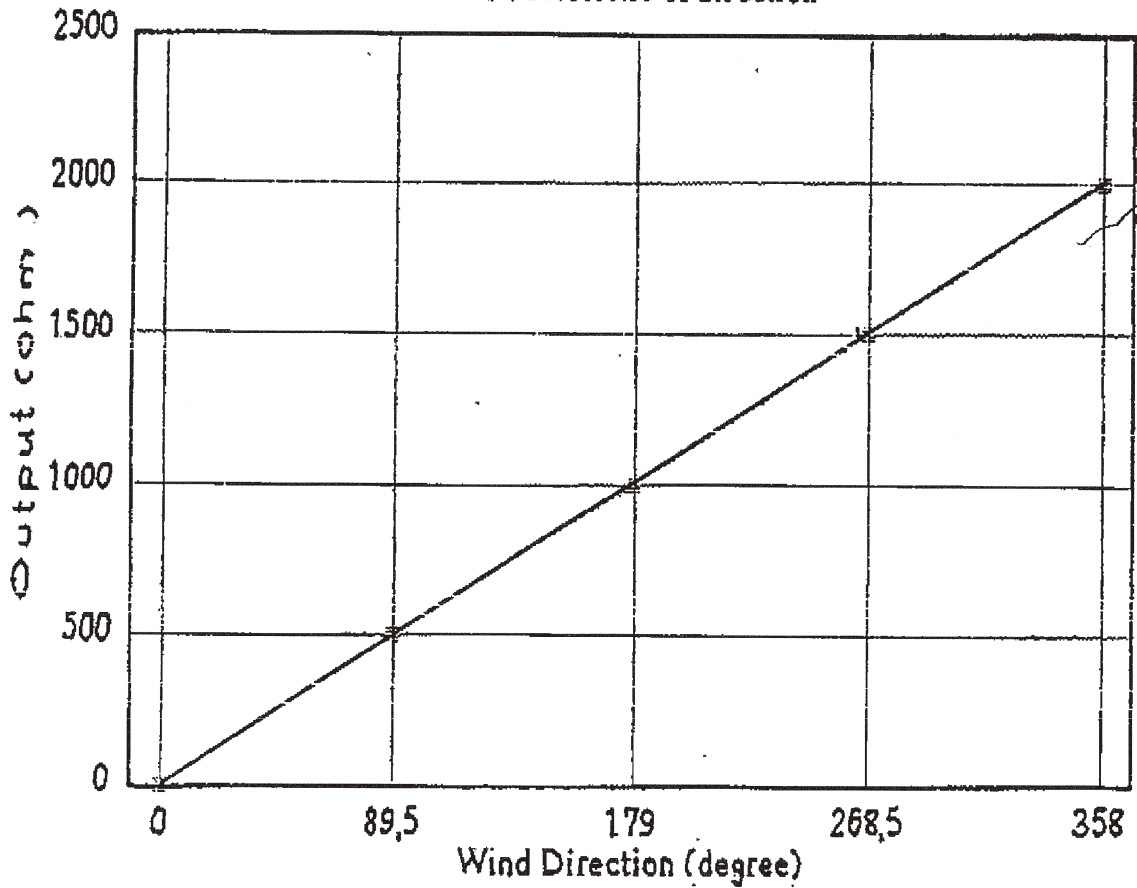
Characteristic of Wind speed



Handwritten signature

Comb. Wind Transmitter 4.3323.21.2

Characteristic of direction



Tolerance full scale $\pm 3\%$
Linearity 0,35 %

**ADOLF THIES GMBH + CO. KG
GÖTTINGEN**

Klima-Meß und Regelgeräte
Postfach 3836+3541
Hauptstraße 78
D-3400 Göttingen
Telefon (0551) 79001-0
Telefax (0551) 79001-85
☎ 06722
☎ Meßthies



TEST REPORT OF 10 THIES WIND VELOCITY TRANSMITTERS ISSUED BY THE NATIONAL GERMAN WEATHER SERVICE OF 13.07.1990

m/s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(Sensor)
5	97	98	98	99	98	97	98	97	97	97	} output in Hz
10	200	203	203	206	202	201	202	202	203	202	
15	304	309	310	311	307	306	310	307	306	307	
20	407	414	414	416	411	409	413	410	411	410	
25	510	522	519	522	514	512	517	513	514	513	
30	612	624	620	625	616	613	619	615	618	616	
35	714	726	723	728	719	716	720	717	721	718	
40	817	830	828	833	822	818	826	819	826	821	

m/s	Average in Hz	Sigma	Deviation in %	Deviation in Hz	Deviation in-m/s
5	97,6	0,66	-2,4	-2,4	0,12
10	202	1,5	1,2	2,4	-0,1
15	308	2,1	2,57	7,7	-0,4
20	413	2,58	2,88	11,5	-0,6
25	518	3,98	3,12	15,6	-0,8
30	618	4,09	2,97	17,8	-0,9
35	720	4,19	2,89	20,2	-1
40	824	5,14	3	24	-1,2

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 NO 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 16 settori di 22.5° 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 16 settori di 22.5° 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.

STAZIONE ANEMOMETRICA : RIFERIMENTO 1 - Regione: Calabria (Cod. RIF1)

Periodo di elaborazione: 21/05/1992 - 11/06/1993 (numero giorni: 387)

Percentuale dati disponibili = 96.46 % (53755 dati su 55728)

Velocita' del vento V in m/s rilevata a 10 m dal suolo
Tabella A : CURVA DI DURATA DELLA VELOCITA' DEL VENTO

m/s	ore/anno	%	m/s	ore/anno	%
0.0	8376.4	95.62	0.5	7736.3	88.31
1.0	6641.3	75.81	1.5	5539.7	63.24
2.0	4808.3	54.89	2.5	4240.3	48.40
3.0	3765.4	42.98	3.5	3449.4	39.38
4.0	2999.0	34.23	4.5	2578.7	29.44
5.0	2181.9	24.91	5.5	1823.7	20.82
6.0	1493.1	17.04	6.5	1292.8	14.76
7.0	1035.6	11.82	7.5	829.5	9.47
8.0	659.2	7.52	8.5	516.4	5.90
9.0	392.7	4.48	9.5	321.5	3.67
10.0	230.8	2.63	10.5	159.1	1.82
11.0	112.0	1.28	11.5	77.1	0.88
12.0	49.2	0.56	12.5	37.2	0.42
13.0	25.7	0.29	13.5	16.3	0.19
14.0	10.9	0.12	14.5	6.2	0.07
15.0	3.9	0.04	15.5	3.1	0.04
16.0	2.3	0.03	16.5	2.0	0.02
17.0	1.5	0.02	17.5	1.5	0.02
18.0	0.8	0.01	18.5	0.7	0.01
19.0	0.5	0.01	19.5	0.3	0.00
20.0	0.2	0.00	20.5	0.2	0.00
21.0	0.2	0.00	21.5	0.2	0.00
22.0	0.2	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

Parametri della distribuzione di Weibull : $V_c = 3.39$ $k = 1.12$

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

$V_{med} = 3.25$ m/s	$sqmV = 2.91$ m/s	$V_{cub} = 5.42$ m/s
----------------------	-------------------	----------------------

Potenza specifica della vena fluida	$P_v = 97$ W/m ²
-------------------------------------	-----------------------------

Tabella A

STAZIONE ANEMOMETRICA : RIFERIMENTO 1 - Regione: Calabria (Cod. RIF1)

Periodo di elaborazione: 21/05/1992 - 11/06/1993 (numero giorni: 387)

Percentuale dati disponibili = 96.46 % (53755 dati su 55728)

Velocita' del vento V in m/s rilevata a 10 m dal suolo

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

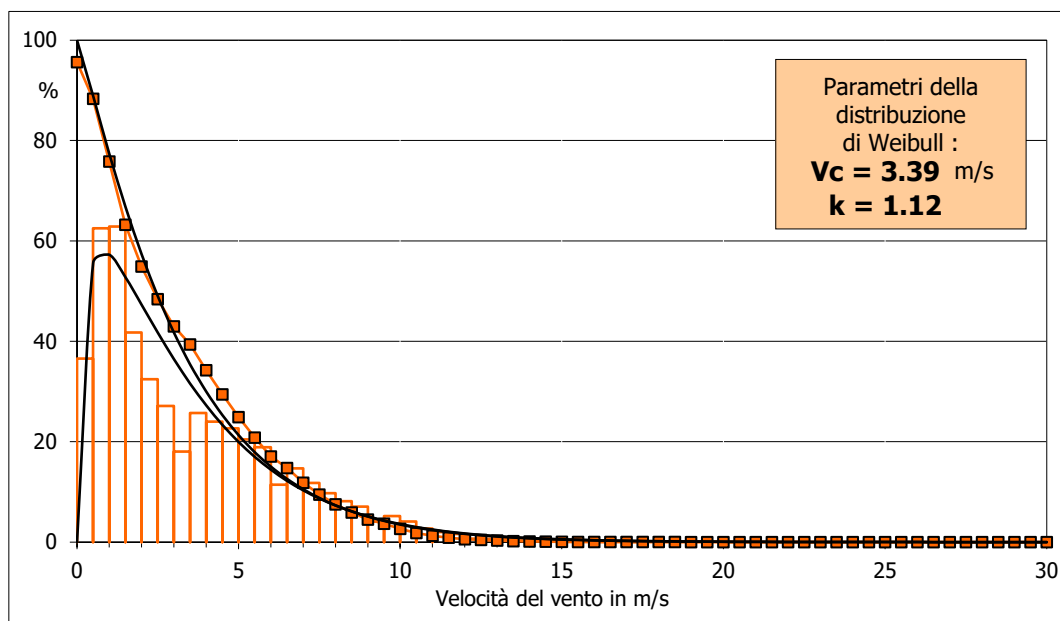
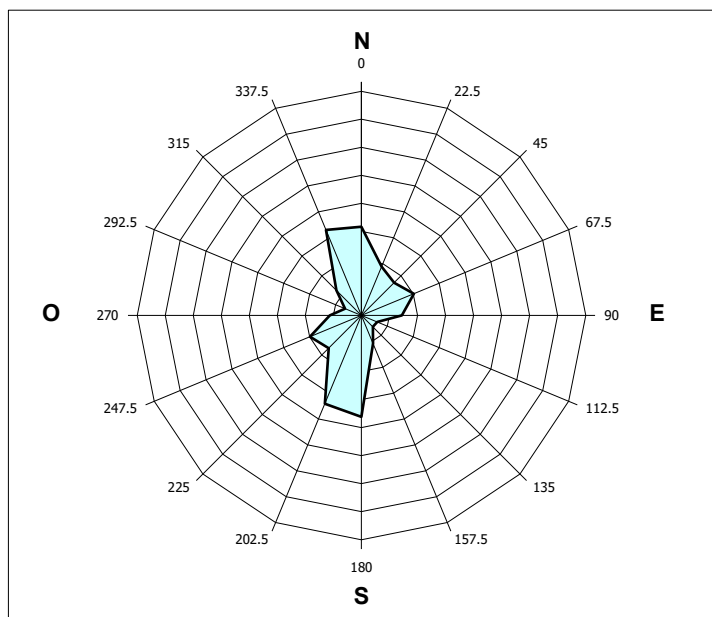


Grafico 2 : FREQUENZE DELLE DIREZIONI DEL VENTO (ROSA DEI VENTI)



Grafici 1 e 2

STAZIONE ANEMOMETRICA : RIFERIMENTO 1 - Regione: Calabria (Cod. RIF1)

Periodo di elaborazione: 21/05/1992 - 11/06/1993 (numero giorni: 387)

Percentuale dati disponibili = 96.46 % (53755 dati su 55728)

Velocita' del vento V in m/s rilevata a 10 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°	Nord	19.4	10436	3.95	2.98	5.72	15.2	115
4°	NE	10.6	5700	3.95	2.11	4.92	12.2	73
5°	Est	10.4	5586	3.23	1.91	4.23	13.9	46
8°	SE	3.6	1912	2.75	2.29	4.39	13.6	52
3°	Sud	14.1	7590	5.46	2.97	6.81	16.6	194
2°	SO	15.2	8165	4.11	2.86	5.79	22.3	119
6°	Ovest	9.3	5019	1.58	1.14	2.47	13.8	9
7°	NO	5.7	3065	1.55	1.24	2.54	9.7	10
	NoDir	0.0	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Calme	11.7	6282	(velocità del vento minore o uguale a 0.5 m/s)				
	Totale =		53755	3.27	2.82	5.15	22.3	84

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	0.98	3.55	3.03	5.56	15.6	105	78
Gen	0.99	2.94	3.01	5.20	14.0	86	64
Feb	0.60	4.05	3.26	6.04	15.2	134	90
Mar	0.99	3.57	2.91	5.40	15.7	96	71
Apr	0.99	3.29	2.79	5.14	15.2	83	60
Mag	1.35	2.54	2.12	3.93	11.1	37	28
Giu	1.36	3.14	2.39	4.56	12.2	58	42
Lug	0.99	3.63	2.89	5.40	15.2	96	71
Ago	1.00	2.70	2.37	4.23	14.3	46	34
Set	0.99	3.01	2.68	4.80	14.5	67	48
Ott	1.00	4.34	3.17	6.16	22.3	142	106
Nov	1.00	3.13	3.03	5.39	20.0	96	69

Stagione	Vmed (m/s)	sigV (m/s)	Vcub (m/s)	Vmax (m/s)	Pv (W/m ²)	Ev (kWh/m ²)
Inverno (Dic - Feb)	3.49	3.13	5.61	15.6	107	232
Primavera (Mar - Mag)	3.13	2.66	4.90	15.7	72	159
Estate (Giu - Ago)	3.16	2.59	4.78	15.2	67	147
Autunno (Set - Nov)	3.51	3.03	5.51	22.3	102	223

Anno	3.32	2.87	5.22	22.3	87	761
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-----------	------------

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

Tabelle B e C

STAZIONE ANEMOMETRICA : RIFERIMENTO 1 - Regione: Calabria (Cod. RIF1)

Periodo di elaborazione: 21/05/1992 - 11/06/1993 (numero giorni: 387)

Percentuale dati disponibili = 96.46 % (53755 dati su 55728)

Velocita' del vento V in m/s rilevata a 10 m dal suolo

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

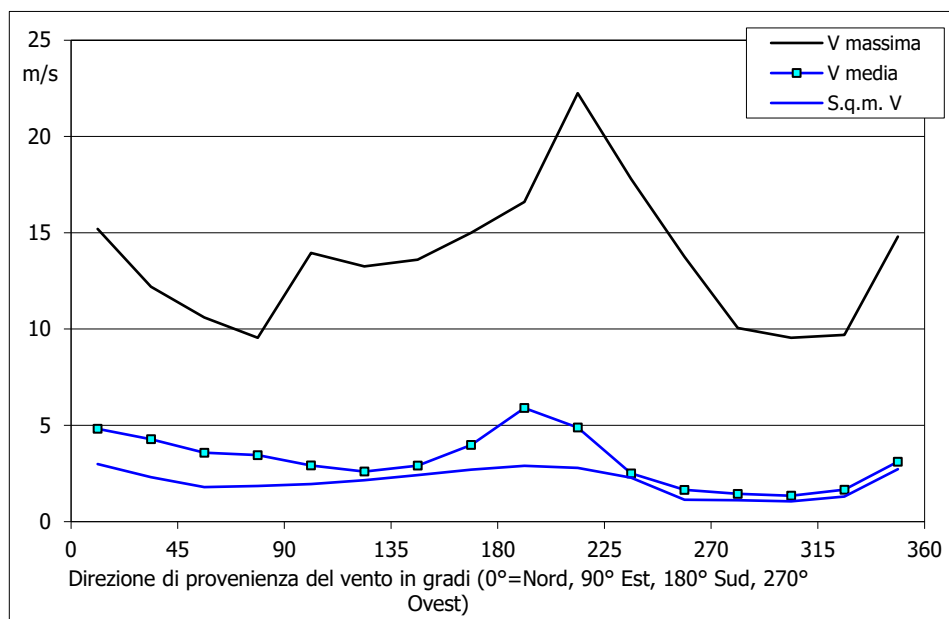
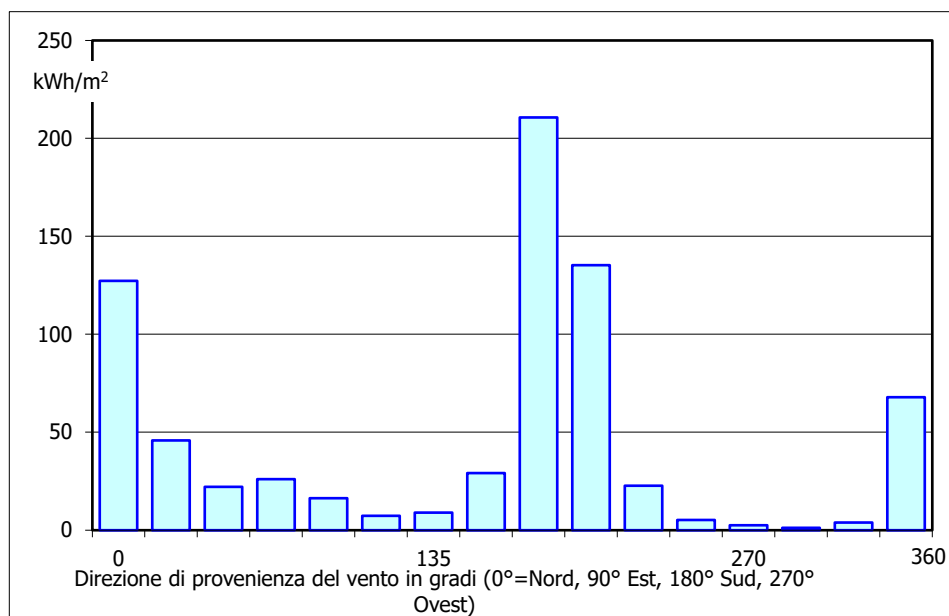


Grafico 4 : ENERGIA SPECIFICA DELLA VENA FLUIDA IN kWh/m² PER SETTORE DI DIREZIONE



Grafici 3 e 4

STAZIONE ANEMOMETRICA : RIFERIMENTO 1 - Regione: Calabria (Cod. RIF1)

Periodo di elaborazione: 21/05/1992 - 11/06/1993 (numero giorni: 387)

Percentuale dati disponibili = 96.46 % (53755 dati su 55728)

Velocita' del vento V in m/s rilevata a 10 m dal suolo

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

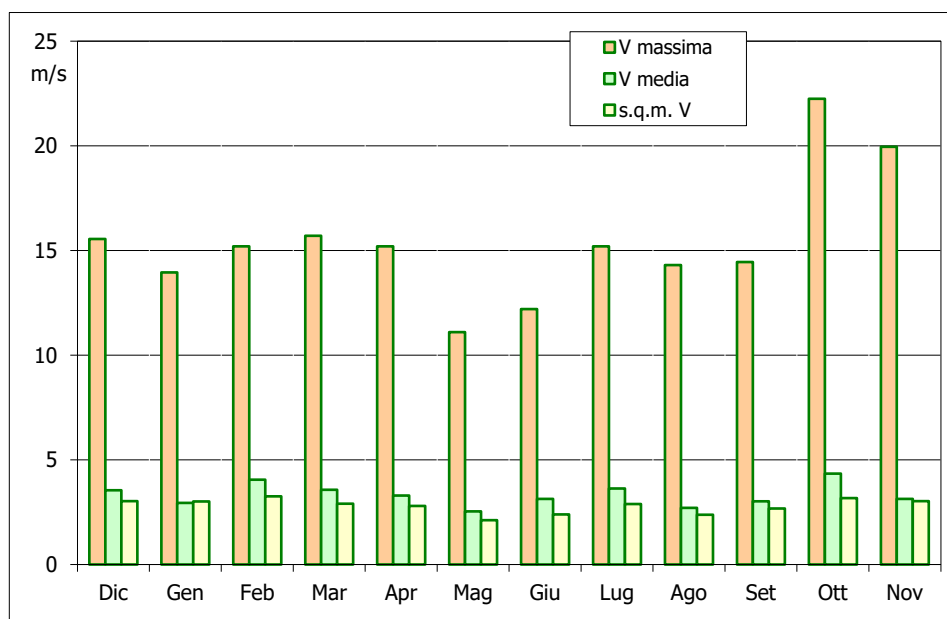
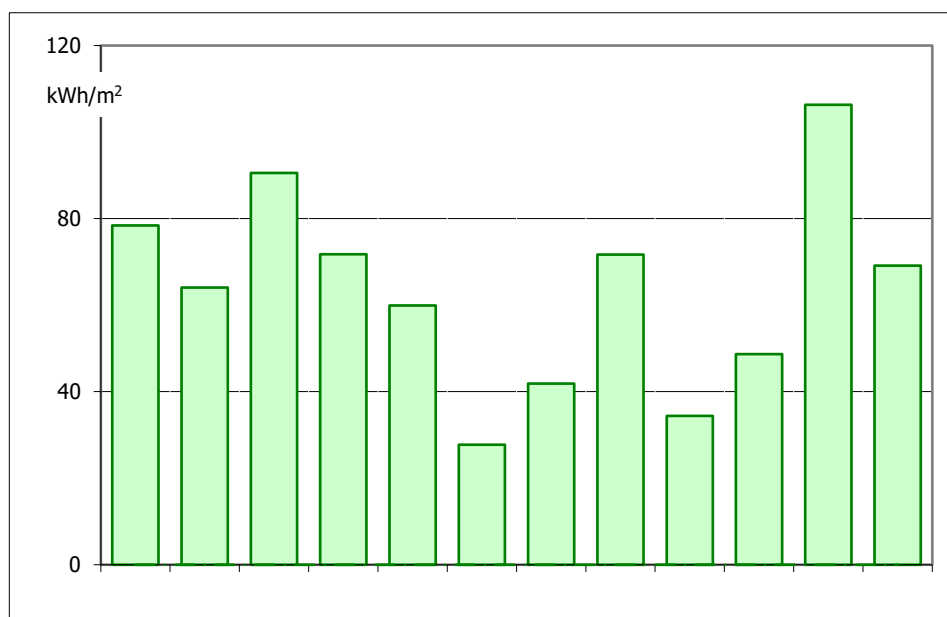


Grafico 6 : ENERGIA SPECIFICA MEDIA MENSILE DELLA VENA FLUIDA IN kWh/m2



Grafici 5 e 6

STAZIONE ANEMOMETRICA : RIFERIMENTO 1 - Regione: Calabria (Cod. RIF1)

Periodo di elaborazione: 21/05/1992 - 11/06/1993 (numero giorni: 387)

Percentuale dati disponibili = 96.46 % (53755 dati su 55728)

Velocita' del vento V in m/s rilevata a 10 m dal suolo

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

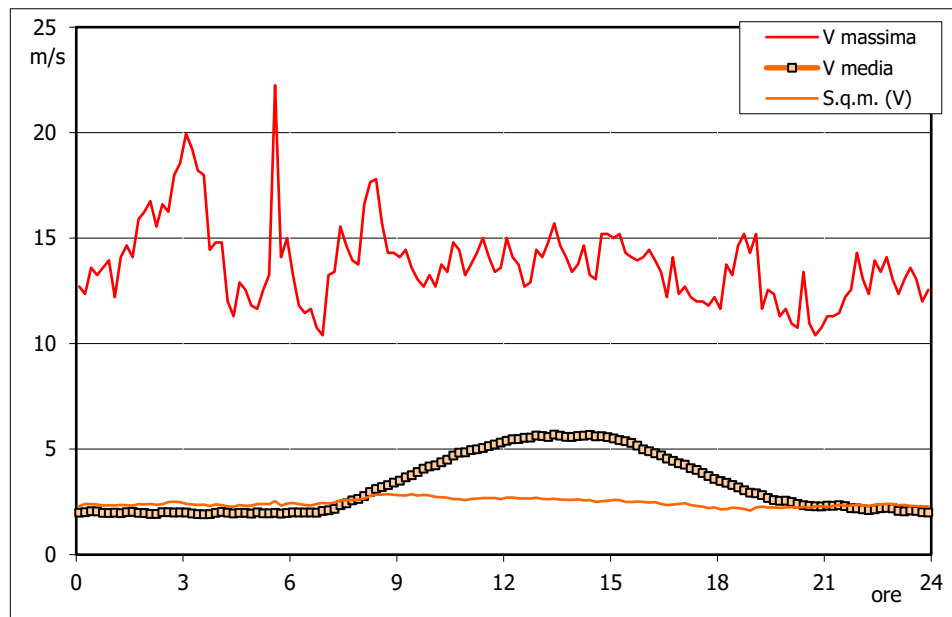
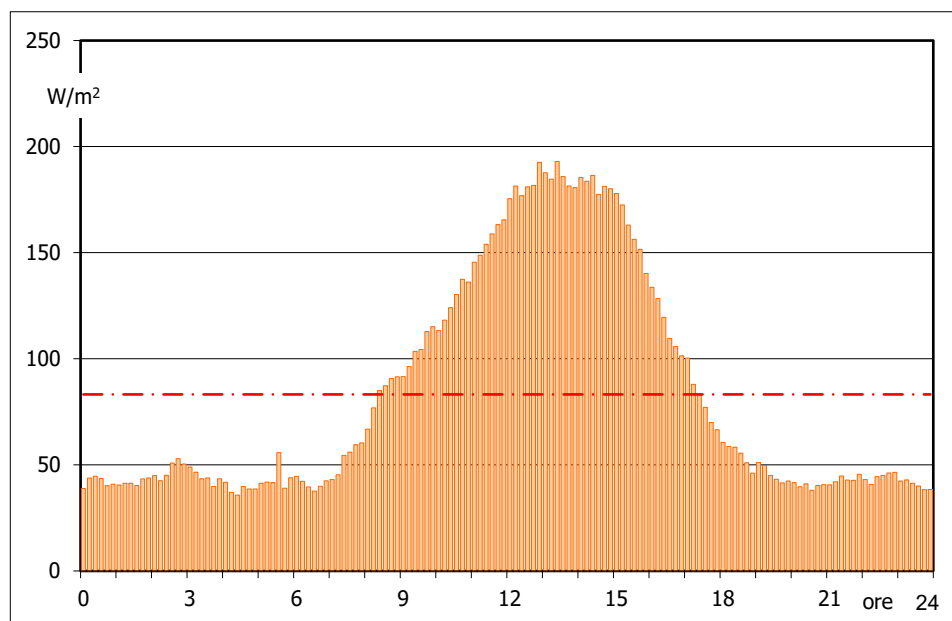


Grafico 8 : POTENZA SPECIFICA MEDIA DELLA VENA FLUIDA IN W/m² NELLE 24 ORE



Grafici 7 e 8

STAZIONE ANEMOMETRICA : RIFERIMENTO 1 - Regione: Calabria (Cod. RIF1)

Periodo di elaborazione: 21/05/1992 - 11/06/1993 (numero giorni: 387)

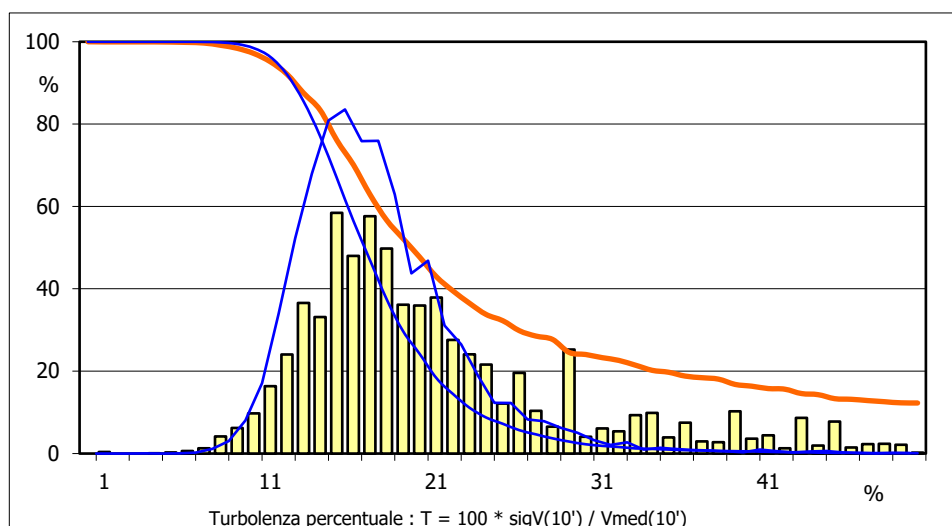
Percentuale dati disponibili = 96.46 % (53755 dati su 55728)

Velocita' del vento V in m/s rilevata a 10 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	22.0	10436	26.8	19.3	10.4	72.5
NordEst	12.0	5700	24.1	15.4	12.4	59.7
Est	11.8	5586	25.8	16.1	12.2	63.2
SudEst	4.0	1912	34.1	20.4	13.5	78.4
Sud	16.0	7590	22.2	16.0	10.9	60.6
SudOvest	17.2	8165	23.5	16.8	10.8	63.7
Ovest	10.6	5019	31.7	22.0	10.0	76.5
NordOvest	6.5	3065	36.2	23.3	11.4	81.3
Nessuna Direzione	0.0	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Totale =	88.3	47473	26.5	18.7	11.0	72.1

Classe velocità m/s	%	n	Tmed	sigT	T_5%	T_95%
V < 4	61.2	29070	32.2	21.8	10.7	78.5
4 < V < 8	30.2	14358	17.9	5.3	11.3	27.6
8 < V < 12	7.9	3743	16.2	3.6	11.3	22.5
12 < V < 16	0.6	288	15.4	3.0	11.2	20.3
16 < V < 20	0.0	13	15.4	2.0	11.7	19.4
V > 20	0.0	1	22.2	0.0	0.0	0.0
Totale* =	34.2	18403	17.5	5.0	11.3	26.7

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

Tabella D e Grafico 9

STAZIONE ANEMOMETRICA : RIFERIMENTO 1 - Regione: Calabria (Cod. RIF1)

Periodo di elaborazione: 21/05/1992 - 11/06/1993 (numero giorni: 387)

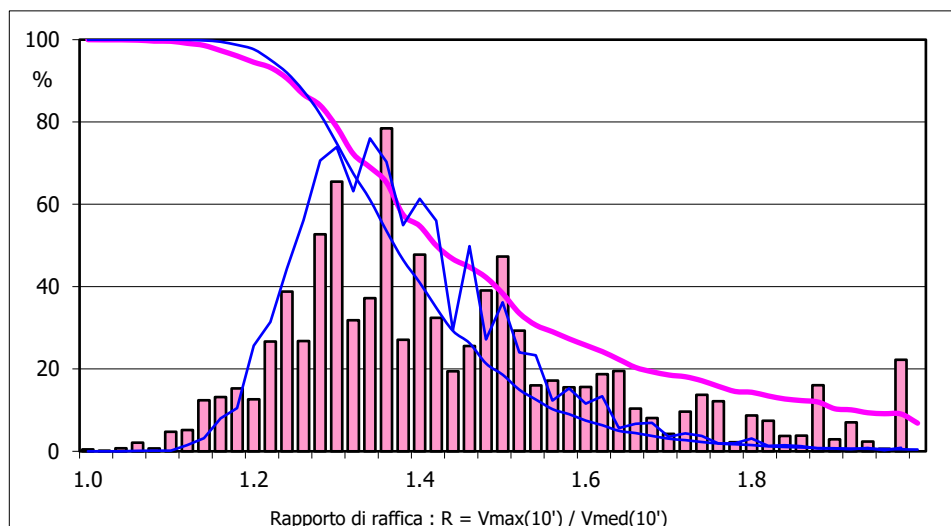
Percentuale dati disponibili = 96.46 % (53755 dati su 55728)

Velocita' del vento V in m/s rilevata a 10 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	22.0	10436	1.54	0.35	1.17	2.25
NordEst	12.0	5700	1.54	0.30	1.25	2.06
Est	11.8	5586	1.55	0.32	1.22	2.10
SudEst	4.0	1912	1.68	0.38	1.25	2.41
Sud	16.0	7590	1.48	0.32	1.21	2.01
SudOvest	17.2	8165	1.50	0.31	1.20	2.06
Ovest	10.6	5019	1.57	0.38	1.15	2.29
NordOvest	6.5	3065	1.65	0.42	1.17	2.50
Nessuna Direzione	0.0	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Totale =	88.3	47473	1.54	0.34	1.19	2.24

Classe velocità m/s	%	n	Rmed	sigR	R_5%	R_95%
V < 4	61.2	29070	1.62	0.40	1.17	2.40
4 < V < 8	30.2	14358	1.42	0.15	1.22	1.67
8 < V < 12	7.9	3743	1.39	0.11	1.22	1.56
12 < V < 16	0.6	288	1.38	0.10	1.23	1.52
16 < V < 20	0.0	13	1.38	0.09	1.21	1.53
V > 20	0.0	1	1.45	0.00	0.00	0.00
Totale* =	34.2	18403	1.41	0.14	1.22	1.64

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

Tabella E e Grafico 10

ALLEGATO 3

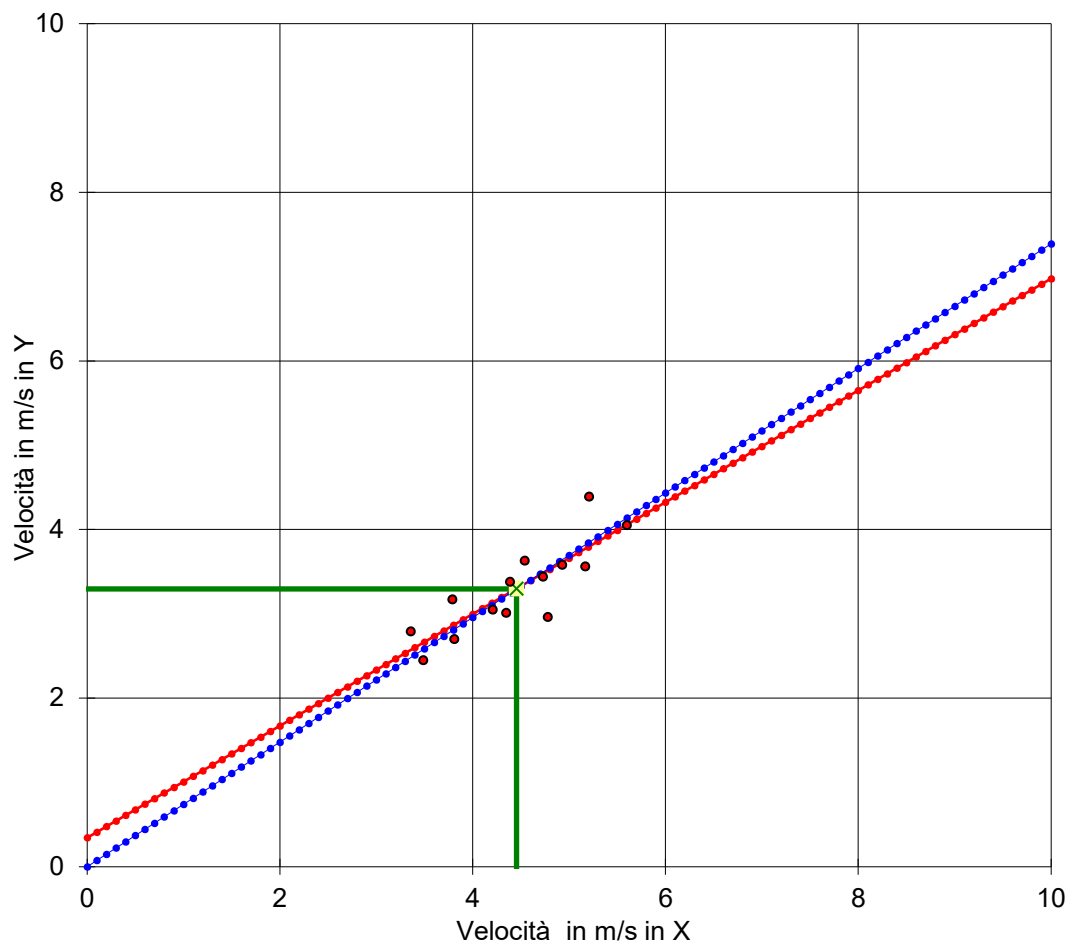
CORRELAZIONE TRA LE VELOCITA' MEDIE MENSILI RILEVATE A:

Variabile X: TA di STORICA 1 (codice: ST01) a 15 m dal suolo
Variabile Y: TA di RIFERIMENTO 1 (codice: RIF1) a 10 m dal suolo

Coefficiente di correlazione = 0.843 (Regressione lineare con 14 punti)

(Y = A * X + B) : A = 0.663 ; B = 0.344 (Y = C * X) : C = 0.739

V media(X) = 4.454 ; V media(Y) = 3.298 (Ym = R * Xm) : R = 0.740



Valore Storico in (X) = 4.691 m/s Valore Misurato in (Y) = 3.270 m/s

Valore Storico in Y (Y=A * X + B) = 3.455 m/s ks = 1.057

Valore Storico in Y (Y=C * X) = 3.466 m/s ks = 1.060

Valore Storico in Y (Ym = R * Xm) = 3.473 m/s ks = 1.062

ks = Valore Storico in (Y) / Valore Misurato in (Y)

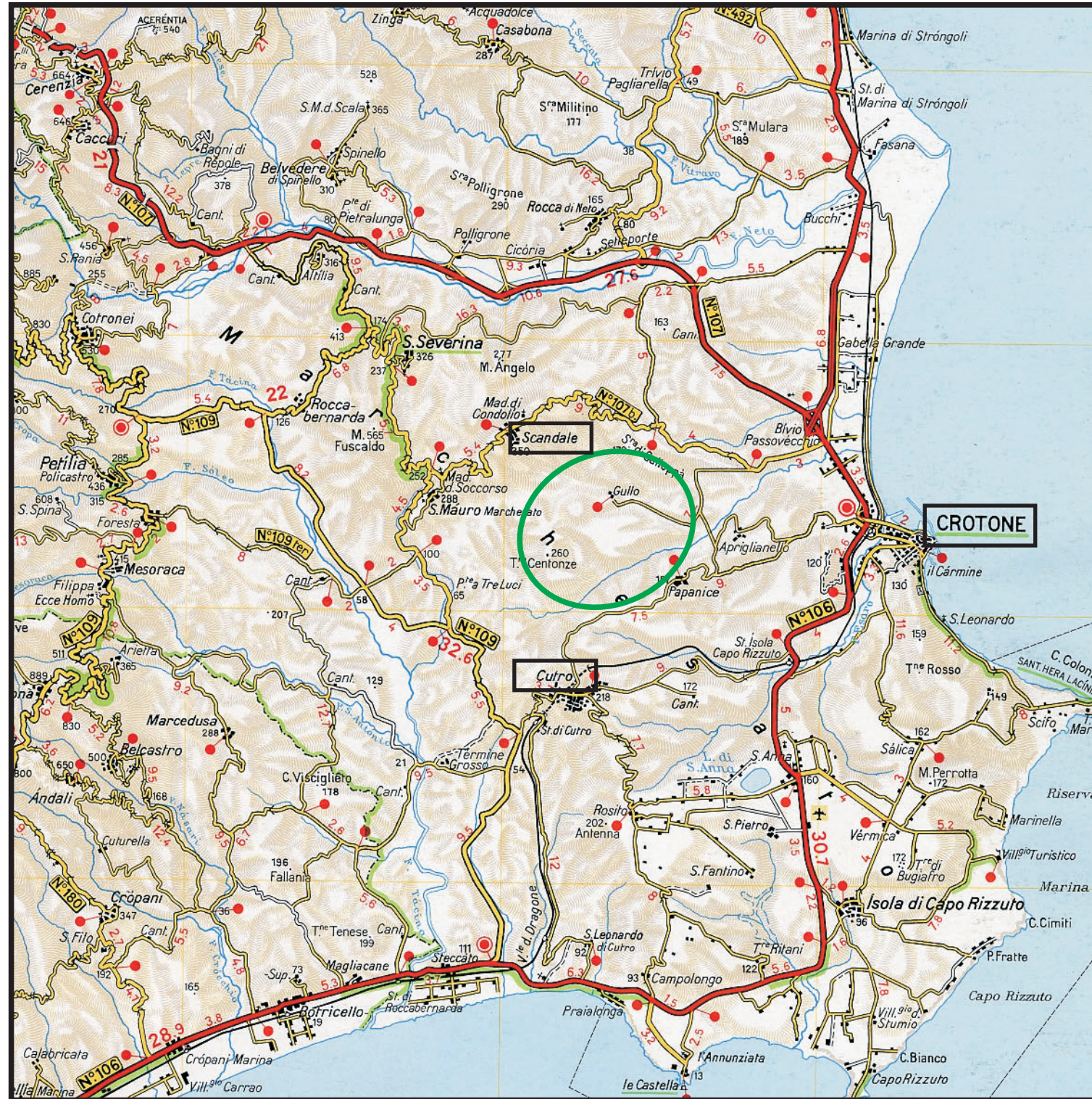
Figura

ALLEGATO 4

IMPIANTO EOLICO "SAN LEONE"

Comuni di
Scandale, Cutro e Crotona
(KR)

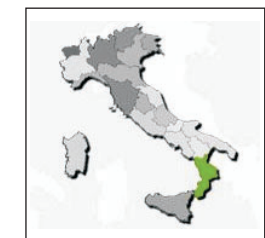
Ubicazione geografica del sito



Scala 1:200.000



 Ubicazione del sito



Regione: CALABRIA

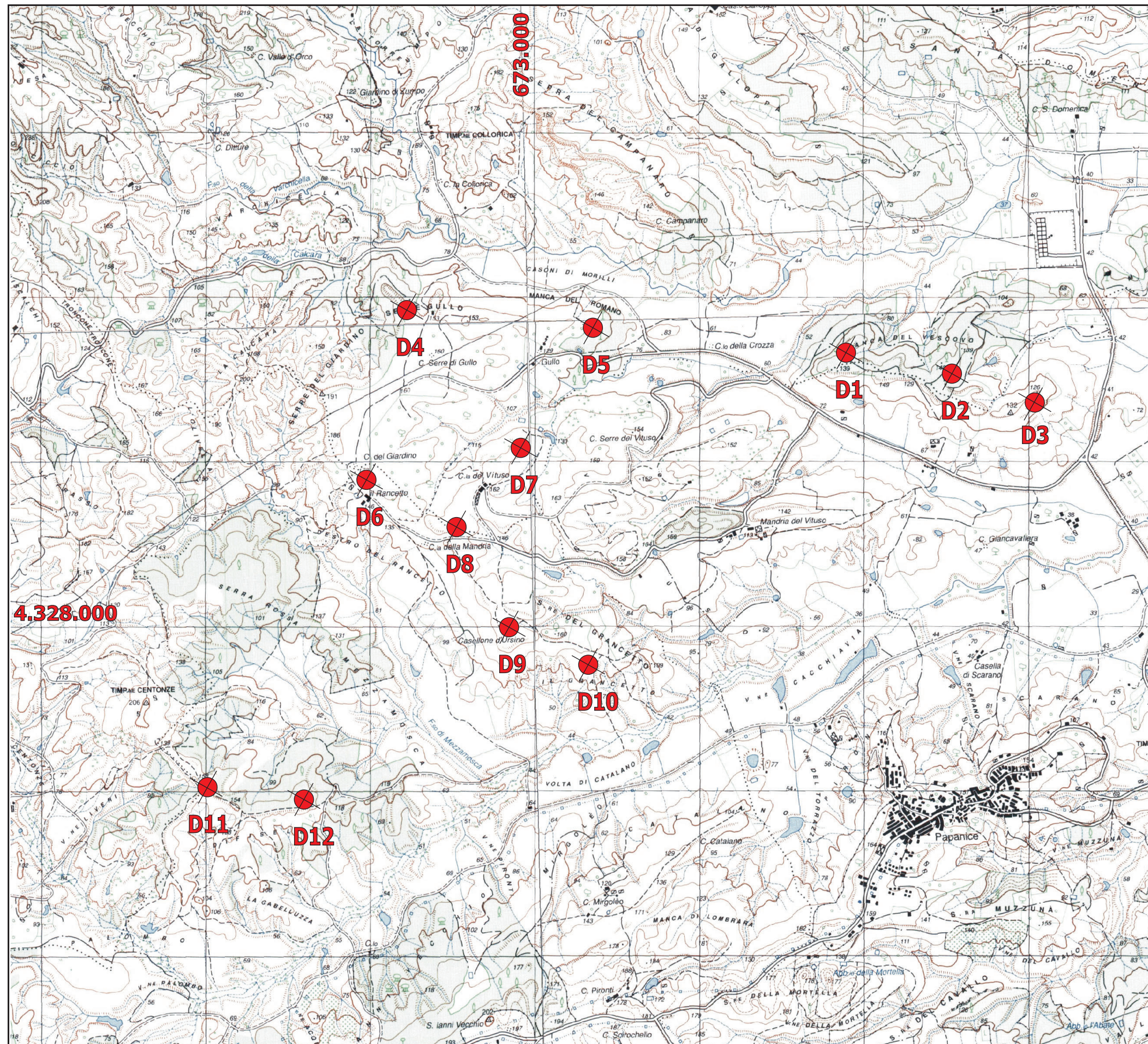
Cartina di base: Atlante stradale d'Italia, Volume SUD 1:200.000, Ediz. TCI, Milano 2004.



IMPIANTO EOLICO "SAN LEONE"

Comuni di Scandale, Cutro e
Crotone (KR)

Ubicazione degli Aerogeneratori

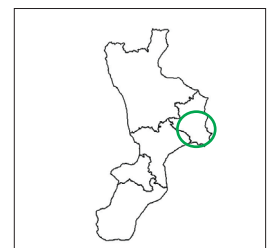


LEGENDA

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

Cartina di base IGMI, serie 25V:
SCANDALE 238 III NO
CUTRO 238 III SO

Scala 1:25.000



Regione: CALABRIA


TecnoGaia s.r.l.

ALLEGATO 5



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