

Lucania Wind Energy Srl

Gennaio 2022

Parco Eolico sito nel Comune di Grottole

Studio anemologico e di producibilità





REGIONE BASILICATA
 PROVINCIA DI MATERA
 COMUNE DI GROTTOLE



Committente:

LUCANIA WIND Energy S.r.l

Via Sardegna, 40
 00187 ROMA

Titolo del progetto:

Progetto Definitivo
Parco Eolico "Grottole"

Documento:

**A.16.d.1.- Studio
 anemologico e di
 producibilità**

N° Documento:

	CONTR.	DISC.	SDISC.	REV.	ELABORATO	REV.
IT VesGro	Gem	C W	AN	TR	0 0 1	0

Scala:

Progettista:



Ing. Saverio PAGLIUSO

Ing. Mario PERRI

Ing. Giorgio SALATINO



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)



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



DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
Aprile 2022	Prima emissione	Tecnogaia	Gemsa	F4



REGIONE BASILICATA



Committente:

Lucania Wind Energy Srl

Lucania Wind Energy Srl

Via Sardegna, 40

00187 Roma

P.IVA/C.F. 15856951007

Titolo del Progetto:

Parco Eolico sito nel Comune di Grottole

Documento:

Studio anemologico e di producibilità

N° Documento

IT-VesGRO - TCNGG – GEN - PROD-TR-001-Rev 0

Progettista:



REDAZIONE

C.Gaioni

APPROVAZIONE

C.Mazzarella

Rev	Data Revisione	Riferimento TecnoGaia	Redatto	Controllato	Approvato
0	25.01.2022	TG002/2022-VPE	C.Gaioni	C.Mazzarella	C.Mazzarella

Impianto Eolico nel Comune di Grottole (MT)

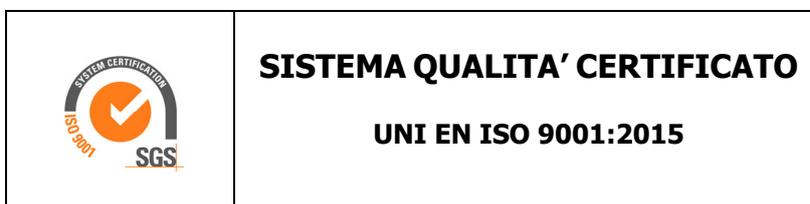
Regione Basilicata

Studio Anemologico e Valutazione preliminare della Produzione Eolica

CLIENTE	REVISIONE				REDAZIONE
<i>Lucania Wind Energy Srl</i>	N°	MESE	ANNO	LUOGO	C. Gaioni
	00	Gennaio	2022	GARDONE VAL TROMPIA	<i>Carlo Gaioni</i>
					APPROVAZIONE
					C. Mazzarella
<i>C. Mazzarella</i>					
ORDINE RIF.	Accettazione ns. Offerta 185_BS_2021_Rev2 del 29/09/2021				

**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	6
3	I DATI ANEMOMETRICI	7
4	DATI IMPIANTO	9
4.1	Aerogeneratore	9
5	ELABORAZIONE DATI DI VENTO	13
5.1	Stazioni anemometriche RIF1 e RIF2	13
5.2	Stazione anemometrica RIF3	14
6	MODELLO DI CALCOLO	15
7	AREA DI APPLICAZIONE DEL MODELLO	15
8	VERIFICHE SUL MODELLO	15
8.1	Verifica dell'approssimazione della curva di Weibull	16
8.2	Verifica del gradiente al suolo della velocità del vento	16
8.3	Analisi di micrositing	17
8.4	Anemometro virtuale	18
9	RISULTATI DI WASP	20
9.1	Producibilità lorda dell'impianto	20
10	PRODUCIBILITÀ DELL'IMPIANTO AL NETTO DELLE PERDITE	21
11	VERIFICA DEI REQUISITI MINIMI DEL PIEAR (1.2.1.3)	22
12	CONCLUSIONI	23

✓ **Allegato 1: Tavole**

✓ **Allegato A: Risultati dell'indagine anemometrica**

1 PREMESSA

Oggetto del presente studio, realizzato da Tecnogaia per conto di **Lucania Wind Energy**, è la caratterizzazione anemologica di un sito e la conseguente valutazione di producibilità (o della produzione attesa) di un impianto eolico in progetto nel Comune di Grottole, in Provincia di Matera, nella Regione Basilicata. Detta valutazione è stata svolta sulla base dei dati anemometrici di una stazione di misura, scelta fra alcune serie disponibili, 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 nei seguenti fasi:

- 1) Analisi, validazione ed elaborazione dei dati anemometrici disponibili, sia appartenenti alle stazioni in sito, sia alla serie storica
- 2) Predisposizione della distribuzione di ventosità in ingresso al modello di simulazione
- 3) Predisposizione della mappa territoriale in ingresso al modello con curve di livello e rugosità
- 4) Simulazione del campo di vento mediante modello WAsP
- 5) Valutazioni della produzione annua attesa dall'impianto, lorda ed al netto delle perdite stimate, mediamente negli anni di suo funzionamento ($P_{50\%}$)
- 6) Verifica del rispetto dei requisiti minimi anemologici e di producibilità, richiesti dalla normativa regionale, con riferimenti anche agli aggiornamenti in corso di legiferazione.

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 Comune di Grottole, in Provincia di Matera, nella parte centro-orientale della Regione Basilicata.

L'area geografica che lo ospita, nel suo contesto più ampio, è caratterizzata da un'orografia moderatamente complessa e da una bassa rugosità. Nel particolare, il sito destinato ad ospitare l'impianto si colloca in un'ampia area mediamente pianeggiante a ovest e collinare a est, con variazioni di quota nella parte orientale e altitudine media complessiva del sito intorno ai 250 m. Si rilevano rilievi nel settore nordorientale ad alcuni chilometri. La ventosità, sia dal punto di vista della maggiore frequenza, sia da quello relativo all'energia, proviene dai settori Ovest e Nord/Ovest.

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

- Altitudine media: **250 m slm**
- Orografia del sito: **moderatamente complessa**
- Orografia circostante il sito: **moderatamente complessa**
- Utilizzo del terreno: **coltivazioni**

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.

Nelle **Tavole 1 e 2** dell'**Allegato 1** 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. Quest'ultimo è raffigurato nell'immagine seguente, insieme alle posizioni delle stazioni anemometriche Riferimento 1 e Riferimento 2.

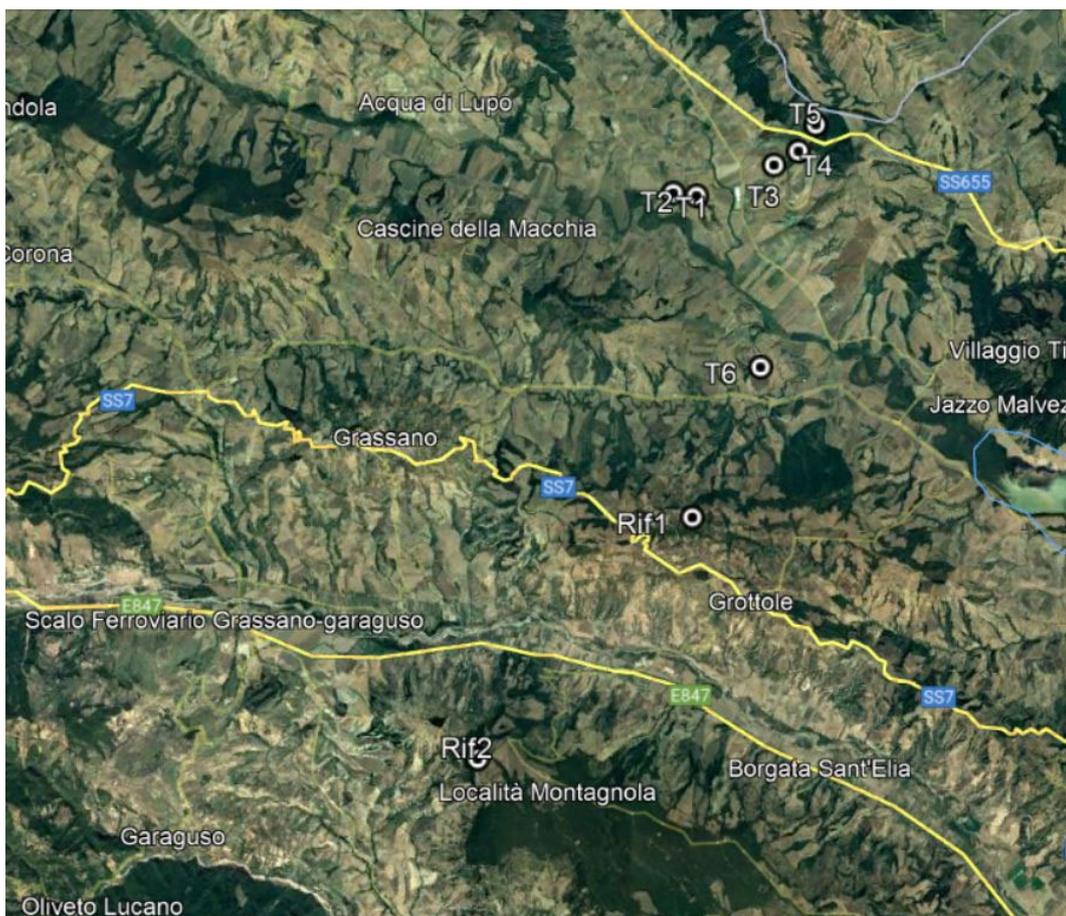


Fig. 1 Dati anemometrici e Impianto di progetto

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, UTM ED50 e GAUSS BOAGA.

AG	COORDINATE UTM-WGS84 F33		COORDINATE UTM-ED50 F33		COORDINATE GAUSS BOAGA	
	Longitudine X	Latitudine Y	Longitudine X	Latitudine Y	EST (X)	NORD (Y)
T1	615,489	4,504,798	615,556	4,504,989	2,635,499	4,504,804
T2	616,042	4,504,739	616,109	4,504,930	2,636,119	4,504,936
T3	617,868	4,505,492	617,935	4,505,683	2,637,945	4,505,689
T4	618,438	4,505,823	618,505	4,506,014	2,638,515	4,506,020
T5	618,833	4,506,449	618,900	4,506,640	2,638,910	4,506,646
T6	617,624	4,500,670	617,691	4,500,861	2,637,701	4,500,867

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 162 m (in basso a sinistra). Come si può notare dalla tabella, tutte le posizioni sono distanziate di almeno 4 diametri di rotore.

Inter-D	T1	T2	T3	T4	T5	T6
T1		556	2478	3122	3729	4647
T2	3.4		1975	2630	3273	4366
T3	15.3	12.2		659	1359	4828
T4	19.3	16.2	4.1		740	5217
T5	23.0	20.2	8.4	4.6		5904
T6	28.7	26.9	29.8	32.2	36.4	

3 I DATI ANEMOMETRICI

Per le valutazioni di producibilità nel seguito descritte sono stati utilizzati sia 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 tre anni nel comune di Grottole, sia i dati di una serie storica alla quale è stato attribuito il codice RIF2 e la descrizione Riferimento 2 e che ha misurato per circa due anni nel comune confinante, oltre ai dati di un'altra stazione anemometrica tutt'oggi attiva, denominata Riferimento 3 (RIF3), con circa trent'anni di dati ed ubicata nella provincia confinante al sito di interesse. Le tabelle di seguito riassumono il monitoraggio anemometrico delle tre stazioni:

Nome Stazione	Codice Stazione	H Torre	Coordinate Geografiche WGS84		Altitudine
		s.l.s.	Latitudine	Longitudine	m s.l.m.
Riferimento 1	RIF1	15	40° 37'	16° 22'	475

Nome Stazione	Codice Stazione	Periodo di rilevazione		N°
		Inizio	Fine	Mesi
Riferimento 1	RIF1	07/1996	11/1999	40.4

Nome Stazione	Codice Stazione	H Torre	Coordinate Geografiche WGS84		Altitudine
		s.l.s.	Latitudine	Longitudine	m s.l.m.
Riferimento 2	RIF2	30	40° 34' N	16° 19' E	595

Nome Stazione	Codice Stazione	Periodo di rilevazione		N°
		Inizio	Fine	mesi
Riferimento 2	RIF2	03/2013	04/2015	24.7

Nome Stazione	Codice Stazione	H Torre	Coordinate Geografiche WGS84		Altitudine
		s.l.s.	Latitudine	Longitudine	m s.l.m.
Riferimento 3	RIF3	15	40° 57' N	16° 21' E	665

Nome Stazione	Codice Stazione	Periodo di rilevazione annuale		N°
		Data inizio	Data fine	mesi
Riferimento 3	RIF3_1Y	01/01/2021	15/01/2022	12.5

Nome Stazione	Codice Stazione	Periodo di rilevazione triennale		N°
		Data inizio	Data fine	mesi
Riferimento 3	RIF3_3Y	15/01/2019	15/01/2022	36.0

Si segnala che, al fine di verifica della coerenza delle serie di dati impiegate, è stata svolta un'analisi di micrositing tra le stazioni, con buoni risultati e discrepanze contenute, a suffragare la bontà della rappresentatività della risorsa da parte delle stazioni anemometriche scelte 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 attiva Riferimento 3, di validazione e di loro successiva elaborazione, per il periodo maggiore di un anno preso a riferimento e di circa un triennio, sono ampiamente illustrati nell'**Allegato A**, cui bisogna riferirsi per approfondimenti e verifiche. Relativamente alle simulazioni con modello è stata invece utilizzata l'intera serie di dati disponibili, pari, come già accennato, a circa 30 anni. Infatti, tale stazione può essere definita storica ed il suo valore medio annuo misurato valido anche per il lungo periodo.

Per quanto attiene invece alle prime due stazioni prese in considerazione, esse sono state sottoposte al processo di storicizzazione, proprio grazie all'utilizzo della serie di lungo termine appartenente a RIF3. 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 e RIF2.

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

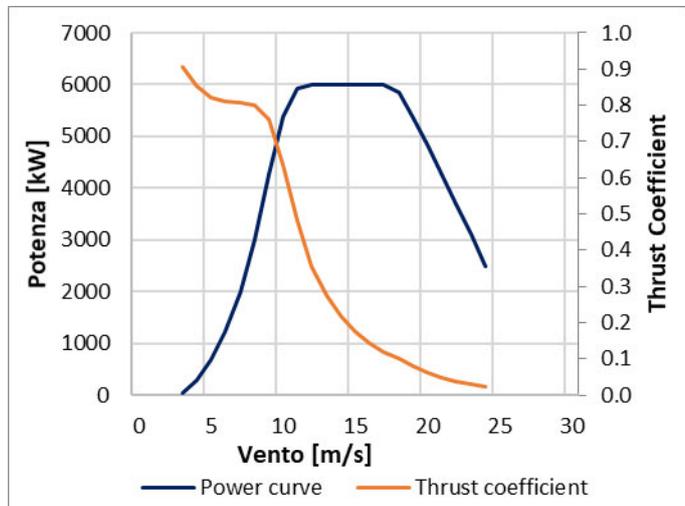
4.1 Aerogeneratore

Come anticipato nella premessa, per le valutazioni di producibilità è stato considerato il tipologico di turbina avente le caratteristiche riportate nella tabella sottostante, mentre in **Allegato 2** è riportata la brochure descrittiva della tipologia prevista:

COSTRUTTORE	MODELLO	Potenza nominale	Diametro Rotore	H Mozzo
VESTAS	V162-6.0 MW	6.0 MW	162 m	125 m

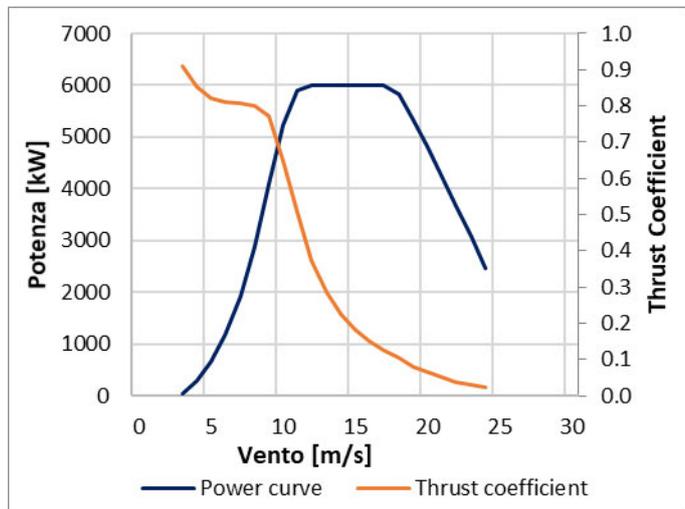
Nel seguito viene rappresentata nel suo sviluppo la curva di potenza, calcolata alla densità dell'aria corrispondente alla quota del mare di 0 m (pari a 1.225 kg/m^3), unitamente alla curva di spinta (Thrust Coefficient) utile alla stima delle interferenze tra gli aerogeneratori.

Turbina		V162-6.0 MW		Diametro		162 m	
Altezza di mozzo		125 m		Classe IEC		S	
Vento (m/s)	Potenza (kW)	Thrust Coefficient	Densità dell'aria (kg/m ³)		1.225		
0	-	-					
1	-	-					
2	-	-					
3	32	0.908					
4	292	0.853					
5	676	0.820					
6	1229	0.812					
7	2000	0.807					
8	3017	0.800					
9	4264	0.763					
10	5380	0.635					
11	5932	0.484					
12	5998	0.356					
13	6000	0.273					
14	6000	0.216					
15	6000	0.174					
16	6000	0.144					
17	6000	0.120					
18	5846	0.100					
19	5360	0.079					
20	4844	0.062					
21	4268	0.048					
22	3690	0.038					
23	3102	0.029					
24	2479	0.022					
25	-	-					
26	-	-					
27	-	-					
28	-	-					
29	-	-					
30	-	-					

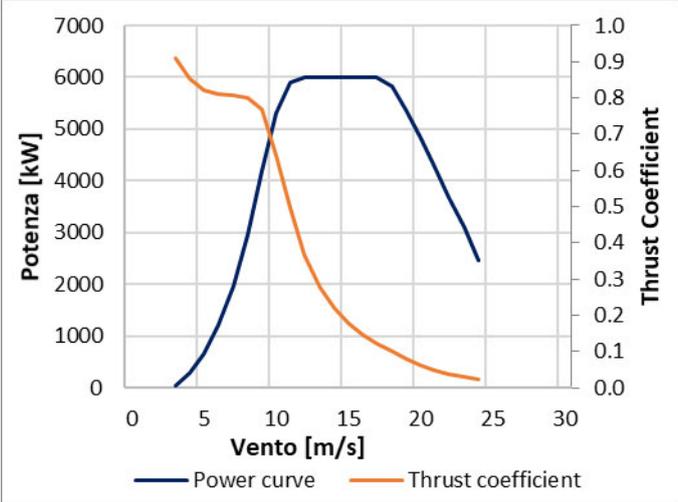


Per un corretto calcolo delle perdite relative alla differente densità dell'aria del sito in oggetto (1.18 kg/m^3), sono state utilizzate altre due curve, sempre fornite dal Committente, calcolate rispettivamente alle densità di 1.175 kg/m^3 e di 1.200 kg/m^3 , i cui dettagli sono nel seguito rappresentati.

Turbina		V162-6.0 MW		Diametro		162 m	
Altezza di mozzo		125 m		Classe IEC		S	
Vento (m/s)	Potenza (kW)	Thrust Coefficient	Densità dell'aria (kg/m^3)		1.175		
0	-	-					
1	-	-					
2	-	-					
3	28	0.910					
4	277	0.854					
5	645	0.820					
6	1175	0.812					
7	1916	0.808					
8	2893	0.801					
9	4102	0.772					
10	5233	0.650					
11	5889	0.507					
12	5994	0.374					
13	6000	0.285					
14	6000	0.225					
15	6000	0.182					
16	6000	0.150					
17	6000	0.125					
18	5822	0.104					
19	5341	0.081					
20	4822	0.064					
21	4250	0.050					
22	3672	0.039					
23	3088	0.030					
24	2463	0.022					
25	-	-					
26	-	-					
27	-	-					
28	-	-					
29	-	-					
30	-	-					



Turbina		V162-6.0 MW		Diametro		162 m	
Altezza di mozzo		125 m		Classe IEC		S	
Vento (m/s)	Potenza (kW)	Thrust Coefficient	Densità dell'aria (kg/m ³)		1.200		
0	-	-					
1	-	-					
2	-	-					
3	30	0.909					
4	284	0.854					
5	660	0.820					
6	1202	0.812					
7	1958	0.808					
8	2955	0.800					
9	4183	0.767					
10	5306	0.642					
11	5910	0.495					
12	5996	0.365					
13	6000	0.279					
14	6000	0.220					
15	6000	0.178					
16	6000	0.147					
17	6000	0.123					
18	5834	0.102					
19	5351	0.080					
20	4833	0.063					
21	4259	0.049					
22	3681	0.038					
23	3095	0.030					
24	2471	0.022					
25	-	-					
26	-	-					
27	-	-					
28	-	-					
29	-	-					
30	-	-					



5 ELABORAZIONE DATI DI VENTO

5.1 Stazioni anemometriche RIF1 e RIF2

I risultati conseguiti dalla lettura, validazione ed elaborazione dei dati dei sensori di velocità installati sulle stazioni anemometriche RIF1 e RIF2 sono sintetizzati nelle tabelle sottostanti.

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	15	40.4	90.9	4.46	128	4.94	1.63

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
RIF2	30	24.7	98.9	4.58	124	5.05	1.72

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.

La verifica è stata svolta utilizzando la torre anemometrica RIF3 di proprietà di TecnoGaia, tutt'ora in funzione. Di seguito si riportano le tabelle finali a seguito dell'allineamento sul lungo termine.

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_S	15	Storico	90.9	4.46	128	4.94	1.63

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
RIF2_S	30	Storico	98.9	4.52	119	4.99	1.73

5.2 Stazione anemometrica RIF3

I risultati conseguiti dalla lettura, validazione ed elaborazione dei dati del sensore di velocità installato sulla stazione anemometrica RIF3 sono sintetizzati nelle tabelle sottostanti, distinte per dare evidenza delle elaborazioni per il periodo di un anno e di un triennio.

Stazione anemometrica	H torre	Periodo rilevazione	Disponibilità dati validati	Velocità media	Energia	Parametri distribuzione di Weibull	
codice	m	mesi	%	m/s	W/m ²	Vc (m/s)	K
RIF3_1Y	15	12.5	100.0	5.54	170	6.39	252

Stazione anemometrica	H torre	Periodo rilevazione	Disponibilità dati validati	Velocità media	Energia	Parametri distribuzione di Weibull	
codice	m	mesi	%	m/s	W/m ²	Vc (m/s)	K
RIF3_3Y	15	36.0	99.9	5.51	189	6.41	2.24

Nell'**Allegato A** sono riportate informazioni di maggior dettaglio sull'analisi statistica dei dati rilevati dalla stazione, in particolare l'Allegato si compone dei seguenti documenti:

- **A1:** Raccolta della documentazione tecnica della stazione anemometrica
- **A2:** Tabelle delle disponibilità (giornaliera e mensile) dei dati anemometrici
- **A3:** Risultati delle elaborazioni statistiche dei dati anemometrici
- **A4:** Correlazioni velocità media mensile stazione RIF1 e RIF2 con storica RIF3_T

La misura a 15 m dal suolo presenta disponibilità pari o prossime al 100%, sia per il periodo di misura annuale che per quello triennale, in accordo alle normative regionali attuali ed in legiferazione. I dati non possono essere considerati 'storici' e di conseguenza si è deciso di utilizzare l'intera serie di dati per le valutazioni e verifiche successive. Di seguito si riportano le tabelle complete delle statistiche principali del dato totale (RIF3_T).

Nome Stazione	Codice Stazione	Periodo di rilevazione		N° mesi
		Inizio	Fine	
Riferimento 3	RIF3_T	Ottobre 1992	*** attiva ***	350.6

Stazione anemometrica	H torre	Disponibilità dati validati	Velocità media	Energia	Parametri distribuzione di Weibull	
codice	m	%	m/s	W/m ²	Vc (m/s)	K
RIF3_T	15	80.7	5.69	207	6.59	2.26

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 540 km², precisamente un rettangolo di 20 x 27 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 utilizzata 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, per entrambe le stazioni RIF1 e RIF2, 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 altre serie di dati appartenenti a stazioni localizzate nell'area considerata, si è proceduto anche a svolgere un'analisi di micrositing, che ha coinvolto anche la serie di dati attiva, ovvero quella della stazione RIF3, 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 la prima verifica è da considerarsi positiva, grazie a scostamenti di lievissima entità, per entrambe le stazioni, nel raffronto tra le ventosità ed una differenza contenuta tra i parametri di energia specifica (inferiore all'1% per entrambi i casi).

Gli esiti della seconda verifica confermano sostanzialmente i buoni risultati della precedente sul raffronto tra le ventosità (scostamenti inferiori all'1% per entrambi i casi). Il raffronto invece tra i parametri dell'energia specifica evidenzia uno scostamento non minimo per RIF1 (circa 3 punti percentuali) ed uno da considerarsi accettabile per RIF2 (circa 1 punto percentuale e mezzo).

Alla luce di quanto emerso e in considerazione di quanto espresso sopra, si può ritenere la verifica, seppur con qualche riserva, soddisfacente.

8.2 Verifica del gradiente al suolo della velocità del vento

Il gradiente al suolo della velocità del vento (α) 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 α 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' α stimato da wasp confrontato con quello sperimentale e/o atteso.

Nel caso specifico, disponendo di un valore di gradiente misurato per la stazione RIF2, grazie alla presenza di un secondo anemometro installato ad una diversa altezza, il confronto può essere svolto tra questo ed il valore di alfa stimato da WASP nello stesso punto e alle stesse altezze di misura.

Per soddisfare l'esigenza descritta, sono state quindi effettuate due simulazioni sulla verticale della stazione d'area, utilizzando in ingresso al modello i dati della stessa. La prima attraverso il raffronto dei gradienti tra le altezze di misura, la seconda confrontando i valori di alfa stimati all'altezza della misura di 30 m e quella del mozzo ipotizzato.

Dall'analisi dei risultati appare evidente una diversa lettura del gradiente al suolo nel punto di installazione della stazione anemometrica da parte del modello di calcolo rispetto a quanto misurato. Infatti, il gradiente sperimentale, pari a 0.25, potrebbe apparire sovrastimato. Diversamente, per quanto attiene al modello di calcolo WASP, la lettura del gradiente è apparsa forse troppo cautelativa tra le altezze di misura (0.13); appare invece decisamente più in linea con quanto atteso nella stima tra l'altezza di misura e quella del mozzo ipotizzato (0.16), ovvero tra 30 e 125 m.

Per quanto attiene alla stazione RIF1, non è disponibile un gradiente misurato, per cui si è provveduto a confrontare il gradiente stimato tra la sua altezza di misura e quella del mozzo ipotizzato, ovvero tra 15 e 125 m. Il valore risultante, pari a 0.16, pare essere in linea sia con RIF2, posta ad una distanza non troppo elevata e in condizioni orografiche similari, sia con quanto atteso nel relativo punto di installazione della torre di misura.

Alla luce di quanto emerso, e con l'obbiettivo in questa fase di scongiurare possibili sovrastime, si ritiene corretto lasciare al modello di calcolo il compito di estrapolare la ventosità all'altezza di mozzo di 125 m.

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 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.

Vista la sostanziale uniformità tra i valori stimati per l'impianto di Grottole, sia a partire dalla serie di dati di RIF1, sia per RIF2, si predilige l'utilizzo della sola prima stazione decisamente più prossima al sito in progetto. Nel seguito, verranno dunque utilizzati i dati registrati durante la campagna di misura dal sensore di velocità installato a 15 m e appartenente alla stazione Riferimento 1, dati preventivamente verificati nel lungo periodo con il processo intrapreso e descritto in dettaglio nell'**Allegato A**, estrapolati

all'altezza di mozzo tramite utilizzo del modello di calcolo WASP.

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 125 m in corrispondenza della posizione dell'aerogeneratore d'impianto **T3** che, come posizione e 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.

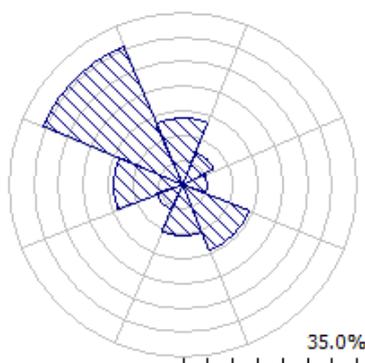
Nella prima parte della tabella sono riportati, per ciascuno degli 8 settori di direzione in cui è stato suddiviso l'angolo giro di 360° i seguenti parametri:

- 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: **T3** – Anemometer height: 125 m a.g.l.



	0	45	90	135	180	225	270	315
A	5.2	4.4	6.0	6.6	6.0	5.3	8.8	8.0
K	1.76	1.31	1.64	2.25	2.70	2.03	2.33	2.31
U	4.65	4.06	5.38	5.85	5.34	4.70	7.80	7.09
P	135	139	228	210	140	120	483	366
f	13.4	6.9	4.8	14.2	10.4	5.7	13.9	30.6

U	0	45	90	135	180	225	270	315	All
1.0	54	134	52	14	8	33	6	8	27
2.0	117	166	101	51	42	96	25	32	62
3.0	146	155	122	90	92	141	47	59	91
4.0	151	132	128	121	142	161	69	84	112
5.0	139	107	122	138	173	157	88	104	123
6.0	116	84	108	140	175	135	101	116	122
7.0	91	64	92	127	149	104	108	118	112
8.0	67	47	75	106	106	73	108	112	95
9.0	46	34	58	80	63	46	101	99	76
10.0	30	24	44	56	31	27	89	82	58
11.0	19	17	32	36	13	14	74	63	42
12.0	11	12	23	21	4	7	59	46	29
13.0	6	8	16	11	1	3	44	32	20
14.0	3	6	11	6	0	1	31	20	13
15.0	2	4	7	3	0	1	21	12	8
16.0	1	2	4	1	0	0	13	7	5
17.0	0	2	3	0	0	0	8	4	3
18.0	0	1	2	0	0	0	5	2	1
19.0	0	1	1	0	0	0	2	1	1
20.0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
21.0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
22.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

9 RISULTATI DI WASP

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.

9.1 Producibilità lorda dell'impianto

Nel seguito si riportano i risultati della simulazione svolta:

IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI GROTTOLE (MT)										
Stazione di riferimento			RIF1_S							
Aerogeneratore (modello)			VESTAS V162-6.0 MW							
Potenza nominale (MW)			6.0							
AG	Coordinate UTM ED50 Fuso 33		Base Macchina (m s.l.m.)	Dati al mozzo						
	Longit.	Latitud.		Dati di WASP						
			H mozzo (m)	V (m/s)	P lorda (MWh/a)	Perdita per scia [%]	P netta (MWh/a)	Ore (MWh /MW)	D.V.	
T1	615,556	4,504,989	213	125.0	5.83	15,111	1.24	14,923	2487	0.15
T2	616,109	4,504,930	230	125.0	6.01	16,051	4.49	15,330	2555	0.16
T3	617,935	4,505,683	262	125.0	6.08	16,510	1.56	16,253	2709	0.17
T4	618,505	4,506,014	272	125.0	5.85	15,228	2.10	14,909	2485	0.15
T5	618,900	4,506,640	314	125.0	5.74	14,448	1.48	14,235	2373	0.15
T6	617,691	4,500,861	222	125.0	5.95	15,742	0.73	15,626	2604	0.16
MEDIE			252	125.0	5.91	15,515	1.93	15,213	2535	0.16
TOTALI						93,090		91,276		

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
- Densità volumetrica (vedi Capitolo 11)

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

10 PRODUCIBILITÀ DELL'IMPIANTO AL NETTO DELLE PERDITE

Alla producibilità lorda ed al netto delle scie riportate nel capitolo precedente sono state sottratte le tipiche perdite d'impianto legate, oltre alla densità dell'aria, ad esempio, ai possibili eventi di fuori servizio o all'indisponibilità della rete.

Ne risulta, pertanto, **una produzione attesa netta (P_{50%}) di 81,925 MWh/anno pari a 2276 ore annue equivalenti.**

11 VERIFICA REQUISITI MINIMI PIEAR (1.2.1.3)

Nella tabella di cui nel seguito si riportano i risultati delle attività di verifica dei requisiti tecnici minimi richiesti dalla Regione per la realizzazione di un impianto eolico in Basilicata.

Riguardo alla determinazione della velocità media annuale del vento a 25 m dal suolo, è stata effettuata una simulazione per il parco eolico in progetto a tale altezza. Il calcolo di ventosità media è risultato essere pari a 4.63 m/s

- Per le ore equivalenti di funzionamento si faccia riferimento alla produzione attesa al Capitolo 9
- Per la densità volumetrica è stata applicata la formula indicata, considerando:
 - Energia prodotta annualmente dall'impianto come determinata al Capitolo 9
 - Diametro di 162 m
 - Altezza totale dell'aerogeneratore (apice pala) pari a 206 m essendo l'altezza da terra del mozzo di 125 m ed il raggio del rotore pari a 81 m

Identificativo della Norma	Requisito tecnico	Valore soglia	Valore di verifica	Esito
a.	Velocità media annua a 25 m dal suolo	≥4 m/s	4.63 m/s	Positivo
b.	Ore equivalenti di funzionamento (MWh/MW) considerando: Potenza impianto 36.0 MW Energia prodotta 81.925 MWh/anno	≥2000 h/anno	2276 h/anno	Positivo
c.	Densità volumetrica di energia annua (kWh/(anno·m ³)) considerando: Energia prodotta 81,92 GWh/anno H mozzo 125 m D rotore 162 m	≥0.20	≥0.20	Positivo
d.	Numero di aerogeneratori	≤ 30 (0 10)	6	Positivo

Per i punti b. e c., l'indicazione della soglia è riportata nella tabella al Capitolo 9.

12 CONCLUSIONI

Il presente rapporto contiene i risultati dell'analisi di produzione attesa dall'impianto eolico in sviluppo in un sito ricadente nel Comune di Grottole, nella Provincia di Matera, Regione Basilicata.

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. La sua bontà e validità è stata confermata grazie a idonee verifiche e a confronti con altre serie di dati, Riferimento 2, che ha confermato le scelte intraprese per RIF1, e Riferimento 3, stazione di lungo periodo le cui caratteristiche anemometriche soddisfano i requisiti temporali richiesti dalla normativa regionale e che è stata ampiamente analizzata nell'**Allegato A** del presente studio, oltre ad essere stata utilizzata per verificare il valore storico sia di RIF1 che di RIF2.

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 diminuire il grado di incertezza introdotto dal modello nel calcolo in ogni fase del processo. In questo senso va interpretata la scelta di lasciare al modello di calcolo il compito di estrapolare la ventosità all'altezza di mozzo ipotizzata.

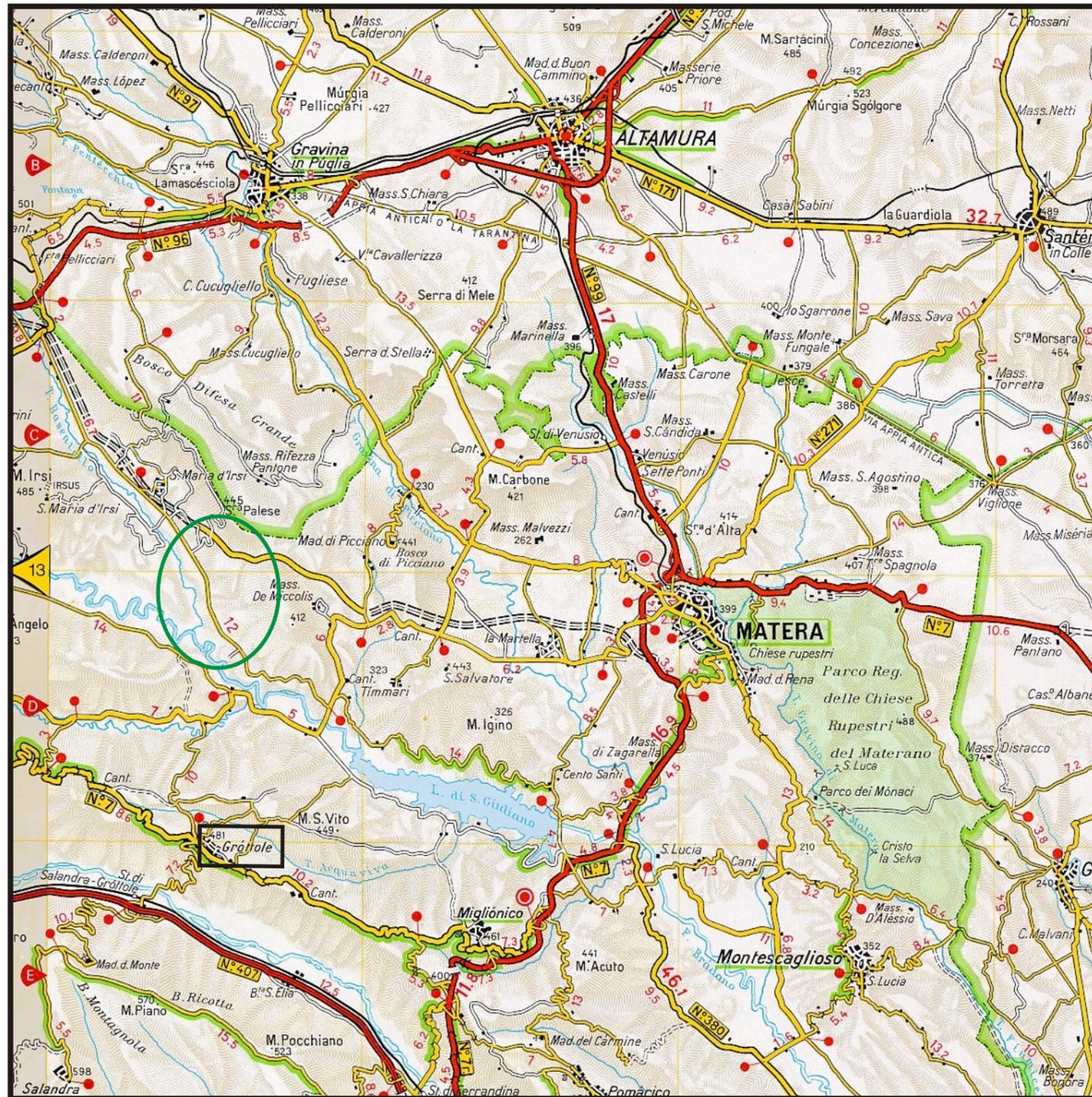
Nel complesso i processi applicati non hanno comportato difficoltà di esecuzione superiori alla norma, poiché il sito è interessato da una discreta ventosità, per la sua orografia solo moderatamente complessa e per essere caratterizzato da una bassa rugosità. Infatti, le verifiche effettuate hanno dato risultati soddisfacenti.

ALLEGATO 1

IMPIANTO EOLICO

Comune di Grottole (MT)

Ubicazione geografica del sito



Scala 1:200.000



Sito eolico

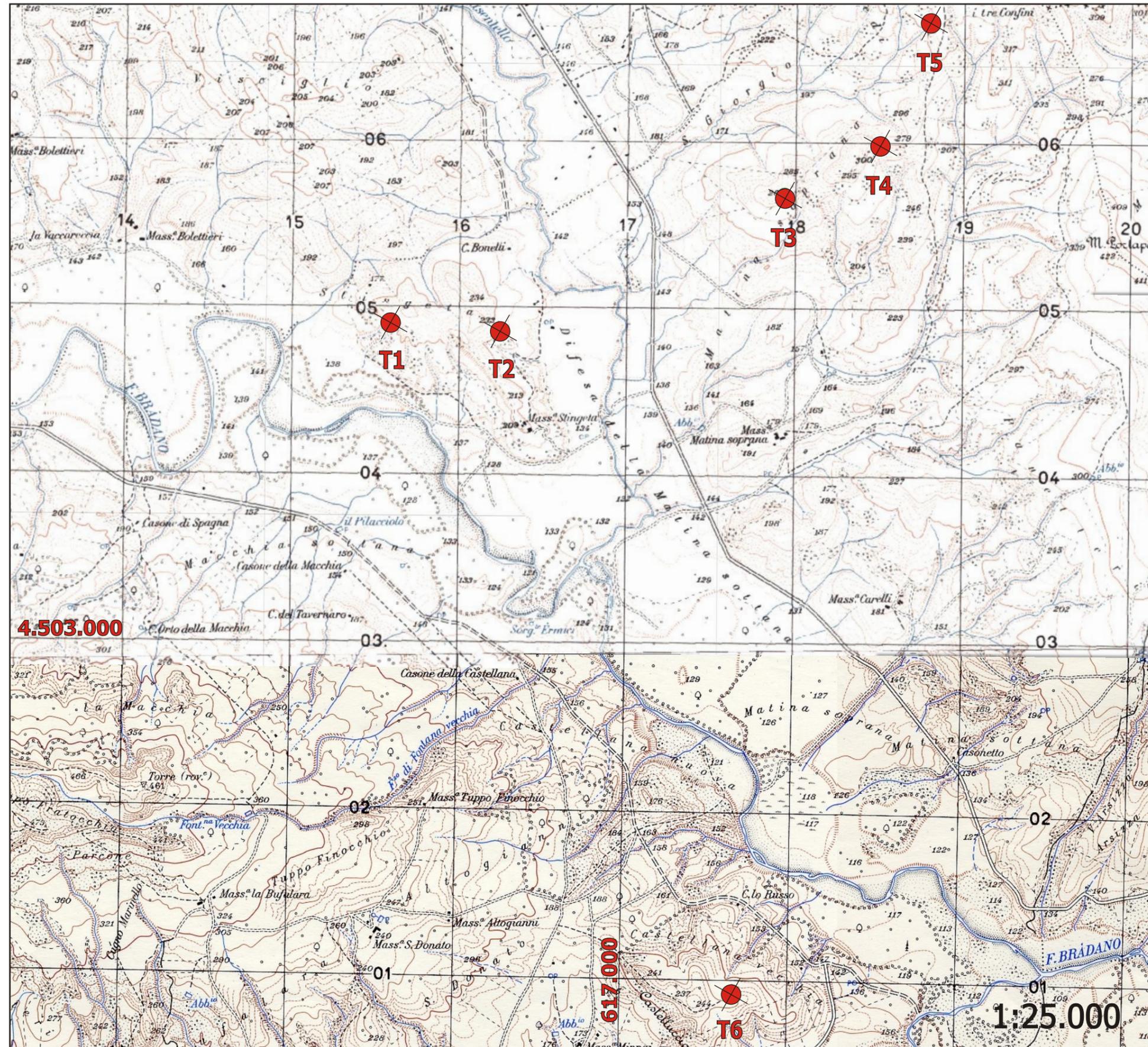


Regione: BASILICATA

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



Impianto eolico nel Comune di Grottole (MT) - Regione Basilicata



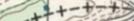
4.503.000

617.000

1:25.000

IMPIANTO EOLICO
Comune di Grottole (MT)
Ubicazione degli Aerogeneratori

LEGENDA

-  Aerogeneratori
-  Sito eolico
-  Confini regionali
-  Confini provinciali
-  Confini comunali

Cartina di base IGMI, serie 25V:
 Santa Maria D'Irsi 188 II SE 1:25000



Allegato A

Risultati dell'indagine anemometrica

Sedi operative:
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 Gardone Val Trompia (BS)
Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

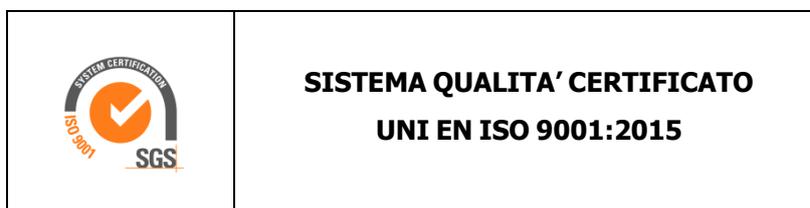
E-mail: info@tecnogaia.it
E-mail PEC: info@pec.tecnogaia.com

Sede Legale:
Via Matteotti, 311 – 25063 Gardone Val Trompia (BS)

Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato
Iscrizione nel Registro Imprese Brescia N° REA 496849

**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.**



INDICE

1.	PREMESSA.....	4
2.	LA STAZIONE ANEMOMETRICA.....	4
2.1	I sensori anemometrici	7
2.1.	L'acquisitore dati	7
3.	GESTIONE DELLA STAZIONE ANEMOMETRICA IN SITO.....	8
4.	LETTURA, TRANSCODIFICA E VALIDAZIONE DEI DATI RACCOLTI IN SITO	9
5.	ELABORAZIONE DEI DATI ARCHIVIATI.....	12
5.1	Curva di durata della velocità del vento	13
5.2	Turbolenza percentuale della velocità del vento	13
5.3	Rapporto di raffica della velocità del vento.....	13
5.4	Gradiente al suolo della velocità del vento.....	13
5.5	Contenuto energetico del vento	14
5.6	Energia prodotta da un aerogeneratore	14
6.	VALUTAZIONE DELLA VENTOSITA' DI LUNGO PERIODO.....	15
7.	VALUTAZIONE DELLA VENTOSITA' A 25 m DAL SUOLO.....	16
8.	VALUTAZIONE DELLE INCERTEZZE SULLA MISURA DEL VENTO	17
9.	CONCLUSIONI DELL'ALLEGATO A.....	18

Allegati:

- **A1: Raccolta della documentazione tecnica della stazione anemometrica**
- **A2: Tabelle delle disponibilità dati anemometrici**
- **A3: Risultati delle elaborazioni statistiche dei dati anemometrici**
- **A4: Correlazioni velocità media mensile stazioni RIF1 e RIF2 con storica RIF3**

1. PREMESSA

Per la qualificazione anemologica di un sito eolico è fondamentale disporre di misure della velocità e della direzione del vento raccolte strumentalmente per un periodo sufficientemente ampio.

A questo scopo TecnoGaia ha messo a disposizione del Committente una serie di dati raccolti con una stazione anemometrica facente parte del suo patrimonio.

La stazione opera, senza soluzione di continuità da diversi anni nei territori di interesse per la realizzazione dell'impianto in oggetto ricadente nel comune di Grottole, in Provincia di Matera, Regione Basilicata.

Il presente documento, reso disponibile in allegato alla relazione di valutazione della producibilità, riporta i risultati delle elaborazioni svolte sui dati di ventosità raccolti dalla stazione denominata Riferimento 3 (Codice RIF3); contiene altresì le caratteristiche delle apparecchiature utilizzate, la scheda di prima installazione, quella di riattivazione, quella di manutenzione straordinaria per sostituzione dell'acquisitore e quella della sostituzione del sensore di velocità e relativo certificato di calibrazione di quest'ultimo, oltre alle risultanze delle attività svolte di transcodifica e di validazione dei dati per il periodo recente, oggetto di approfondimento specifico.

Al fine di stimare la ventosità che interessa il sito nel lungo periodo si è proceduto inoltre ad una storicizzazione della serie di dati disponibile mediante confronti con quelli contemporanei di stazioni storiche d'area.

2. LA STAZIONE ANEMOMETRICA

La stazione in oggetto è stata installata nell'autunno del 1992 ed è costituita da un sostegno d'acciaio tubolare autoportante di altezza pari a 15 m. Le principali caratteristiche delle apparecchiature installate inizialmente sulla stessa, dedotte dalla scheda di installazione, sono le seguenti:

Tipo di apparecchiatura	Altezza dal suolo	Marca	Modello
Sensore di velocità	15	THIES CLIMA	4.3323.21.251/S
Sensore di direzione	15	THIES CLIMA	4.3323.21.251/D
Acquisitore	2	Schlumberger	VIT2000

Successivamente, dopo circa un decennio di funzionamento, è stata sospesa la sua gestione da parte dell'ente, per poi, a cura di Tecnogaia, nel Marzo 2006 e come la specifica scheda in **Allegato A1** evidenzia, la stazione è stata riattivata sul medesimo sostegno, con la catena di misura riassunta in calce:

Tipo di apparecchiatura	Altezza dal suolo	Marca	Modello
Sensore di velocità	15	THIES CLIMA	4.3323.21.2 /S
Sensore di direzione	15	THIES CLIMA	4.3323.21.2 /D
Acquisitore	2	Secondwind	Nomad2

Nel corso degli anni, la stazione è stata poi oggetto di diverse attività manutentive ordinarie e straordinarie, come i principali report di manutenzione, anch'essi allegati, evidenziano e la strumentazione con la quale sono stati acquisiti i dati recenti resi disponibili per questo studio, sono i seguenti:

Tipo di apparecchiatura	Altezza dal suolo	Marca	Modello	Matricola
Sensore di velocità	15	NRG	#40C	179500325987
Sensore di direzione	15	NRG	#200P	TG20/2991
Acquisitore	2	SECONDWIND	NOMAD2	#1822

La documentazione tecnica dei sensori e del sistema di acquisizione dati, fornita dalle ditte costruttrici, è resa disponibile nella raccolta riportata nel già citato **Allegato A1**. Dello stesso allegato fanno anche parte, come detto, il report iniziale di installazione della stazione, le principali schede di manutenzione straordinaria ed i certificati di calibrazione dei sensori di velocità.

La stazione anemometrica ben rappresenta una porzione di territorio circostante, collocandosi in un altopiano, senza ostacolo alcuno in ogni direzione.

Impianto eolico nel Comune di Grottole (MT)

Studio Anemologico e Valutazione preliminare della Produzione Eolica

Le coordinate del punto di misura attivo e le principali caratteristiche del sito che ospita la stazione sono le seguenti:

- ✓ Coordinate in metri nel sistema UTM ED50, Fuso **33**:
Longitudine: **613,619 E**
Latitudine: **4,534,745 N**
- ✓ Altitudine (s.l.m.): **667 m**
- ✓ Orografia del punto di installazione: **Altopiano**
- ✓ Orografia circostante: **Collinare**
- ✓ Utilizzo del terreno: **Pascolo e Coltivazioni**
- ✓ Ostacoli nella immediate vicinanze: **Nessuno**



Stralcio immagine satellitare con ubicazione delle 3 stazioni ed impianto eolico di progetto

Sedi operative:
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 Gardone Val Trompia (BS)
Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

E-mail: info@tecnogaia.it
E-mail PEC: info@pec.tecnogaia.com

Sede Legale:
Via Matteotti, 311 – 25063 Gardone Val Trompia (BS)

Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato
Iscrizione nel Registro Imprese Brescia N° REA 496849

La stazione anemometrica nel suo complesso risulta conforme ai principali requisiti applicabili della normativa vigente (IEC61400-12-1). In particolare sono positivamente stati verificati:

- il dimensionamento e l'orientamento di montaggio rispetto al sostegno (sommità);
- le prove di certificazione della sua calibrazione (contenenti le incertezze proprie delle prove effettuate in camera a vento dal costruttore su un campione rappresentativo);
- le caratteristiche proprie dei sensori utilizzati e dell'acquisitore.

Nel proseguo verranno descritti i principali componenti della stazione anemometrica in oggetto.

2.1 I sensori anemometrici

Il sensore per la misura della velocità del vento utilizzato è realizzato dalla società NRG Mod. #40C Maximum Anemometer Calibrated. Esso è del tipo a coppe e calibrato, con valore di soglia di 0.5 m/s e fondo scala di 60 m/s; esso fornisce, tramite un generatore di impulsi, un segnale proporzionale alla velocità del vento. Copia del certificato di calibrazione fornita dall'istituto riconosciuto MEASNET, è disponibile nella citata scheda di manutenzione.

La misura della direzione del vento, per tutte le rilevazioni effettuate, è affidata al sensore NRG #200P Wind Vane, con la banderuola che è solidale con un potenziometro circolare che presenta un valore di resistenza elettrica variabile in funzione della posizione della banderuola, nell'arco dei 360 gradi, rispetto ad uno zero convenzionale (Nord).

2.1. L'acquisitore dati

Originariamente la centralina per l'acquisizione dei dati anemometrici utilizzata nella campagna di misura era costituita da un registratore, prodotto dalla Società Schlumberger, denominato VIT 2000, che era in grado di registrare, preelaborare e immagazzinare su memoria statica le grandezze rilevate di velocità e direzione del vento. Successivamente, nell'ambito della gestione della stazione, si è provveduto a sostituire l'acquisitore dati con registratore, prodotto dalla Società SecondWind, denominato Nomad2. Il sistema campiona le grandezze ogni secondo e registra con un intervallo di 10 minuti le seguenti grandezze:

- Velocità media del vento;
- Velocità massima del vento;
- Velocità minima del vento;
- Scarto quadratico medio della velocità vento;
- Settore di direzione prevalente del vento rilevato nei 10 minuti considerando l'angolo giro di 360° con lo zero a Nord ed il senso di rotazione orario positivi (verso Est).
- Scarto quadratico medio della direzione del vento;

- Temperatura media datalogger;
- Valore minimo batteria1;
- Valore minimo batteria2;
- Valore minimo batteria 12V;

L'apparecchiatura è alimentata con due batterie esterne da 9 Volt e da una batteria tampone da 12V, corredata di relativo pannello fotovoltaico, che garantiscono un'autonomia superiore ai due mesi. Le dimensioni dell'acquisitore sono molto ridotte (350 x 300 x 150 mm) ed il peso è di circa 7.5 kg. Il campo di temperatura di funzionamento è compreso tra -40 e +85° C.

Le memorie statiche contengono, oltre ai dati relativi alle grandezze rilevate, anche altre informazioni quali il codice della stazione, il periodo di registrazione, la data, l'ora e un file di diagnostica che segnala le eventuali anomalie riscontrate durante il funzionamento. Il prelievo dei dati avviene a cura di un operatore addestrato che in regime di funzionamento regolare, effettua tale operazione da remoto con cadenza almeno mensile ed in sito con cadenza trimestrale.

L'apparecchiatura è fornita di un display a cristalli liquidi che permette la visualizzazione di queste informazioni e dei valori delle grandezze istantanee acquisite. Mediante tasti è possibile programmare alcune funzioni e visualizzare il codice della stazione, la data, l'ora e i tempi di campionamento e di registrazione.

Al fine di proteggere il registratore da sovratensioni transitorie di origine esterna, ogni ingresso del registratore è dotato di una protezione composta da diodi soppressori.

3. GESTIONE DELLA STAZIONE ANEMOMETRICA IN SITO

La gestione della stazione anemometrica è di fondamentale importanza per la continuità e la qualità dei dati rilevati; essa deve essere condotta da personale appositamente addestrato che con cadenza almeno trimestrale effettua in sito le seguenti attività:

- Verifica e manutenzione ordinaria della stazione (apparecchiature e sostegno)
- Verifica della verisimilitudine dei segnali in ingresso
- Segnalazione immediata dei guasti rilevati
- Piccoli interventi di manutenzione straordinaria
- Compilazione di una scheda di controllo da inviare al centro di elaborazione dati
- Eventuale spedizione e ricevimento delle memorie

Fa parte della gestione della stazione anche la manutenzione straordinaria con l'effettuazione di interventi di riparazione/sostituzione delle apparecchiature non perfettamente funzionanti.

Nello specifico, al di là di brevi interruzioni per probabili formazioni di ghiaccio sui sensori e per le normali attività di manutenzione, non si rilevano, per l'anno considerato, periodi di perdita di dati.

Si segnala che in data 29/01/2019 è stata effettuata una manutenzione straordinaria con la sostituzione di tutta la catena strumentale, mentre, in data 15/09/2020 un'altra manutenzione per la sostituzione del solo sensore di velocità, come da specifiche schede di manutenzione (vedi **Allegato A1**).

4. LETTURA, TRANSCODIFICA E VALIDAZIONE DEI DATI RACCOLTI IN SITO

Solitamente i dati registrati dall'acquisitore e provvisoriamente immagazzinati nella sua memoria asportabile vengono inviati via GSM/GPRS (ovvero trasferiti dalla memoria magnetica) presso la sede della società incaricata per essere letti ed archiviati in attesa della loro elaborazione. L'operazione di lettura delle cartucce e dei file trasmessi è stata effettuata mediante software specifico fornito dalla ditta costruttrice che permette la transcodifica dei dati registrati in un formato leggibile con validazioni automatiche subordinate alla diagnostica di macchina (pre-validazione).

Nel caso specifico si hanno a disposizione n° 13 gruppi di file Codice.ndf, in formato binario, prodotti dall'acquisitore, uno per ogni mese registrato, che corrispondono ciascuno ad un periodo di circa 30 gg di rilevazione e n° 13 file Codice.csv che corrispondono a quelli originari dopo la loro transcodifica e quindi in formato leggibile.

Questi dati, resi disponibili al Committente per soddisfare le richieste della normativa regionale, che coprono un periodo di poco superiore ad un anno, si riferiscono ai seguenti singoli periodi:

N°	Nome file	Tipo	Data inizio	Data fine
1	SRIF3_2101	ASCII Comma-Separated Values	01/01/2021	31/01/2021
2	SRIF3_2102		01/02/2021	28/02/2021
3	SRIF3_2103		01/03/2021	31/03/2021
4	SRIF3_2104		01/04/2021	30/04/2021
5	SRIF3_2105		01/05/2021	31/05/2021
6	SRIF3_2106		01/06/2021	30/06/2021
7	SRIF3_2107		01/07/2021	31/07/2021
8	SRIF3_2108		01/08/2021	31/08/2021
9	SRIF3_2109		01/09/2021	30/09/2021
10	SRIF3_2110		01/10/2021	31/10/2021
11	SRIF3_2111		01/11/2021	30/11/2021
12	SRIF3_2112		01/12/2021	31/12/2021
13	SRIF3_2201		01/01/2022	15/01/2022

La stazione di Riferimento 3, nel periodo compreso tra il 01/01/2021 ed il 15/01/2022, è stata dotata dell'acquisitore SECONDWIND NOMAD2, i cui dati dopo la transcodifica, per un periodo preso a campione, hanno il seguente aspetto:

10/01/2021 08:00	3.04	4.92	1.43	0.58	248.2	16.7	18.3	9.2	9.2	13.4
10/01/2021 08:10	2.22	4.53	0.27	1.31	266.1	16.8	18.5	9.2	9.2	13.5
10/01/2021 08:20	2.24	4.14	0.27	0.72	230.7	20.6	19.4	9.2	9.2	13.6
10/01/2021 08:30	2.75	3.76	1.04	0.49	229.8	13.0	20.0	9.2	9.2	13.5
10/01/2021 08:40	1.97	4.14	0.27	0.96	242.3	36.0	20.5	9.2	9.2	13.5
10/01/2021 08:50	2.35	3.76	1.04	0.60	215.4	18.7	21.6	9.2	9.2	13.7
10/01/2021 09:00	2.64	4.14	1.04	0.59	219.9	17.4	22.0	9.2	9.2	13.7

I dati sono suddivisi in blocchi omogenei ed hanno un'etichetta temporale al loro inizio. Ne consegue che i dati registrati nelle colonne hanno il seguente significato:

POSIZIONE	GRANDEZZA	UNITA' DI MISURA	NOTE
1° colonna	Data (mese/giorno/anno ora:minuto:secondo)	Secondo	Ogni 10 minuti
2° colonna	Velocità media del vento	m/s	Ogni 10 minuti
3° colonna	Velocità massima del vento	m/s	Ogni 10 minuti
4° colonna	Velocità minima del vento	m/s	Ogni 10 minuti
5° colonna	Scarto quadratico medio della velocità vento	m/s	Ogni 10 minuti
6° colonna	Direzione media del vento	gradi sessagesimali	Ogni 10 minuti
7° colonna	Scarto quadratico medio della direzione del vento	gradi sessagesimali	Ogni 10 minuti
8° colonna	Temperatura media datalogger	gradi centigradi	Ogni 10 minuti
9° colonna	Valore minimo 1° batteria 9V	Volt	Ogni 10 minuti
10° colonna	Valore minimo 2° batteria 9V	Volt	Ogni 10 minuti
11° colonna	Valore minimo batteria 12V	Volt	Ogni 10 minuti

Una successiva transcodifica, mediante programmi predisposti da TecnoGaia, consente di riprodurre, in un formato standard interno, i file che saranno poi validati ed archiviati.

Un operatore qualificato procede quindi alla validazione dei dati utilizzando programmi di grafica e controllo opportunamente predisposti. Tale operatore procede al controllo a vista del profilo delle grandezze nel tempo confrontando i risultati con quelli precedenti della stessa stazione o, laddove presenti, con dati contemporanei di altre stazioni ubicate nella stessa zona. Con tale controllo incrociato è possibile individuare presenze di anomalie dovute a malfunzionamento della stazione.

Sulla base delle indicazioni dell'operatore locale e delle conoscenze dei luoghi di provenienza dei dati è possibile anche identificare quei periodi di rilevazione non validi per guasti ai sensori e blocco degli stessi per formazione di ghiaccio. I dati relativi a tali periodi vengono eliminati dai file di archivio avendo cura di annotarne su apposita scheda di validazione il periodo e le motivazioni dell'eliminazione. I dati grezzi vengono comunque archiviati in vista di eventuali successivi controlli.

La disponibilità giorno per giorno dei dati validati, per ciascuno dei sensori della stazione considerata e per l'intero periodo utilizzato per le valutazioni di producibilità, è riportata nella tabella in **Allegato A2**.

Per la stazione in oggetto non si sono resi necessari significativi interventi di eliminazione dati e quindi la disponibilità del dato valido per gli oltre 12 mesi di funzionamento (2021-2022) è pari al 99.9% di quelli disponibili; questa disponibilità rispetta i requisiti minimi della normativa regionale.

Codice	Denominazione	Durata misura	Periodo di misura		Disponibilità
		(mesi)	Inizio	Fine	%
RIF3_1Y	Riferimento 3	12.5	01/01/2021	15/01/2022	99.9

Senza soluzione di continuità, al fine di dare evidenza anche di un intervallo triennale di misura, in ottemperanza alle modifiche delle normative regionali in corso di legiferazione, si riassume nella tabella seguente, il periodo di funzionamento di 36 mesi (2019-2021)

Codice	Denominazione	Durata misura	Periodo di misura		Disponibilità
		(mesi)	Inizio	Fine	%
RIF3_3Y	Riferimento 3	36.0	15/01/2019	15/01/2022	98.6

La disponibilità giorno per giorno dei dati validati, per ciascuno dei sensori della stazione considerata anche per il triennio sopra indicato, è riportata nella tabella del già citato **Allegato A2**.

5. ELABORAZIONE DEI DATI ARCHIVIATI

Con i dati elementari della velocità e direzione del vento, relativi ad intervalli di tempo di 10 minuti, vengono effettuate le elaborazioni che consentono di qualificare il sito dal punto di vista anemologico.

I risultati di tale analisi statistica sono rappresentati nelle tabelle e nei grafici riportati nell'**Allegato A3**. Una guida all'interpretazione di tali prodotti è resa disponibile all'inizio dell'allegato sopra citato, mentre nel seguito si riportano le principali elaborazioni considerate.

Di seguito si riportano in sintesi alcuni dati sulla stazione e sull'elaborazione dei dati raccolti:

Codice	Denominazione	Coordinate UTM ED50 (Fuso 33)		Quota (s.l.m.) (m)	Altezza sost. (m)	Periodo stazione	
		X	Y			Inizio	Fine
RIF3	Riferimento 3	613,619	4,534,745	667	15	29/10/1992	Attiva

I risultati sintetici dell'elaborazione statistica dei dati della stazione qui considerata per il periodo elaborato, sono i seguenti:

Codice	Denominazione	Periodo	H misura	V med	Energia	Param. distribuzione	
		(mesi)	s.l.s.	(m/s)	(W/m ²)	Vc (m/s)	k
RIF3	Riferimento 3	12.5	15	5.54	170	6.39	2.52

5.1 Curva di durata della velocità del vento

Viene innanzitutto costruita la curva di durata sperimentale, che esprime il tempo durante il quale un determinato valore della velocità del vento viene superato.

Tale curva è in generale ben rappresentata mediante una distribuzione di probabilità di Weibull, la cui cumulata è data dalla formula:

$$F(V) = 100 \cdot \exp\left\{-\left(\frac{V}{V_C}\right)^k\right\}$$

dove $V=V_{med}(10')$ è il valore della velocità media nei 10 minuti e $F(V)$ è la percentuale del tempo complessivo in cui tale velocità viene superata.

Di tale distribuzione, indicata talvolta come curva di durata teorica, vengono stimati i due parametri intrinseci, cioè la velocità caratteristica V_C e il fattore di forma k , mediante regressione sui dati sperimentali applicata dopo la linearizzazione della distribuzione stessa.

5.2 Turbolenza percentuale della velocità del vento

Un altro parametro significativo è l'intensità di turbolenza percentuale T della velocità del vento definita per ogni intervallo di 10 minuti come

$$T = 100 \cdot sigV(10') / V_{med}(10')$$

dove $sigV(10')$ è lo scarto quadratico medio relativo all'intervallo. Esso dà l'informazione sulla variabilità relativa della velocità entro l'intervallo.

5.3 Rapporto di raffica della velocità del vento

Un ulteriore parametro significativo è il rapporto di raffica R della velocità del vento definito per ogni intervallo di 10 minuti come

$$R = maxV(10') / V_{med}(10')$$

dove $maxV(10')$ è il valore massimo istantaneo campionato all'interno dei 10 minuti. Esso dà l'informazione sulla massima raffica istantanea della velocità entro l'intervallo.

5.4 Gradiente al suolo della velocità del vento

Qualora siano disponibili, sul medesimo sostegno, due misure di velocità (V_2 e V_1) a due differenti altezze (h_2 e h_1) dal suolo è possibile stimare il valore del gradiente della velocità al suolo (α). Tale indice permette di stimare la velocità del vento al mozzo dell'aerogeneratore, solitamente superiore all'altezza della stazione anemometrica, sulla base dei dati di vento misurati a due altezze diverse.

La relazione che permette di stimare tale velocità è del tipo esponenziale ed è riportata nella seguente formula:

$$V_2 / V_1 = (h_2 / h_1)^\alpha$$

dove α è il gradiente della velocità del vento al suolo, V_2 e V_1 sono le velocità del vento rilevate alle corrispondenti altezze dal suolo h_2 e h_1 .

Avendo quindi a disposizione le rilevazioni della velocità del vento a due altezze dal suolo è possibile stimare il valore di α sperimentale, misurato nel punto di installazione della stazione. Tale valore si ottiene dall'applicazione della seguente formula:

$$\alpha = \log(V_2/V_1) / \log(h_2/h_1)$$

5.5 Contenuto energetico del vento

Per quanto riguarda l'aspetto più propriamente energetico è inoltre di particolare importanza la potenza specifica P_V intesa come potenza che fluisce attraverso l'unità di superficie esposta perpendicolarmente al vento di velocità V ; essa è data da:

$$P_V = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^3$$

dove ρ è la densità dell'aria, che nelle elaborazioni si assume pari al valore che si verifica in condizioni standard di pressione e temperatura ($\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$).

Integrando nel tempo il valore della potenza P_V si ottiene l'energia transitata attraverso l'unità di superficie perpendicolare al vento. L'energia così calcolata su base annuale è anche indicata come energia specifica del sito. Tale energia è esprimibile con la relazione:

$$E_V = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \bar{V}^3_{(3)} \cdot T$$

dove $\bar{V}^3_{(3)}$ è la velocità media cubica del sito e T è il periodo di un anno (8760 ore).

Moltiplicando E_V per la superficie S del rotore di una macchina eolica si ottiene l'energia cinetica che transita annualmente attraverso il disco rotorico.

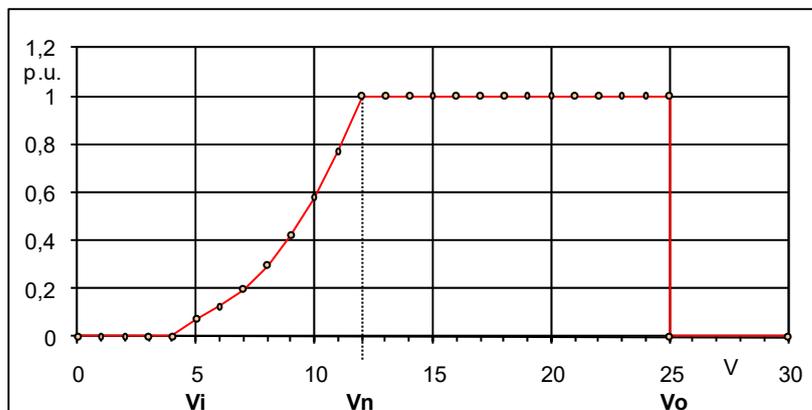
5.6 Energia prodotta da un aerogeneratore

L'energia effettivamente producibile con un generatore eolico è tuttavia solo una frazione dell'energia sopra indicata. In particolare, la potenza generata P_g non segue, in funzione della velocità istantanea del vento V , un andamento cubico al pari di P_V , bensì un andamento modulato dal coefficiente di potenza C_p , pure dipendente dalla velocità e mai superiore al limite (di Betz) pari a 16/27:

$$P_V = \frac{1}{2} \cdot C_p \cdot \rho \cdot S \cdot V^3$$

Il profilo che ne risulta (curva di potenza) differisce da macchina a macchina, anche se spesso si riscontrano strette analogie nell'andamento in funzione della velocità del vento. Si può infatti distinguere, in un profilo tipico, una velocità di cut-in, V_j , al di sotto della quale non si ha generazione ($P_g=0$). La potenza generata poi cresce con la velocità del vento fino alla velocità nominale, $V_{nominale}$ in corrispondenza della quale si raggiunge la potenza massima. Oltre tale velocità la potenza si mantiene

nella maggioranza dei casi al valore massimo fino alla velocità di cut-out, V_o , oltre la quale non si ha generazione ($P_g=0$).



Dato comunque il profilo della potenza P_g generabile dalla macchina prescelta alle diverse velocità del vento, il calcolo della producibilità annua E_p della macchina ubicata nel punto della stazione si esegue integrando rispetto alla velocità del vento il prodotto tra la potenza generabile e la densità di probabilità della velocità del vento nel sito considerato.

La valutazione della producibilità deve essere calcolata riportando la velocità del vento all'altezza del mozzo della macchina utilizzando il valore misurato del gradiente della velocità al suolo α . Un ulteriore affinamento del calcolo dovrebbe tener conto della quota del sito che determina variazioni proporzionali alla variazione della densità dell'aria ρ .

La producibilità è talvolta convenientemente espressa tramite il numero di ore equivalenti di generazione a piena potenza, dato dal rapporto $E_p/P_{nominale}$.

6. VALUTAZIONE DELLA VENTOSITA' DI LUNGO PERIODO

La valutazione della distribuzione della velocità del vento di lungo periodo in un sito candidato all'installazione di un impianto eolico, o più semplicemente della sua velocità media stimata su più anni, è 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.

In generale, 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 stazioni anemometriche storiche e mettendo in correlazione i dati rilevati contemporaneamente dalle stesse con quelli rilevati nel sito in cui si vuole valutare la velocità media di lungo periodo. Le stazioni da confrontare devono essere possibilmente nelle medesime condizioni orografiche di esposizioni ai venti e distanti in modo tale che si possa ipotizzare siano soggette agli stessi regimi di vento; è comunque possibile, mediante confronti e correlazioni, verificare la validità di queste condizioni.

Nel nostro caso, per la stazione considerata, sono messi a disposizione dati riferibili ad una campagna di misura di circa 12 mesi e di circa 3 anni. Tali durate non vengono ritenute sufficienti per

poter considerare la velocità media registrata come quella di lungo periodo e, quindi, disponendo anche della serie di dati storici della medesima stazione **RIF3** che ha una durata di oltre 29 anni, si è potuto verificare direttamente il posizionamento storico dell'annualità presa in esame nell'elaborato.

Per cui, per le valutazioni di produzione attesa da un impianto eolico nel sito, si consideri la velocità media annua di **RIF3_T (totale a 15m dal suolo) uguale a 5,69 m/s.**

7. VALUTAZIONE DELLA VENTOSITA' A 25 m DAL SUOLO

Non disponendo di specifiche rilevazioni di velocità ad un'altezza dal suolo pari a 25 m e volendo verificare uno dei requisiti richiesti per procedere nell'iter autorizzativo, in questo caso la ventosità a 25 m dal suolo ($V_{m[a25m\ s/s]} > 4\text{m/s}$), è possibile definire l'intensità del vento per estrapolazione, con l'ausilio del parametro di gradiente al suolo (alfa).

Tale grandezza è determinabile qualora siano disponibili, sul medesimo sostegno, due misure di velocità (V_2 e V_1) a due differenti altezze (h_2 e h_1) ovvero quando si dispone di simulazioni con modello fluidodinamico che stimano detto parametro.

Come già detto nel Cap. 5.4, la relazione che permette di stimare la velocità del vento a diverse altezze dal suolo è del tipo esponenziale ed è riportata nella seguente formula:

$$V_2 / V_1 = (h_2 / h_1)^{\text{alfa}}$$

dove *alfa* è il gradiente della velocità del vento al suolo, V_2 e V_1 sono le velocità del vento rilevate alle corrispondenti altezze dal suolo h_2 e h_1 .

Nel caso specifico, proiettando sul sito eolico i dati rilevati dalla stazione anemometrica con il modello di calcolo WAsP, che fornisce un campo tridimensionale della velocità del vento e consente perciò di disporre del profilo della velocità media alle varie altezze dal suolo, possiamo verificare in quali posizioni del layout dell'impianto ricadono le isovento di 4 m/s a 25 m dal suolo.

Considerando tutti i 6 aerogeneratori, il valor medio, risulta pari a $V_{25m} = 4.63\text{ m/s}$.

Il requisito richiesto di una velocità media annua del vento minima di 4 m/s a 25 m dal suolo risulta soddisfatto.

8. VALUTAZIONE DELLE INCERTEZZE SULLA MISURA DEL VENTO

I rilievi sperimentali della velocità del vento, come ogni altra misurazione, sono ovviamente affetti da incertezze che possono, nei limiti del possibile, essere quantificate. Ciò consente di approssimare i risultati con atteggiamento statistico per considerarli in termini probabilistici, cioè, in altre parole, l'analisi di confidenza di un processo permette di valutare quale condizione (o risultato) sarà vera con data probabilità.

Nel nostro caso, come suggerito dalla Norma 61400-12 (che, facciamo presente, è stata predisposta con altri scopi), con il termine incertezza della velocità del vento (E.5.3 Category B uncertainties in wind speed) si intende lo scarto quadratico medio della distribuzione statistica degli errori di misura che si commettono utilizzando una stazione anemometrica dotata di sensore a coppe, come nel caso in esame. L'incertezza è riferibile principalmente:

- Alla taratura dell'anemometro (stimata cautelativamente 0.1 m/s per il range 5-10 m/s, vedi anche tabella di calibrazione allegate nel report di installazione);
- Alle caratteristiche operative dell'anemometro in funzione del modello utilizzato (stimata cautelativamente $0.05 + 0.005 * \text{Vel. Vento}$);
- Alla distorsione del flusso dovuta agli effetti di montaggio dell'anemometro (stimata 1%);
- Alla distorsione del flusso dovuta al terreno (stimata cautelativamente 3%);
- Al sistema di acquisizione dati per la velocità del vento (stimata cautelativamente 0.1 m/s per 10 m/s).

Come si può dedurre da quanto sopra, l'incertezza sulla misura è variabile in funzione della velocità del vento e complessivamente, come scarto quadratico medio delle singole incertezze, può variare da circa 2 fino anche ad alcuni punti percentuali. Per lo scopo insito nella misura, e cioè la valutazione della produzione attesa di una turbina eolica che generalmente opera da 2 a 25 m/s appare equo, anche sulla base della bibliografia del settore, voler considerare per le misure in oggetto un'incertezza complessiva del 3% da associare alle altre tipiche che dovranno essere prese in considerazione nella valutazione della produzione attesa.

9. CONCLUSIONI DELL'ALLEGATO A

Nell'ambito del processo di progettazione di un impianto eolico e più in generale nelle fasi dello sviluppo del sito è necessario conoscere con una buona affidabilità la consistenza della risorsa eolica disponibile e quindi della sua produzione attesa. Ciò è garantito da idonee rilevazioni in sito delle grandezze di velocità e di direzione del vento per un periodo di alcuni anni. È possibile giungere ad una valutazione utile della risorsa eolica grazie a calcoli e confronti con dati di stazioni anemometriche considerate storiche perché con un periodo di rilevazione di 10 anni e oltre. Nel caso specifico si è potuto infatti disporre, oltre alla serie di dati di circa 12 e 36 mesi messi a disposizione, anche dell'intera serie di dati storici, contemporanei ad altre due serie anemometriche, che per confronti e correlazioni sono risultate appartenenti ai medesimi regimi di vento dell'area più estesa che include il sito di interesse.

L'analisi e l'elaborazione dei dati della stazione con dati recenti, non ha evidenziato particolari carenze o lacune per i periodi d'interesse. In fase di validazione la disponibilità del dato è risultata buona sull'intero periodo e ottima per l'anno ed il triennio di misurazione richiesto, non avendo riscontrato malfunzionamenti e/o guasti sulla stazione in detto periodo.

I risultati delle attività, dalla validazione alla elaborazione del dato, sono ampiamente descritti nel presente studio ed indicano che il sito è interessato da un buon regime di venti, tipico della zona di appartenenza, soprattutto in relazione all'energia specifica della vena fluida.

Anche l'attività di valutazione della ventosità di lungo periodo è stata svolta con profitto avendo la disponibilità totale degli andamenti delle velocità medie mensili nel punto di misura di lungo periodo considerato.

Positiva è risultata anche la verifica della condizione richiesta di ventosità superiore a 4 m/s a 25 m dal suolo.

Si può quindi affermare che i risultati delle misurazioni della ventosità, pur considerando le tipiche incertezze di misura proprie delle apparecchiature utilizzate, che sono state opportunamente e cautelativamente stimate, indicano che l'entità della risorsa disponibile rientra tra quelle di interesse per la realizzazione di un impianto eolico.

ALLEGATO A1

QUALIFICAZIONE DEI DATI ANEMOLOGICI DI UN SITO

Scheda della stazione anemometrica

Stazione: E6229

Data

Codifica documento

Archivio

Compilato da

Sezione A) – Dati identificativi della stazione anemometricaNome stazione : **RIFERIMENTO 3**

Codice: RIF3

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	15	THIES CLIMA	4.3323.21.251/S		Nord	
B						
C						
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	15	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) – Immagine strumentazione tipo della stazione anemometrica

Sistema acquisizione Vit 2000

**QUALIFICAZIONE DEI DATI
ANEMOLOGICI DI UN SITO**
Scheda della stazione anemometrica



Fornitore: TECNOGAIA

RIATTIVAZIONE STAZIONE

Data	Codifica documento	Archivio	Compilato da

Sezione A) – Dati identificativi della stazione anemometrica

NOME STAZIONE (max 16 car.) : Riferimento3 Codice : RIF3 (E6229/T1603)

Sezione B) – Dati identificativi delle apparecchiature

SENSORE VEL. H dal suolo 15 (m) Tipo THIES N° MATR. 4.332.321.2 N° INVENT: 9404657

SENSORE VEL. H dal suolo (m) Tipo N° MATR. N° INVENT:

SENSORE DIR. H dal suolo 15 (m) Tipo THIES N° MATR. 4.332.321.2 N° INVENT: 9404657

Settore di direzione zero : NORD Senso di rotaz. positivo verso il settore : EST

ALTRI SENSORI

ACQUISITORE Tipo SECONDWIND NOMAD2 N° MATR. #01616 N° INVENT. TG06/534

SOSTEGNO Tipo SIDERPALI H 15 (m) N° MATR.

CONTENITORE DELLE APPARECCHIATURE Tipo SAREL

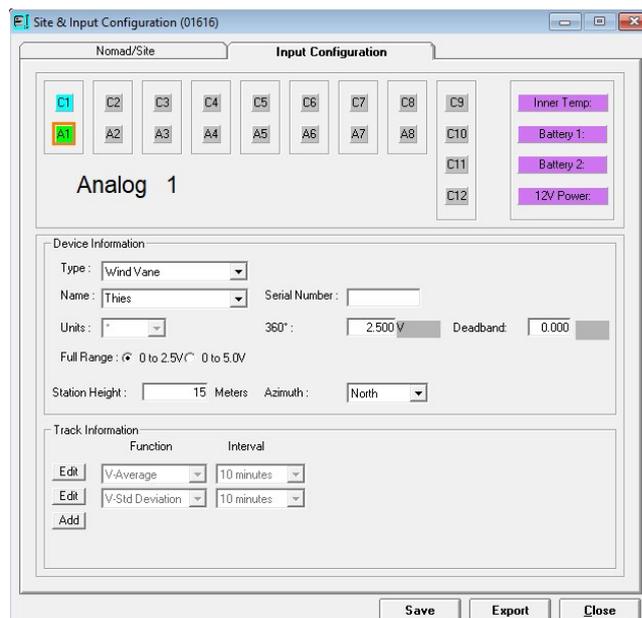
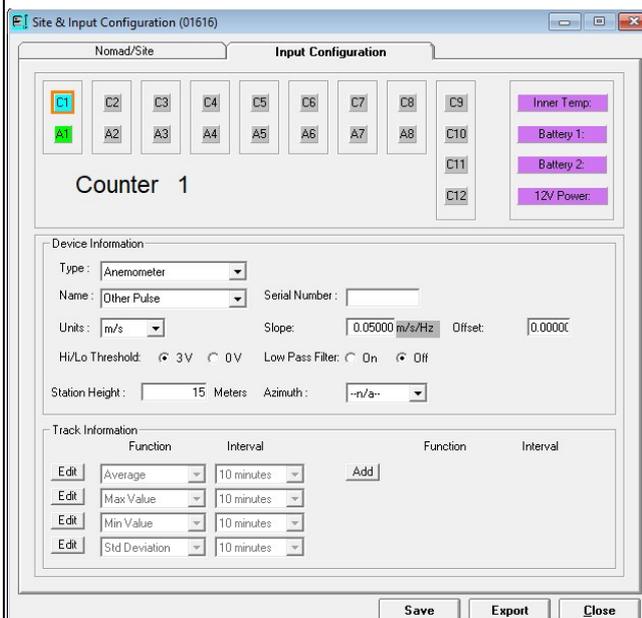
Verifica in uscita effettuata da : BONSI

Data : 26/01/06

Sezione C) – Immagine parametri di configurazione strumentazione nel datalogger

SENSORE DI VELOCITA'

SENSORE DI DIREZIONE



Stazione anemometrica riattivata

da : BONSI

data : 21/03/2006

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

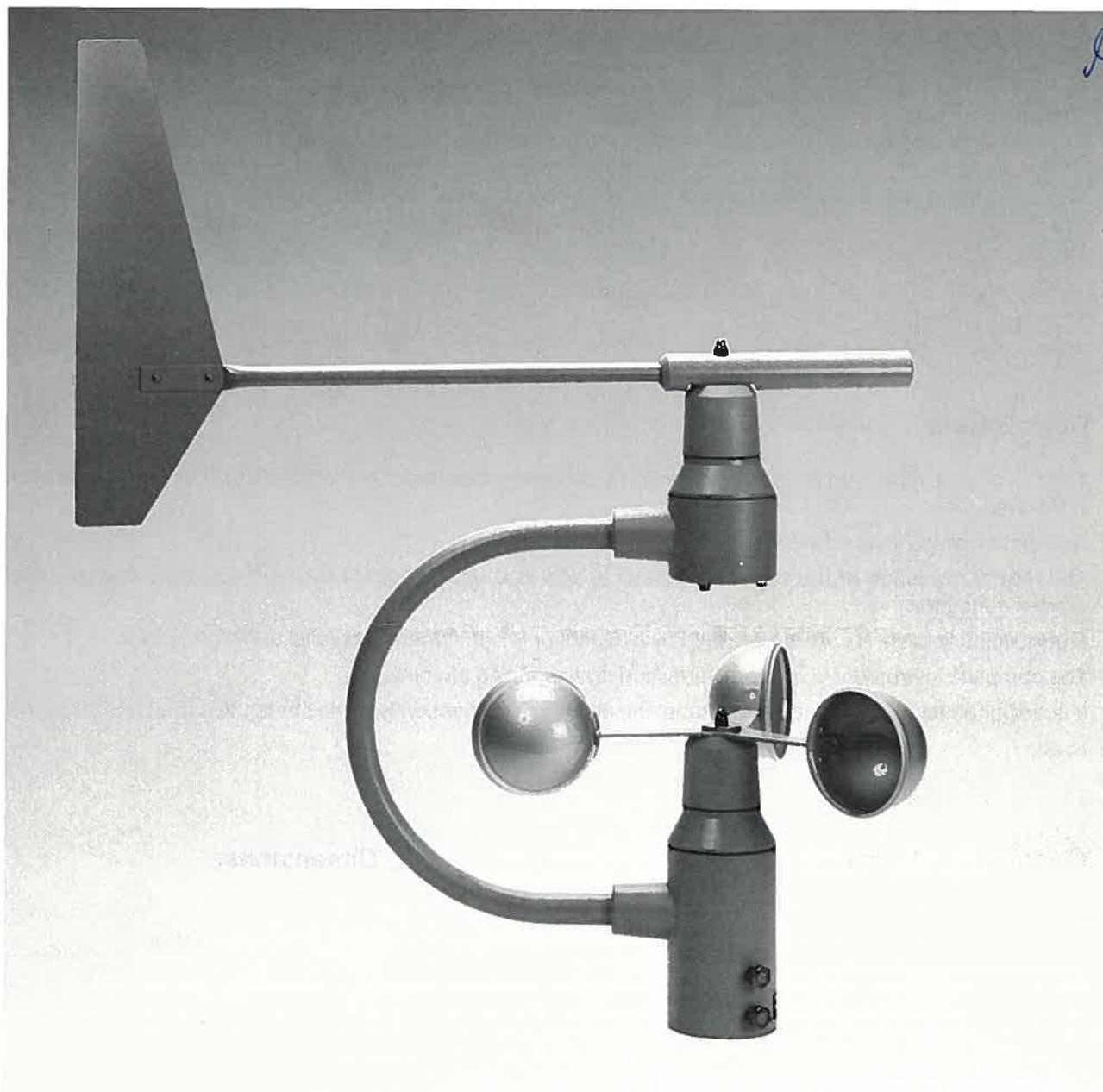
Telefax (05 51) 7 90 01-65

 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

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.

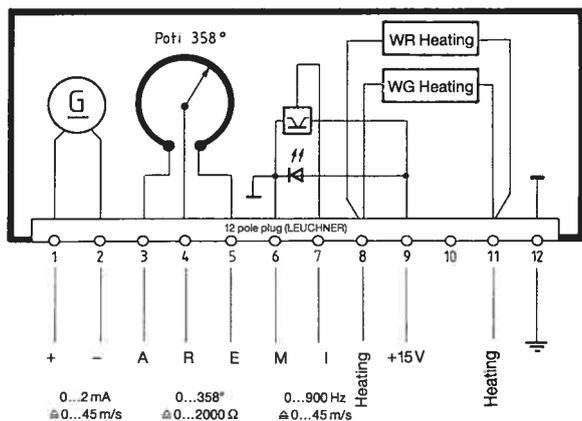
The rate of revolution of the cup anemometer is scanned opto-electronically and also detected by a direct current generator.

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

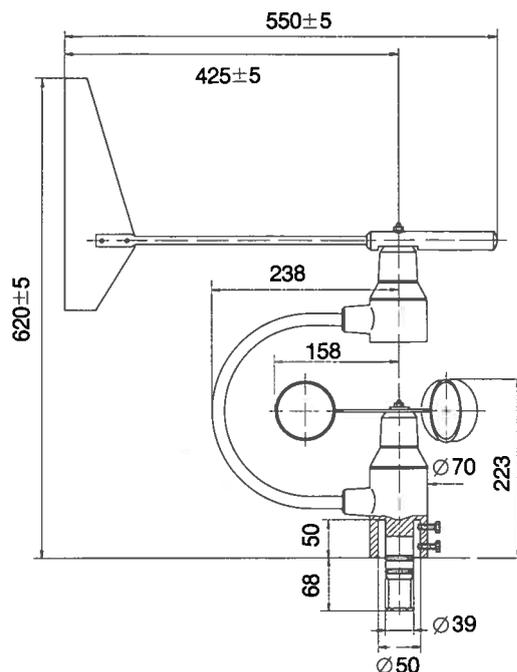
The complete instrument is made of varnished and anodized aluminium.

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:

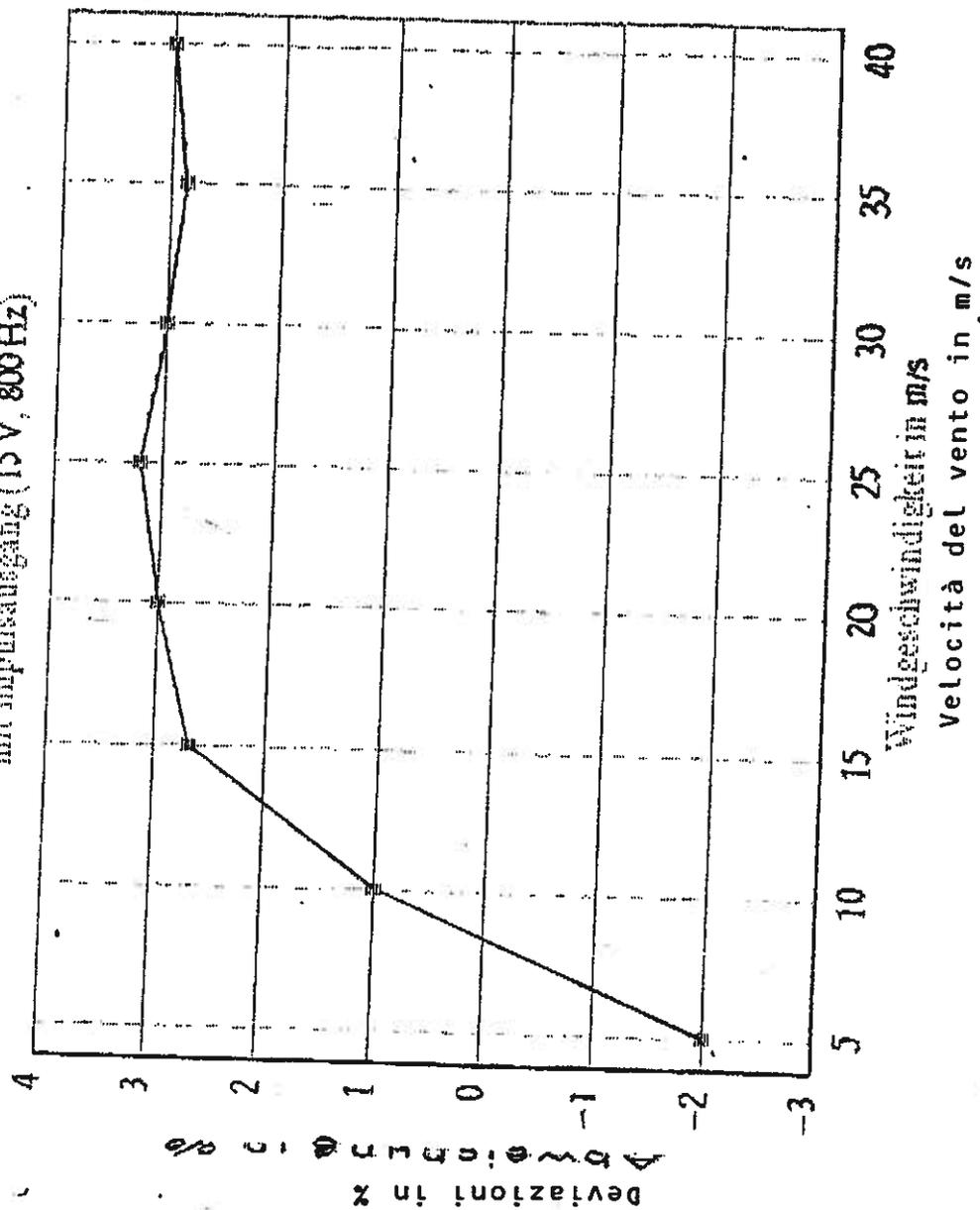


* Without heating: Order-no. 4.3323.10.251

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

Windgeschwindigkeitsgeber

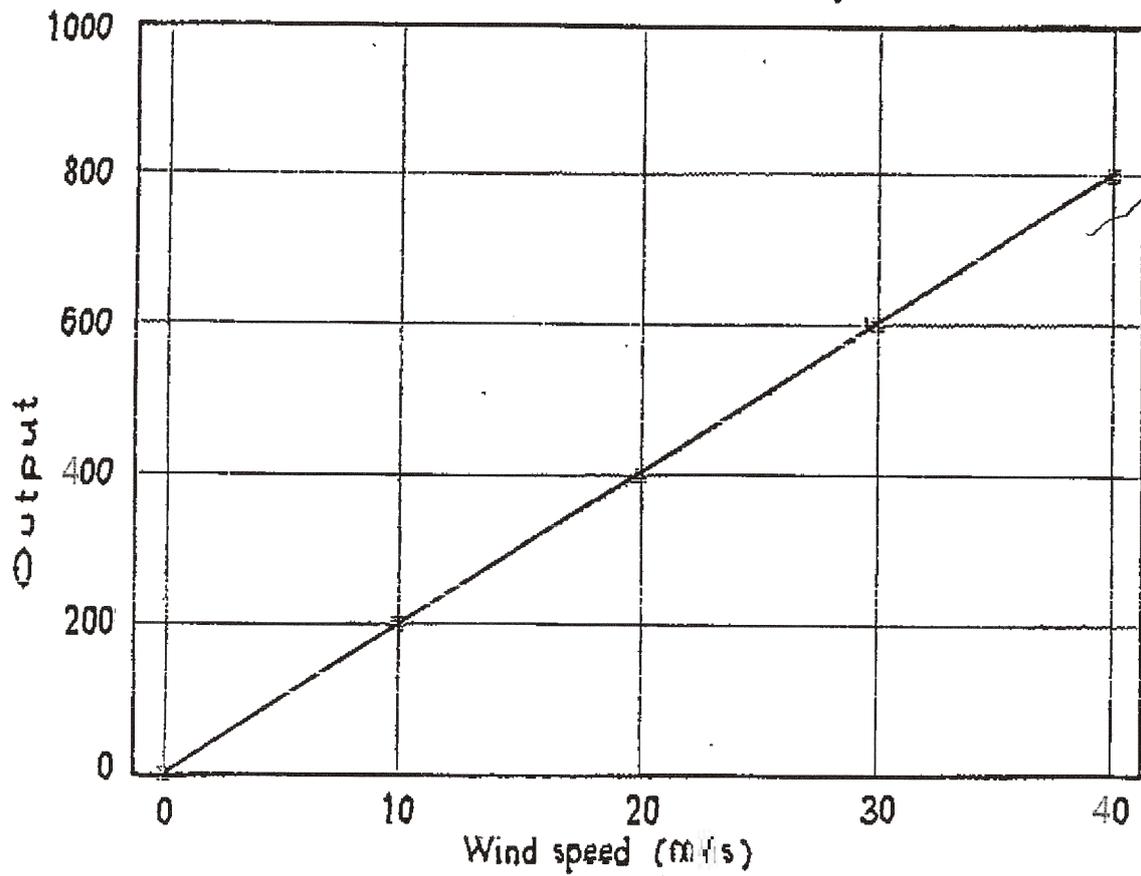
mit Impulsausgang (15 V, 800 Hz)



Handwritten signature
Mlog

Comb. Wind Transmitter 4.3323.21.2

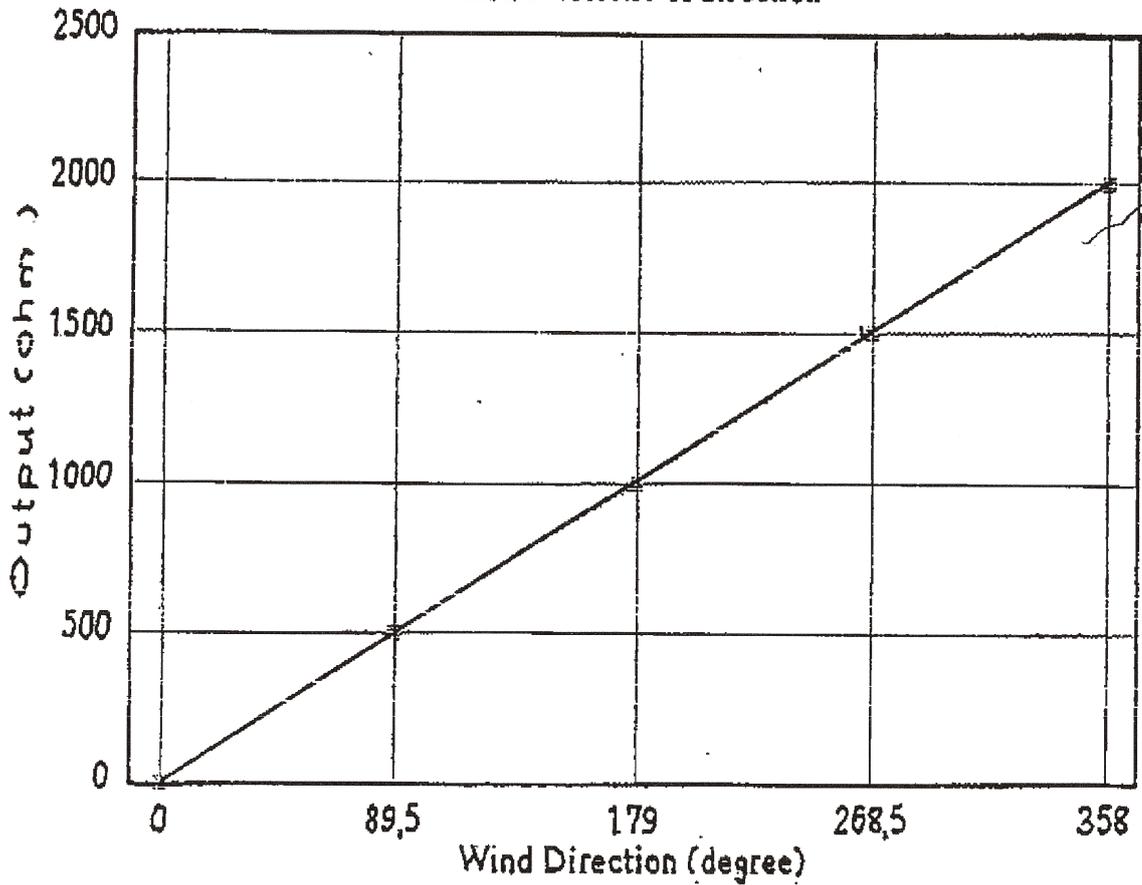
Characteristic of Wind speed



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

Sito: _____ Cliente: _____

Sezione A) – Dati identificativi della stazione anemometrica

Nome stazione: **Riferimento3** Codice: **RIF3 (E6259/T1603)**

Sezione B) – Parti Costituenti la Postazione (Prima dell'intervento)

SOSTEGNO		Marca	Modello	N°matricola	Tubolare	Traliccio	Sollevamento		
H dal Suolo (m)	15	Siderpali	autoportante				FALCONE	<input type="checkbox"/>	AUTOGRU' <input checked="" type="checkbox"/>
SENSORI DIGITALI			Marca	Modello	N°matricola	N° Inventario	Orientamento Mensole		
N.	Tipo	H dal suolo (m)							
1	Vel.	15	NRG	Max40C	1522805		TOP		
2									
3									
4									
5									
6									
SENSORI ANALOGICI			Marca	Modello	N°matricola	N° Inventario	ORIENT. SENSORE	ROTAZ. POSITIVA VERSO	AZIMUT IMPOSTATO
N.	Tipo	H dal suolo (m)							
1	Dir.	15	NRG	200P		TG676/15	0°	EST	0°
2									
3									
4									
5									
Logger e altre apparecchiature		Marca	Modello	Serial/Number	N° Inventario	ALTRO			
ACQUISITORE	1,5	SecondWind	Nomad2	1822		BATTERIA INT. Ah			
PANNELLO FV						ORIENTAMENTO	VOLT	WP	
CONTENITORE APPAREC.						SISTEMA DI CHIUSURA			
BATTERIA ESTERNA			VOLT	Ah		REGOLATORE DI TENSIONE	MODELLO	Ah	
MODEM					N° TELEFONO	GESTORE			
SEGNALAZIONE NOTT. VOLO BASSA QUOTA						SEGNALAZIONE DIURNA VOLO BASSA QUOTA	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		

Altre apparecchiature presenti: _____

Sezione C) – Tipo di intervento Manutenzione Periodica Manutenzione Straordinaria

Sostituzione Sensore di velocità e direzione

Eventuale causa del guasto: fulminazione

Sezione D) – Nuovi componenti installati (Dopo l'intervento)

N.	Tipo	H dal suolo (m)	Marca	Modello	N° matricola	N° Inventario	ORIENTAMENTI
1	Vel.	15	NRG	Max40C	179500307201	TG18-2750	TOP
2	Dir.	15	NRG	200P		TG16-2534	0°
3							
4							
5							
6							

Sezione E) – Collaboratori Esterni

Personale: _____ n. _____ Dalle ore: _____ Alle ore: _____

Manutenzione eseguita da: **Bonsi E.** Data **29/01/2019**



SOH Wind Engineering LLC

141 Leroy Road · Williston, VT 05495 · USA

Tel 802.316.4368 · Fax 802.735.9106 · www.sohwind.com

CERTIFICATE FOR CALIBRATION OF CUP ANEMOMETER

Certificate number: 18.US2.01769

Date of issue: February 26, 2018

Type: NRG 40C Anemometer

Serial number: 179500307201

Manufacturer: NRG Systems Inc, 110 Riggs Road, Hinesburg, VT 05461, USA

Client: NRG Systems Inc, 110 Riggs Road, Hinesburg, VT 05461, USA

Anemometer received: February 13, 2018

Anemometer calibrated: February 21, 2018

Calibrated by: MEJ

Procedure: MEASNET, IEC 61400-12-1:2017 Annex F

Certificate prepared by: EJF

Approved by: Calibration engineer, EJF

Calibration equation obtained: $v \text{ [m/s]} = 0.76199 \cdot f \text{ [Hz]} + 0.33399$

Standard uncertainty, slope: 0.00147

Standard uncertainty, offset: 0.04562

Covariance: $-0.0000159 \text{ (m/s)}^2/\text{Hz}$

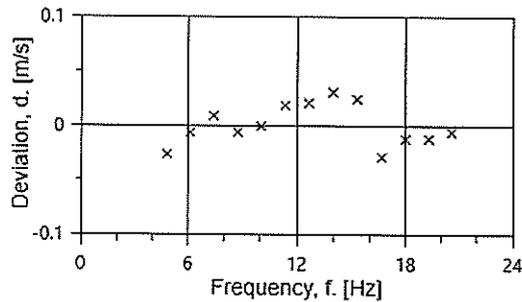
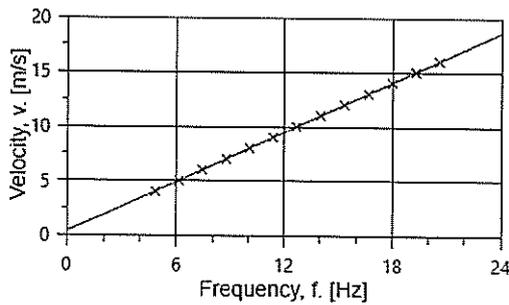
Coefficient of correlation: $\rho = 0.999988$

Absolute maximum deviation: 0.030 m/s at 11.044 m/s

Barometric pressure: 1002.2 hPa

Relative humidity: 27.7%

Succession	Velocity pressure, q, [Pa]	Temperature in wind tunnel [°C]	Temperature in d.p. box [°C]	Wind velocity, v, [m/s]	Frequency, f, [Hz]	Deviation, d, [m/s]	Uncertainty u_c (k=2) [m/s]
2	9.38	22.7	26.7	3.992	4.8355	-0.027	0.025
4	14.68	22.7	26.7	4.994	6.1249	-0.007	0.025
6	21.19	22.7	26.7	6.001	7.4261	0.009	0.027
8	28.87	22.7	26.7	7.005	8.7631	-0.007	0.030
10	37.69	22.7	26.7	8.004	10.0663	-0.001	0.033
12	47.88	22.7	26.7	9.022	11.3777	0.018	0.036
13-last	59.00	22.7	26.7	10.015	12.6782	0.020	0.039
11	71.75	22.7	26.7	11.044	14.0158	0.030	0.042
9	85.26	22.7	26.7	12.039	15.3293	0.024	0.045
7	99.77	22.7	26.7	13.023	16.6908	-0.029	0.048
5	115.87	22.7	26.7	14.034	17.9956	-0.013	0.051
3	132.90	22.7	26.7	15.030	19.3021	-0.012	0.054
1-first	151.03	22.6	26.7	16.020	20.5945	-0.006	0.057



AC-1746



EQUIPMENT USED

Serial Number	Description
Njord2	Wind tunnel, blockage factor = 1.0017
13924	Control cup anemometer
-	Mounting tube, D = 12.7 mm
TT002	Summit Electronics, 1XPT100, 0-10V Output, wind tunnel temp.
TT004	Summit Electronics, 1XPT100, 0-10V Output, differential pressure box temp.
DP007	Setra Model 239, 0-1 inWC, differential pressure transducer
HY001	Dwyer RHP-2D20, 0-10V Output, humidity transmitter
BP002	Setra M278, 0-5VDC Output, barometer
PL3	Pitot tube
XB001	Computer Board. 16 bit A/D data acquisition board
66GSPS1	PC dedicated to data acquisition

Traceable calibrations of the equipment are carried out by external accredited institutions: Atlantic Scale, Essco Calibration Labs & Furness Controls. A real-time analysis module within the data acquisition software detects pulse frequency.

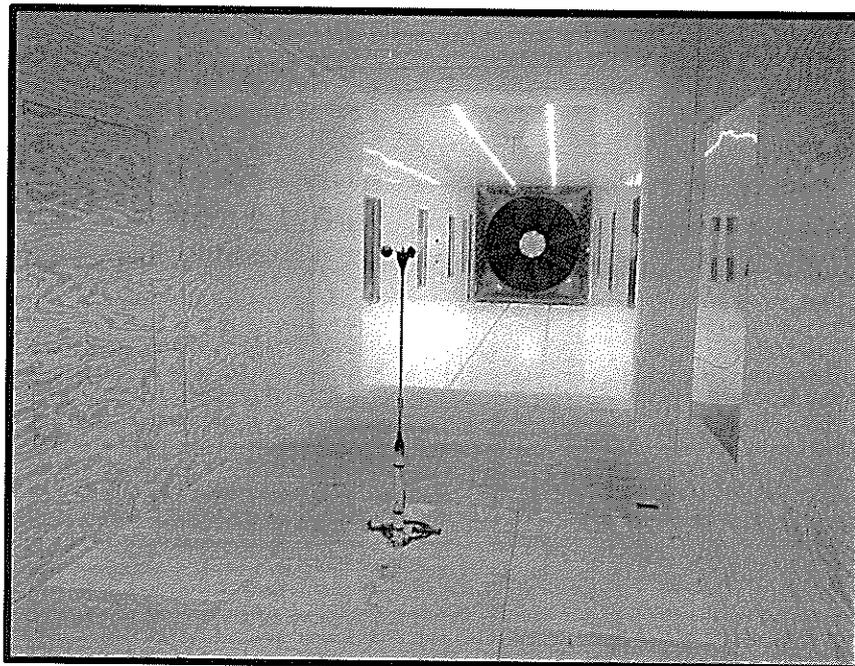


Photo of the wind tunnel setup. The cross-sectional area is 2.5m x 2.5m.

UNCERTAINTIES

The documented uncertainty is the total combined uncertainty at 95% confidence level ($k=2$) in accordance with EA-4/02. The uncertainty at 10 m/s comply with the requirements in the IEC 61400-12-1:2005 procedure. See Document US.12.01.004 for further details.

COMMENTS

(none)

Certificate number: 18.US2.01769

All calibrations are done in the "As Left" condition unless otherwise noted.

This certificate must not be reproduced, except in full, without the approval of SOH Wind Engineering LLC

Sito: _____ Cliente: _____

Sezione A) – Dati identificativi della stazione anemometrica

Nome stazione: **Riferimento3** Codice: **RIF3 (E6259/T1603)**

Sezione B) – Parti Costituenti la Postazione (Prima dell'intervento)

SOSTEGNO		Marca	Modello	N°matricola	Tubolare	Traliccio	Sollevamento		
H dal Suolo (m)	15	Siderpali	autoportante				FALCONE	<input type="checkbox"/>	AUTOGRU' <input checked="" type="checkbox"/>
SENSORI DIGITALI			Marca	Modello	N°matricola	N° Inventario	Orientamento Mensile		
N.	Tipo	H dal suolo (m)							
1	Vel.	15	NRG	Max40C	179500307201	TG18-2750	TOP		
2									
3									
4									
5									
6									
SENSORI ANALOGICI			Marca	Modello	N°matricola	N° Inventario	ORIENT. SENSORE	ROTAZ. POSITIVA VERSO	AZIMUT IMPOSTATO
N.	Tipo	H dal suolo (m)							
1	Dir.	15	NRG	200P		TG16-2534	0°	EST	0°
2									
3									
4									
5									
Logger e altre apparecchiature		Marca	Modello	Serial/Number	N° Inventario	ALTRO			
ACQUISITORE	1,5	SecondWind	Nomad2	1822		BATTERIA INT. Ah			
PANNELLO FV						ORIENTAMENTO	VOLT	WP	
CONTENITORE APPAREC.						SISTEMA DI CHIUSURA			
BATTERIA ESTERNA			VOLT	Ah		REGOLATORE DI TENSIONE	MODELLO	Ah	
MODEM					N° TELEFONO	GESTORE			
SEGNALAZIONE NOTT. VOLO BASSA QUOTA						SEGNALAZIONE DIURNA VOLO BASSA QUOTA	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		

Altre apparecchiature presenti: _____

Sezione C) – Tipo di intervento Manutenzione Periodica Manutenzione Straordinaria

Sostituzione Sensore di velocità e direzione

Eventuale causa del guasto: revisione sensori

Sezione D) – Nuovi componenti installati (Dopo l'intervento)

N.	Tipo	H dal suolo (m)	Marca	Modello	N° matricola	N° Inventario	ORIENTAMENTI
1	Vel.	15	NRG	Max40C	179500325987	TG20-3006	TOP
2	Dir.	15	NRG	200P		TG20-2991	0°
3							
4							
5							
6							

Sezione E) – Collaboratori Esterni

Personale: _____ n. _____ Dalle ore: _____ Alle ore: _____

Manutenzione eseguita da: **Bonsi E.** Data **15/09/2020**



SOH Wind Engineering LLC

141 Leroy Road · Williston, VT 05495 · USA

Tel 802.316.4368 · Fax 802.735.9106 · www.sohwind.com

CERTIFICATE FOR CALIBRATION OF CUP ANEMOMETER

Certificate number: 19.US2.07067

Date of issue: August 13, 2019

Type: NRG 40C Anemometer

Serial number: 179500325987

Manufacturer: NRG Systems Inc, 110 Riggs Road, Hinesburg, VT 05461, USA

Client: NRG Systems Inc, 110 Riggs Road, Hinesburg, VT 05461, USA

Anemometer received: July 23, 2019

Anemometer calibrated: August 12, 2019

Calibrated by: SMR

Procedure: MEASNET, IEC 61400-12-1:2017 Annex F

Certificate prepared by: EJF

Approved by: Calibration engineer, EJF

Calibration equation obtained: $v \text{ [m/s]} = 0.76436 \cdot f \text{ [Hz]} + 0.34193$

Standard uncertainty, slope: 0.00150

Standard uncertainty, offset: 0.04528

Covariance: -0.0000165 (m/s)²/Hz

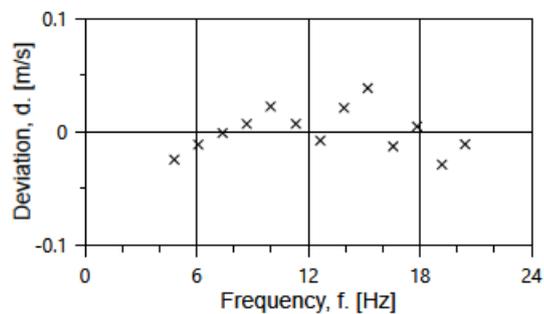
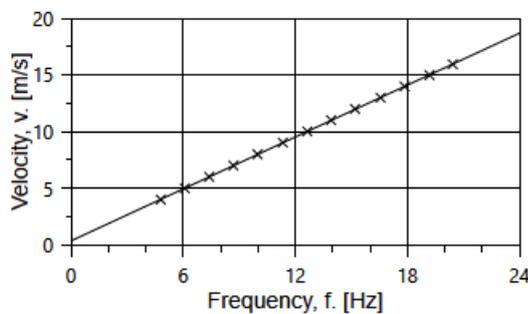
Coefficient of correlation: $\rho = 0.999988$

Absolute maximum deviation: 0.038 m/s at 11.997 m/s

Barometric pressure: 996.9 hPa

Relative humidity: 44.4%

Succession	Velocity pressure, q. [Pa]	Temperature in wind tunnel [°C]	Temperature in d.p. box [°C]	Wind velocity, v. [m/s]	Frequency, f. [Hz]	Deviation, d. [m/s]	Uncertainty $u_c \text{ (k=2)}$ [m/s]
2	9.13	27.6	30.9	3.988	4.8020	-0.025	0.023
4	14.27	27.6	30.9	4.986	6.0905	-0.012	0.026
6	20.63	27.6	30.9	5.995	7.3980	-0.001	0.030
8	28.07	27.6	30.9	6.994	8.6939	0.007	0.034
10	36.64	27.6	30.9	7.991	9.9786	0.022	0.038
12	46.62	27.6	30.9	9.013	11.3358	0.007	0.043
13-last	57.39	27.6	30.9	10.001	12.6469	-0.008	0.047
11	69.49	27.6	30.9	11.005	13.9234	0.021	0.051
9	82.58	27.6	30.9	11.997	15.1985	0.038	0.056
7	96.81	27.6	30.9	12.991	16.5655	-0.013	0.060
5	112.26	27.6	30.9	13.989	17.8489	0.004	0.064
3	128.73	27.6	30.9	14.980	19.1889	-0.029	0.068
1-first	145.85	27.6	30.9	15.945	20.4273	-0.011	0.072



EQUIPMENT USED

Serial Number	Description
Njord2	Wind tunnel, blockage factor = 1.0017
13924	Control cup anemometer
-	Mounting tube, D = 12.7 mm
TT003	Summit Electronics, 1XPT100, 0-10V Output, wind tunnel temp.
TP001	PR Electronics 5102, 0-10V Output, differential pressure box temp.
DP008	Setra Model 239, 0-1inWC, differential pressure transducer
HY002	Dwyer RHP-2D20, 0-10V Output, humidity transmitter
BP003	Setra M278, 0-5VDC Output, barometer
PL3	Pitot tube
XB001	Computer Board. 16 bit A/D data acquisition board
Njord2-PC	PC dedicated to data acquisition

The accuracies of all measurements were traceable to the SI through NIST or CIPM recognized NMI's. A real-time analysis module within the data acquisition software detects pulse frequency.



Photo of the wind tunnel setup. The cross-sectional area is 2.5m x 2.5m.

UNCERTAINTIES

The documented uncertainty is the total combined uncertainty at 95% confidence level ($k=2$) in accordance with EA-4/02. The uncertainty at 10 m/s comply with the requirements in the IEC 61400-12-1:2005 procedure. See Document US.12.01.004 for further details.

COMMENTS

(none)

Certificate number: 19.US2.07067

The results on this certificate relate only to the serial number listed.

All calibrations are done in the "As Left" condition unless otherwise noted.

This certificate must not be reproduced, except in full, without the approval of SOG Wind Engineering LLC

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[®] 2

WIND RESOURCE DATA LOGGER



The Wind Industry's Most Flexible Data Logger



 SECONDWIND

NOMAD™ 2 WIND DATA LOGGER SPECIFICATIONS

SENSOR INPUTS

12 counter inputs	<ul style="list-style-type: none">Configurable for AC & pulse anemometers, other frequency-output devices, and high/low digital or relay state signalingFrequency range DC to 2 kHzHigh display resolution with low frequency anemometersInput high/low threshold configurable for 0V or 3VConfigurable filtering for low frequency devices1-second count integration, $\pm 0.02\%$ accuracy
8 analog inputs	<ul style="list-style-type: none">Configurable range of 0 to 2.5V or 5V12-bit analog to digital conversion1-second sampling, $\pm 0.02\%$ accuracyDirect interface to potentiometer wind vanes, 10k thermistors, and analog-output transducers
Fault detection	<ul style="list-style-type: none">Feedback input from 2.5V+ excitation output for wiring and device fault detection
Internal temperature	<ul style="list-style-type: none">1-second sampling, $\pm 2^\circ\text{C}$ accuracy
Power supplies	<ul style="list-style-type: none">Measurement of two 9V batteries and 12V power

OUTPUTS

2.5V+ excitation:	<ul style="list-style-type: none">2.5V+ smart-switched excitation distributed to all input terminal blocks for energy-conserving measurement of potentiometers and thermistorsCalibrated to $\pm 5\text{mV}$, 25 ppm/$^\circ\text{C}$, 250 mA max
12V transducer power	<ul style="list-style-type: none">12V+ smart-switched transducer power output distributed to all input terminal blocks for energy-conserving operation of electronic transducers1 Amp maximum
12V modem power	<ul style="list-style-type: none">12V+ configurable switched modem power output for energy-conserving operation of cellular & other modems1 Amp maximum
Relay output	<ul style="list-style-type: none">For de-icing or other control applicationsSPST dry contact, 1 Amp maximum, AC or DCModbus-controlled

POWER SUPPLY

9 Volt batteries:	<ul style="list-style-type: none">2 parallel standard 9V batteries in sliding receptaclesUp to 6 months operation with alkaline, up to one year with lithium (-40°C) batteries that have no shipping restrictions
12 Volt Power:	<ul style="list-style-type: none">12V (10-18V DC) input for internal primary or rechargeable batteries, external DC power supply, or regulated solar panelTwo-screw removable internal mounting for lead-acid batteries for higher power transducer, controls, and communication gear, standard sizes up to 20 AH, extreme environment sizes up to 8 AH
Solar:	<ul style="list-style-type: none">Optional on-board solar charging regulator/controller

SERIAL PORTS

	<ul style="list-style-type: none">3 independent RS232C serial ports, up to 115 kBaud
Local port	<ul style="list-style-type: none">Direct straight-cable connection to laptop or PCStandard pinout DB9, DCE
Remote port	<ul style="list-style-type: none">Connects to modem, radio, or asynch network adapterAuto-wakeup Rx inputInternally connected for SWI-supplied modem optionsField-wireable terminals for customer-installed devices
Device Port:	<ul style="list-style-type: none">Connects to and logs from communicating transducers including multifunction Phaser® power transducers & ultrasonic anemometersPollable Modbus RTU for SCADA and other general applications

ESD PROTECTION

- All inputs, outputs, and serial port signaling transient and fault protected
- No additional lightning protection needed

USER INTERFACE

Local Display:	<ul style="list-style-type: none">4 x 20 alphanumeric character display, LCD or VFDConfigurable smart-switched powerAutomatic temperature-compensating LCD contrast
Keypad	<ul style="list-style-type: none">7-key sealed membrane keypad
Remote interface	<ul style="list-style-type: none">Full display, configuration, data transfer, & firmware upgradability by local port or modem connection to any PC via NOMAD Desktop™
Status light:	<ul style="list-style-type: none">Heartbeat LED indicates operational status independent of display

INPUT AND DATA PROCESSING

Wind speed	<ul style="list-style-type: none">Slope & offset scaling, auto-zeroing for counter inputs
Wind direction	<ul style="list-style-type: none">Modulo 360° and true vector processingDeadband location correction
Temperature	<ul style="list-style-type: none">Thermistor linearization to device accuracy ($\pm 0.1^\circ\text{C}$)
Math functions	<ul style="list-style-type: none">Average, standard deviation, maximum, time of maximum, minimum, time of minimum, total, cycles, sample value
Recording intervals	<ul style="list-style-type: none">1 minute, 10 minutes, hourly, or daily in any combination for all inputs and math functions

DATA STORAGE

Media	<ul style="list-style-type: none">Industry/consumer standard Compact Flash, up to 256MBRead/write-able by any notebook or desktop PC via PCMCIA adapter or any USB-type Compact Flash adapterFull -40° to 85°C operation rated devices available
Formats	<ul style="list-style-type: none">Card directory & file formats are fully Windows™ compatibleAny FAT (PC) formatted Compact Flash card fully usableData written to daily files in named monthly subdirectoriesEach datum in standard IEEE floating point format, indexed for positive database ID independent of file name/locationEach datum time-stamped in Universal Time (UT/GMT), configurable for time zone & daylight savings offsets
Transfer	<ul style="list-style-type: none">Files transferable by card removal, local serial connection, remote dial-up connection, or as e-mail attachments

PHYSICAL

Operating temp:	<ul style="list-style-type: none">-40° to 85°C all specifications (Vacuum Fluorescent Display)
LCD temperature:	<ul style="list-style-type: none">LCD operates from -20° to 70°C, storage -30° to 80°C
Internal RT clock	<ul style="list-style-type: none">± 1 minute/month accuracy, internet time-server adjustableBacked up by socketed 2032 Lithium coin cell (10 year life)
Wire & cabling	<ul style="list-style-type: none">12 six-screw, 0.2" (5mm) cage clamp style terminal blocksSignal, ground, excitation, switched & unswitched 12V power distributed to each of 8 terminal blocksStandard SMA-F bulkhead connector for external antennasFour 3/4" npt/pg21 knockouts for cable & conduit installation
Enclosure	<ul style="list-style-type: none">Integrated waterproof instrument enclosure, wire and cable junction box, and lockable rain shedUpper section NEMA4/IP66 (watertight), lower section NEMA3R (rain tight) or NEMA4 with cable glands16 ga. steel, 14 ga. mounting flanges, TGIC powdercoated14 x 12 x 5.5 inches (350 x 300 x 140mm), 20 lbs. (9 kg)Mini-rack mounting for internal modem optionsSwing-out panels for modem and 12V battery accessSurface, truss-tower, or tube-tower mountingSingle no-tools padlockable hasp closure

AVAILABLE OPTIONS

- Vacuum Fluorescent Display
- GSM/GPRS, CDMA, and AMPS cellular modems
- Satellite modem (Iridium)
- Landline telephone (POTS) modem
- Integrated solar charging systems, including charge regulator, panel, mounting brackets, and lead-acid batteries

ALLEGATO A2

STAZIONE ANEMOMETRICA DI RIFERIMENTO 3

- Cod. RIF3_1Y

DISPONIBILITÀ MENSILE DEI DATI RELATIVA AL PERIODO: 01/01/2021 - 15/01/2022

Sensore 15 m (sls)	
N° Dati	54,720
N° Dati validi di VELOCITÀ	54,712 99.99%
N° Dati validi di DIREZIONE	54,428 99.47%
VELOCITÀ media del VENTO (m/s)	5.54

LEGENDA: Disponibilità Mensile dati validi	70% < x < 100%	50% < x < 69%	0% < x < 49%
---	----------------	---------------	--------------

Sensore	2021											
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Velocità 15 m	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Direzione 15 m	6.2	5.6	5.7	5.4	5.6	4.7	5.0	5.2	4.5	5.2	6.0	6.9

Sensore	2022											
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Velocità 15 m	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Direzione 15 m	6.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

STAZIONE ANEMOMETRICA DI RIFERIMENTO 3

- Cod. RIF3_1Y

DISPONIBILITÀ GIORNALIERA DEI DATI RELATIVA AL PERIODO: 01/01/2021 - 15/01/2022

Da: 01/01/2021
A: 15/01/2022

G GIORNO
x DISPONIBILITÀ DATO (100%)

G GIORNO
+ DISPONIBILITÀ DATO (parziale)

G GIORNO
- DATI NON DISPONIBILI

	15 m	
n°dati	54720	
n°dati VELOCITÀ validi	54712	99.99%
n°dati DIREZIONE validi	54428	99.47%

GENNAIO 2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
DIREZIONE 15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
FEBBRAIO 2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28			
VELOCITÀ 15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
DIREZIONE 15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	+	+	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
MARZO 2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
DIREZIONE 15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
APRILE 2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
VELOCITÀ 15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
DIREZIONE 15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
MAGGIO 2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
DIREZIONE 15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	+	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
GIUGNO 2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
VELOCITÀ 15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
DIREZIONE 15	+	+	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
LUGLIO 2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
DIREZIONE 15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
AGOSTO 2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 15	x	x	x	+	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
DIREZIONE 15	x	x	x	+	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
SETTEMBRE 2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
VELOCITÀ 15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
DIREZIONE 15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
OTTOBRE 2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
DIREZIONE 15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
NOVEMBRE 2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
VELOCITÀ 15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
DIREZIONE 15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
DICEMBRE 2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
DIREZIONE 15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
GENNAIO 2022	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																	
DIREZIONE 15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																	

STAZIONE ANEMOMETRICA DI RIFERIMENTO 3

- Cod. RIF3_3Y

DISPONIBILITÀ MENSILE DEI DATI RELATIVA AL PERIODO: 15/01/2019 - 15/01/2022

Sensore 15 m (sls)	
N° Dati	157,968
N° Dati validi di VELOCITÀ	155,727 98.58%
N° Dati validi di DIREZIONE	155,113 98.19%
VELOCITÀ media del VENTO (m/s)	5.51

LEGENDA: Disponibilità Mensile dati validi	70% < x < 100%	50% < x < 69%	0% < x < 49 %
---	----------------	---------------	---------------

Sensore	2019											
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Velocità 15 m	17%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Direzione 15 m	5.3	7.9	6.4	5.9	5.5	4.6	5.0	4.3	4.7	4.0	6.9	7.2

Sensore	2020											
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Velocità 15 m	98%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Direzione 15 m	5.7	6.9	5.7	5.0	5.9	5.2	4.7	4.8	4.9	5.3	4.5	5.5

Sensore	2021											
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Velocità 15 m	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Direzione 15 m	6.2	5.6	5.7	5.4	5.6	4.7	5.0	5.2	4.5	5.2	6.0	6.9

Sensore	2022											
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Velocità 15 m	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Direzione 15 m	6.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

STAZIONE ANEMOMETRICA DI RIFERIMENTO 3

- Cod. RIF3_3Y

DISPONIBILITÀ GIORNALIERA DEI DATI RELATIVA AL PERIODO: 15/01/2019 - 15/01/2022

FEBBRAIO 2020	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		
VELOCITÀ 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
DIREZIONE 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
MARZO 2020	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
DIREZIONE 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
APRILE 2020	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
VELOCITÀ 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
DIREZIONE 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
MAGGIO 2020	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
DIREZIONE 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
GIUGNO 2020	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
VELOCITÀ 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
DIREZIONE 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
LUGLIO 2020	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
DIREZIONE 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
AGOSTO 2020	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 15	X	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
DIREZIONE 15	X	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
SETTEMBRE 2020	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
VELOCITÀ 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
DIREZIONE 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
OTTOBRE 2020	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
DIREZIONE 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
NOVEMBRE 2020	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
VELOCITÀ 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
DIREZIONE 15	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	+	X	X	X		
DICEMBRE 2020	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
DIREZIONE 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
GENNAIO 2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
DIREZIONE 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
FEBBRAIO 2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28			
VELOCITÀ 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
DIREZIONE 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
MARZO 2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
DIREZIONE 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
APRILE 2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
VELOCITÀ 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
DIREZIONE 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
MAGGIO 2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
DIREZIONE 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

STAZIONE ANEMOMETRICA DI RIFERIMENTO 3

- Cod. RIF3_3Y

DISPONIBILITÀ GIORNALIERA DEI DATI RELATIVA AL PERIODO: 15/01/2019 - 15/01/2022

GIUGNO 2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
VELOCITÀ 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
DIREZIONE 15	+	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
LUGLIO 2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
AGOSTO 2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 15	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 15	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
SETTEMBRE 2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
VELOCITÀ 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
DIREZIONE 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
OTTOBRE 2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
NOVEMBRE 2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
VELOCITÀ 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
DIREZIONE 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
DICEMBRE 2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
GENNAIO 2022	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																
DIREZIONE 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																

ALLEGATO A3

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.

STAZIONE ANEMOMETRICA : RIFERIMENTO 3 (Cod. RIF3_1Y)

Periodo di elaborazione: 01/01/2021 - 15/01/2022 (numero giorni: 380)

Percentuale dati disponibili = 99.99 % (54712 dati su 54720)

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	8718.9	99.53
1.0	8661.9	98.88	1.5	8555.9	97.67
2.0	8370.6	95.55	2.5	8083.0	92.27
3.0	7677.2	87.64	3.5	7136.6	81.47
4.0	6423.7	73.33	4.5	5602.6	63.96
5.0	4756.7	54.30	5.5	3929.4	44.86
6.0	3216.2	36.71	6.5	2594.9	29.62
7.0	2043.7	23.33	7.5	1595.2	18.21
8.0	1253.5	14.31	8.5	976.7	11.15
9.0	759.6	8.67	9.5	580.2	6.62
10.0	452.0	5.16	10.5	345.2	3.94
11.0	257.0	2.93	11.5	193.3	2.21
12.0	144.6	1.65	12.5	105.0	1.20
13.0	68.4	0.78	13.5	41.0	0.47
14.0	23.5	0.27	14.5	13.9	0.16
15.0	8.6	0.10	15.5	5.3	0.06
16.0	3.2	0.04	16.5	2.4	0.03
17.0	1.3	0.01	17.5	0.5	0.01
18.0	0.3	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 = 6.39	k = 2.52
---	------------------	-----------------

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

Vmed = 5.67 m/s	sqmV = 2.41 m/s	Vcub = 6.59 m/s
-----------------	-----------------	-----------------

Potenza specifica della vena fluida	Pv = 176 W/m ²
-------------------------------------	---------------------------

Tabella A

STAZIONE ANEMOMETRICA : RIFERIMENTO 3 (Cod. RIF3_1Y)
 Periodo di elaborazione: 01/01/2021 - 15/01/2022 (numero giorni: 380)
 Percentuale dati disponibili = 99.99 % (54712 dati su 54720)
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

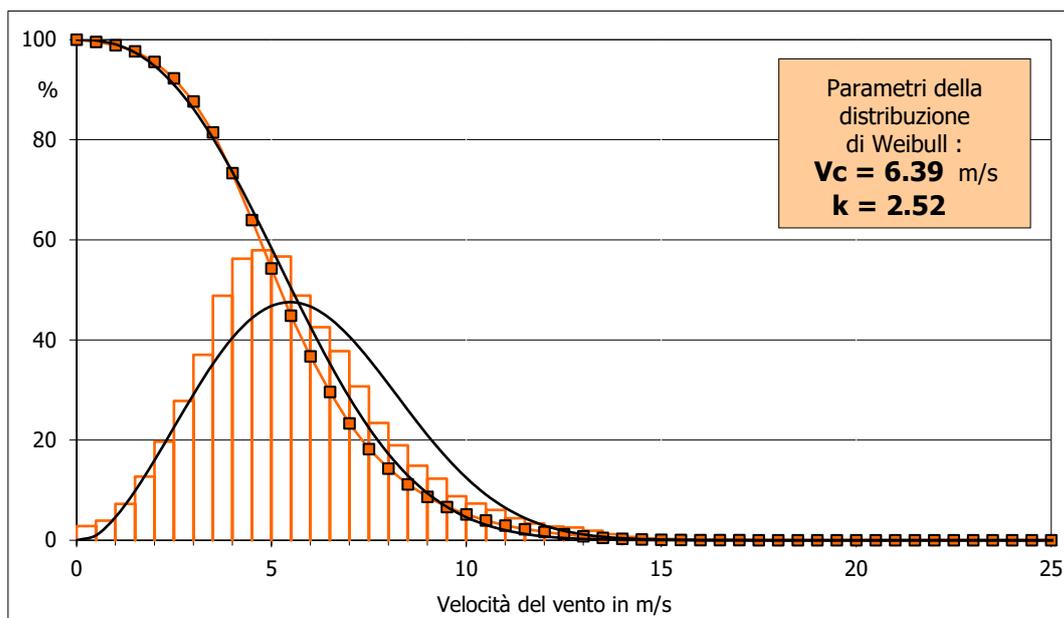
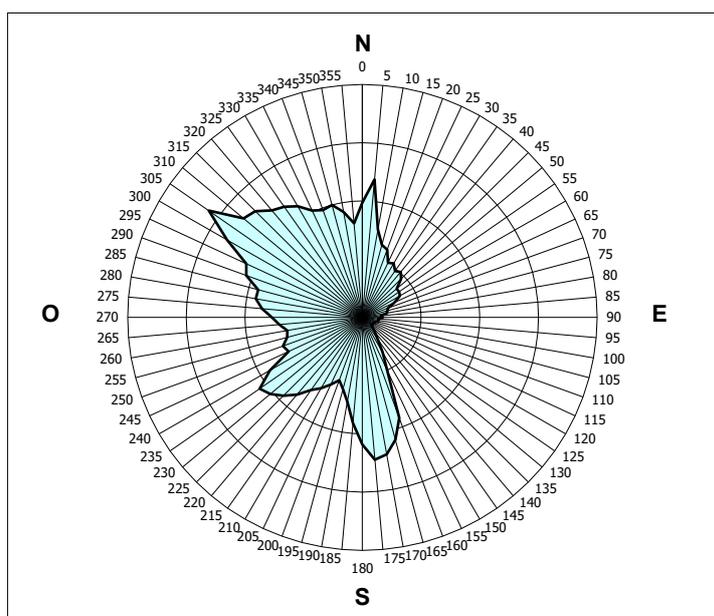


Grafico 2 : FREQUENZE DELLE DIREZIONI DEL VENTO (ROSA DEI VENTI)



Grafici 1 e 2

STAZIONE ANEMOMETRICA : RIFERIMENTO 3 (Cod. RIF3_1Y)

Periodo di elaborazione: 01/01/2021 - 15/01/2022 (numero giorni: 380)

Percentuale dati disponibili = 99.99 % (54712 dati su 54720)

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)
4°	N	11.0	6013	5.76	2.79	7.02	15.8	212
8°	NNE	6.4	3524	4.62	1.79	5.25	13.2	89
10°	ENE	4.1	2237	3.98	1.62	4.57	9.8	58
11°	E	2.0	1090	3.44	1.63	4.24	14.9	47
12°	ESE	1.3	726	3.39	1.83	4.43	16.0	53
9°	SSE	5.3	2911	6.33	3.01	7.62	18.4	271
3°	S	12.1	6641	5.72	2.47	6.74	17.5	187
7°	SSO	8.5	4669	5.48	2.15	6.28	15.3	152
5°	OSO	10.6	5799	5.69	2.17	6.47	14.4	166
6°	O	9.3	5068	4.94	1.64	5.47	13.4	100
1°	ONO	15.0	8206	6.03	2.16	6.78	17.7	191
2°	NNO	13.3	7300	6.26	2.42	7.12	15.1	221
	NoDir	0.5	271	6.41	3.50	7.92	13.7	304
	Calme	0.5	257	(velocità del vento minore o uguale a 0.5 m/s)				
	Totale =		54712	5.54	2.41	6.52	18.4	170

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	1.00	6.90	2.79	7.92	15.8	305	227
Gen	1.48	6.34	2.63	7.35	18.4	243	181
Feb	1.00	5.62	2.68	6.79	15.3	192	129
Mar	1.00	5.74	2.70	6.90	17.7	202	150
Apr	1.00	5.37	2.06	6.09	13.3	138	100
Mag	1.00	5.60	2.04	6.29	13.8	152	113
Giu	1.00	4.69	1.64	5.21	10.7	87	62
Lug	1.00	4.96	1.68	5.48	10.5	101	75
Ago	1.00	5.16	1.78	5.72	13.3	115	85
Set	1.00	4.49	1.77	5.13	10.6	83	59
Ott	1.00	5.20	2.23	6.10	14.0	139	104
Nov	1.00	5.99	3.02	7.33	16.6	242	174

Stagione	Vmed (m/s)	sigV (m/s)	Vcub (m/s)	Vmax (m/s)	Pv (W/m ²)	Ev (kWh/m ²)
Inverno (Dic - Feb)	6.31	2.75	7.40	18.4	248	537
Primavera (Mar - Mag)	5.57	2.30	6.45	17.7	164	363
Estate (Giu - Ago)	4.94	1.71	5.48	13.3	101	223
Autunno (Set - Nov)	5.23	2.47	6.32	16.6	154	337

Anno	5.51	2.39	6.48	18.4	167	1459
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	------------	-------------

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

Tabelle B e C

STAZIONE ANEMOMETRICA : RIFERIMENTO 3 (Cod. RIF3_1Y)

Periodo di elaborazione: 01/01/2021 - 15/01/2022 (numero giorni: 380)

Percentuale dati disponibili = 99.99 % (54712 dati su 54720)

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

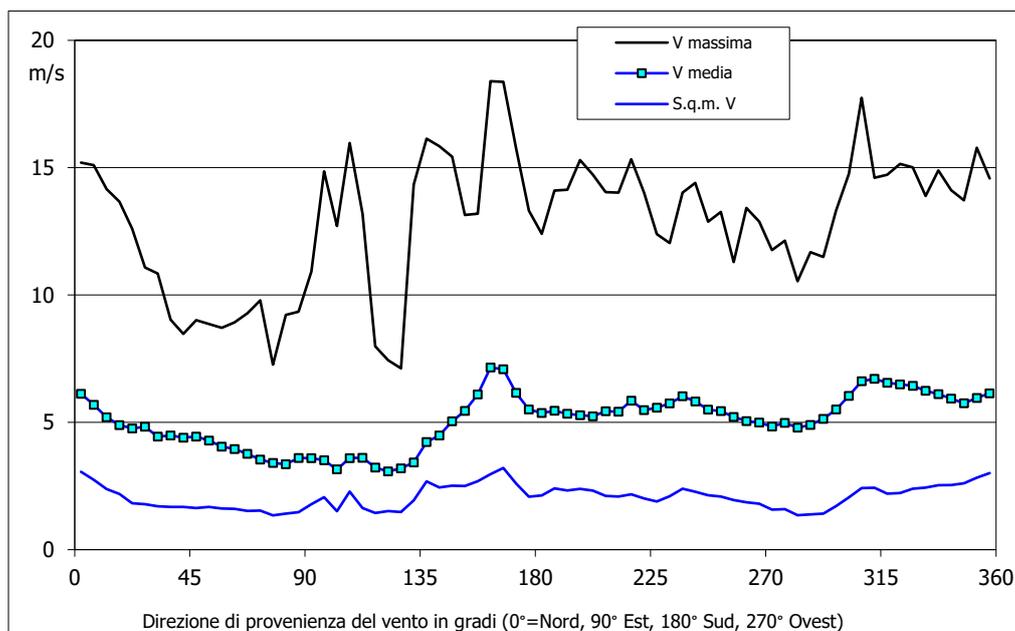
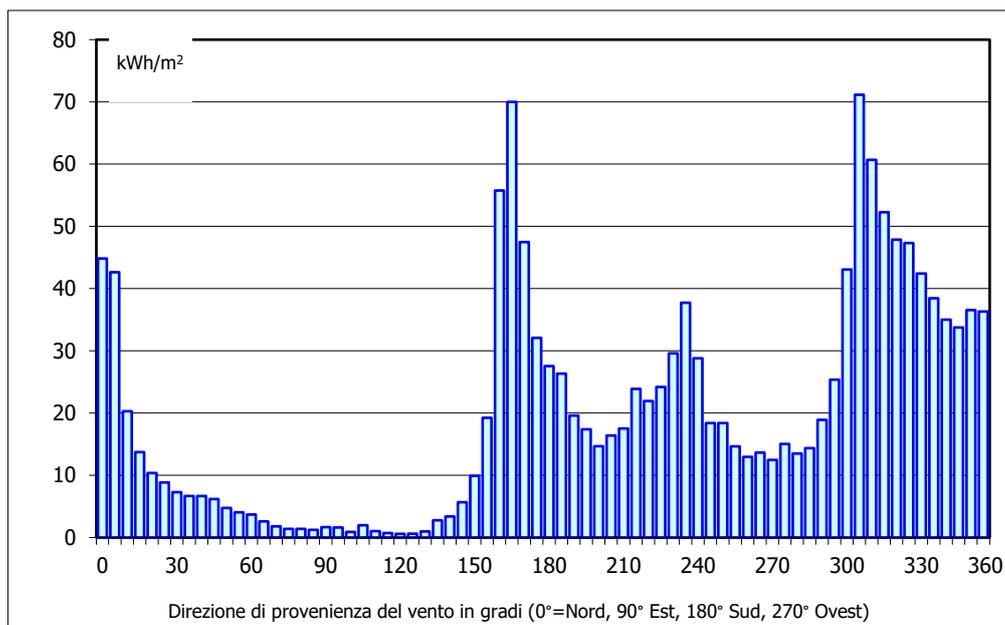


Grafico 4 : ENERGIA SPECIFICA DELLA VENA FLUIDA IN kWh/m² PER SETTORE DI DIREZIONE



Grafici 3 e 4

STAZIONE ANEMOMETRICA : RIFERIMENTO 3 (Cod. RIF3_1Y)
 Periodo di elaborazione: 01/01/2021 - 15/01/2022 (numero giorni: 380)
 Percentuale dati disponibili = 99.99 % (54712 dati su 54720)
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

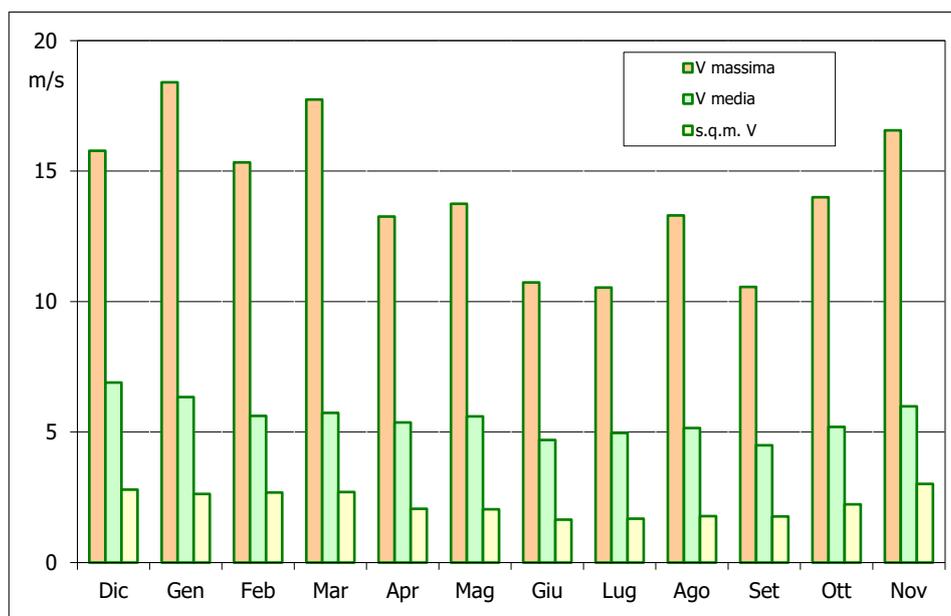
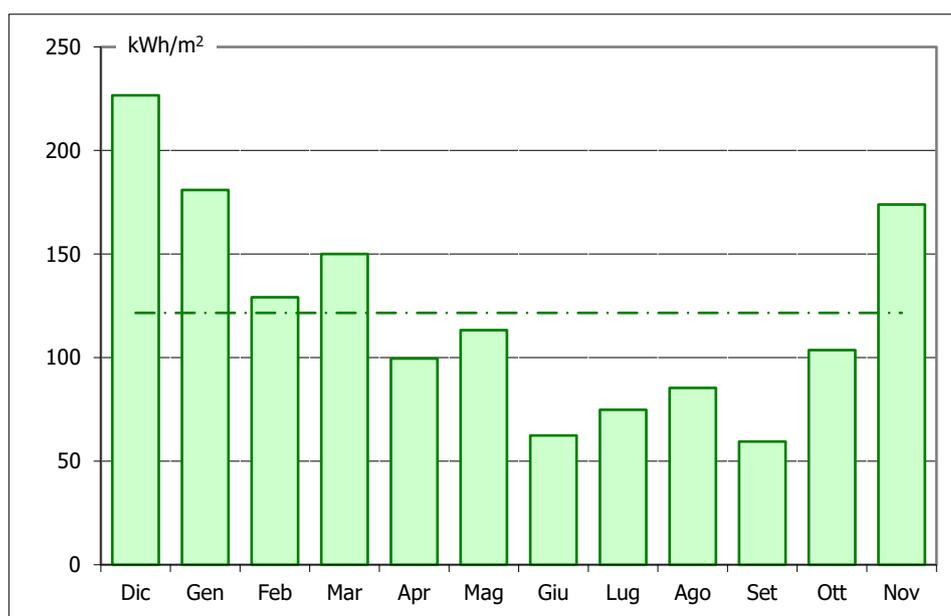


Grafico 6 : ENERGIA SPECIFICA MEDIA MENSILE DELLA VENA FLUIDA IN kWh/m2



Grafici 5 e 6

STAZIONE ANEMOMETRICA : RIFERIMENTO 3 (Cod. RIF3_1Y)

Periodo di elaborazione: 01/01/2021 - 15/01/2022 (numero giorni: 380)

Percentuale dati disponibili = 99.99 % (54712 dati su 54720)

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

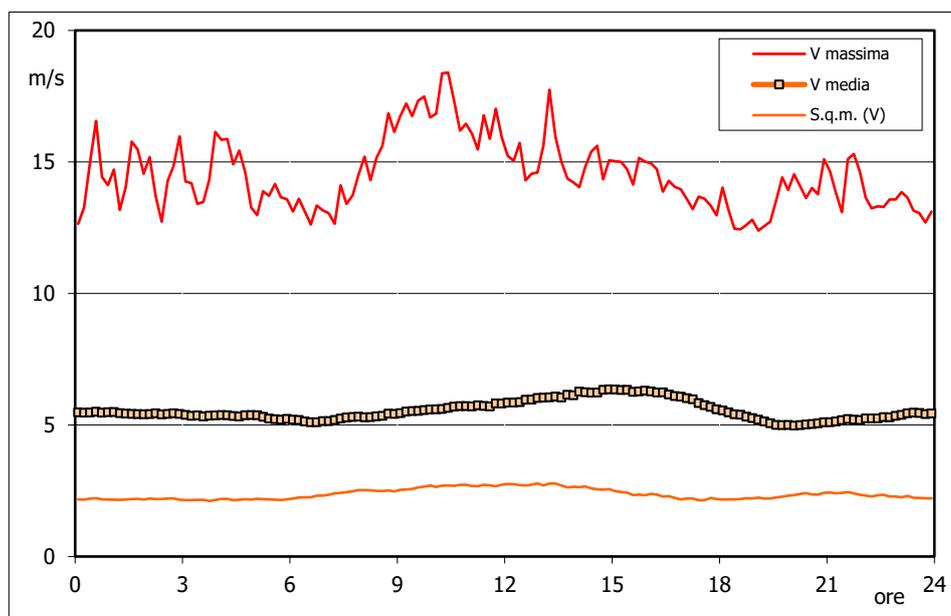
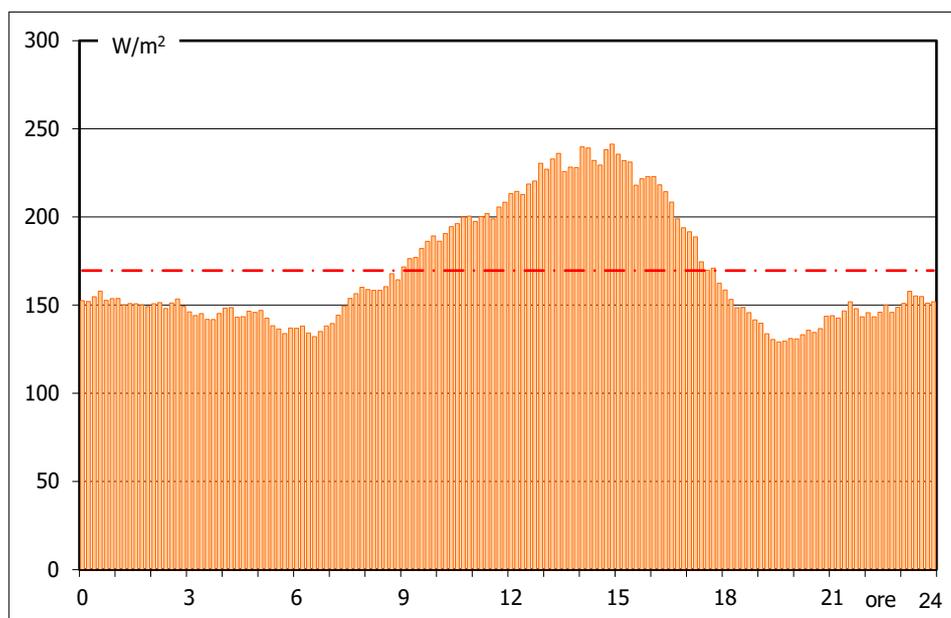


Grafico 8 : POTENZA SPECIFICA MEDIA DELLA VENA FLUIDA IN W/m² NELLE 24 ORE



Grafici 7 e 8

STAZIONE ANEMOMETRICA : RIFERIMENTO 3 (Cod. RIF3_1Y)

Periodo di elaborazione: 01/01/2021 - 15/01/2022 (numero giorni: 380)

Percentuale dati disponibili = 99.99 % (54712 dati su 54720)

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	11.0	6013	15.3	9.8	6.1	34.0
Nord-NordEst	6.5	3524	16.2	11.1	6.2	38.1
Est-NordEst	4.1	2237	16.9	12.7	6.5	45.0
Est	2.0	1090	18.7	14.8	6.1	52.7
Est-SudEst	1.3	726	20.7	17.6	5.4	59.9
Sud-SudEst	5.3	2911	14.4	10.3	6.3	34.7
Sud	12.2	6641	12.3	7.6	6.0	23.5
Sud-SudOvest	8.6	4669	13.0	7.8	5.9	26.7
Ovest-SudOvest	10.6	5799	15.4	8.2	6.8	28.1
Ovest	9.3	5068	15.3	8.9	6.3	31.6
Ovest-NordOvest	15.1	8206	13.6	6.8	7.8	23.0
Nord-NordOvest	13.4	7300	13.2	8.0	5.6	26.9
Nessuna Direzione	0.5	271	12.9	9.7	6.6	40.2
Totale =	99.5	54455	14.4	9.2	6.2	31.1

Classe velocità m/s	%	n	Tmed	sigT	T_5%	T_95%
V < 4	26.3	14335	19.0	14.9	5.9	53.2
4 < V < 8	59.3	32291	12.9	5.4	6.2	22.9
8 < V < 12	12.7	6926	12.3	3.1	8.0	18.1
12 < V < 16	1.6	883	11.5	2.2	8.1	15.6
16 < V < 20	0.0	20	11.1	1.5	9.2	14.0
V > 20	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
Totale* =	73.3	40120	12.7	5.0	6.5	21.9

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

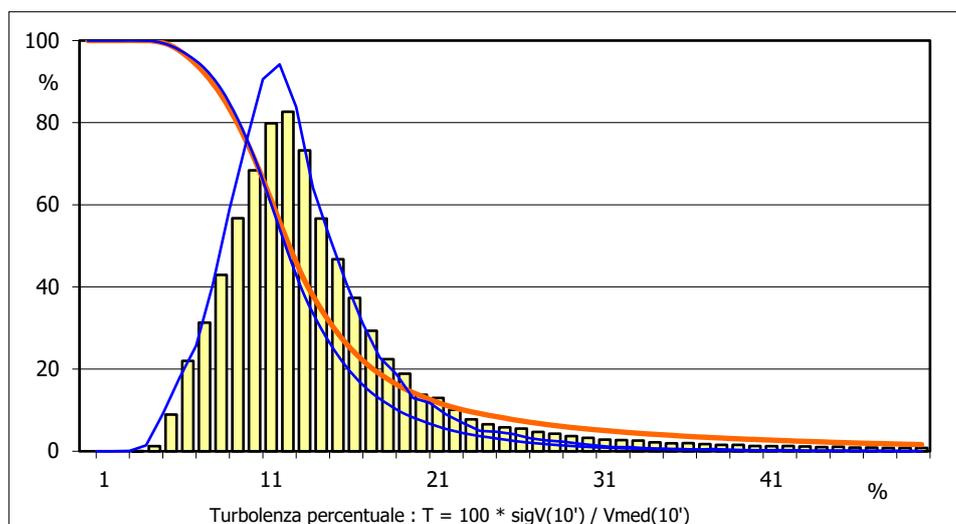


Tabella D e Grafico 9

STAZIONE ANEMOMETRICA : RIFERIMENTO 3 (Cod. RIF3_1Y)

Periodo di elaborazione: 01/01/2021 - 15/01/2022 (numero giorni: 380)

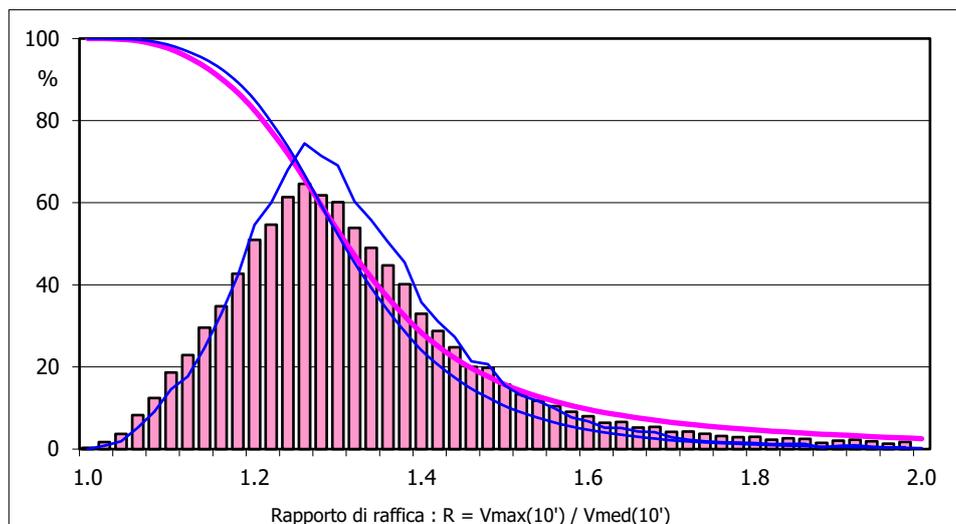
Percentuale dati disponibili = 99.99 % (54712 dati su 54720)

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	11.0	6013	1.39	0.26	1.12	1.84
Nord-NordEst	6.5	3524	1.41	0.30	1.12	1.91
Est-NordEst	4.1	2237	1.43	0.34	1.12	2.04
Est	2.0	1090	1.46	0.39	1.10	2.21
Est-SudEst	1.3	726	1.51	0.49	1.10	2.46
Sud-SudEst	5.3	2911	1.37	0.27	1.14	1.84
Sud	12.2	6641	1.33	0.21	1.12	1.61
Sud-SudOvest	8.6	4669	1.35	0.21	1.11	1.69
Ovest-SudOvest	10.6	5799	1.43	0.23	1.14	1.77
Ovest	9.3	5068	1.42	0.24	1.12	1.79
Ovest-NordOvest	15.1	8206	1.37	0.18	1.17	1.62
Nord-NordOvest	13.4	7300	1.35	0.21	1.11	1.68
Nessuna Direzione	0.5	271	1.31	0.17	1.13	1.51
Totale =	99.5	54455	1.38	0.25	1.12	1.78

Classe velocità m/s	%	n	Rmed	sigR	R_5%	R_95%
V < 4	26.3	14335	1.48	0.40	1.10	2.25
4 < V < 8	59.3	32291	1.35	0.15	1.13	1.61
8 < V < 12	12.7	6926	1.35	0.10	1.19	1.52
12 < V < 16	1.6	883	1.32	0.08	1.19	1.45
16 < V < 20	0.0	20	1.29	0.05	1.20	1.38
V > 20	0.0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Totale* =	73.3	40120	1.35	0.15	1.14	1.59

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

Tabella E e Grafico 10

ALLEGATO A4

CORRELAZIONE TRA LE VELOCITA' MEDIE MENSILI RILEVATE A:

Variabile X: TA di RIFERIMENTO 3
Variabile Y: TA di RIFERIMENTO 1

(codice: RIF3_T) a 15 m dal suolo
(codice: RIF1) a 15 m dal suolo

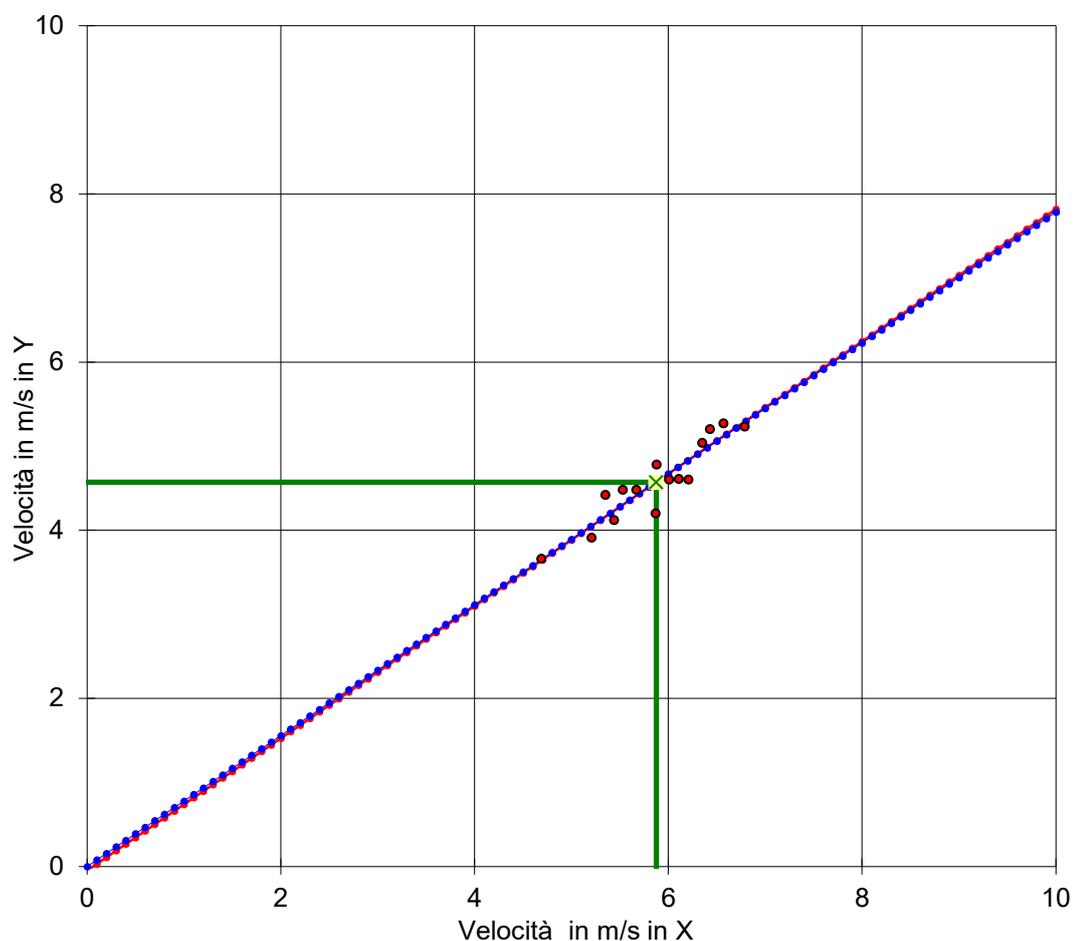
Coefficiente di correlazione = 0.925 (Regressione lineare con 15 punti)

($Y = A * X + B$) : $A = 0.786$; $B = -0.047$

($Y = C * X$) : $C = 0.778$

V media(X) = 5.873 ; V media(Y) = 4.572

($Y_m = R * X_m$) : $R = 0.778$



Valore Storico in (X) = 5.687 m/s

Valore Misurato in (Y) = 4.457 m/s

Valore Storico in Y ($Y=A * X + B$) = 4.426 m/s

ks = 0.993

Valore Storico in Y ($Y=C * X$) = 4.427 m/s

ks = 0.993

Valore Storico in Y ($Y_m = R * X_m$) = 4.427 m/s

ks = 0.993

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

Figura 1

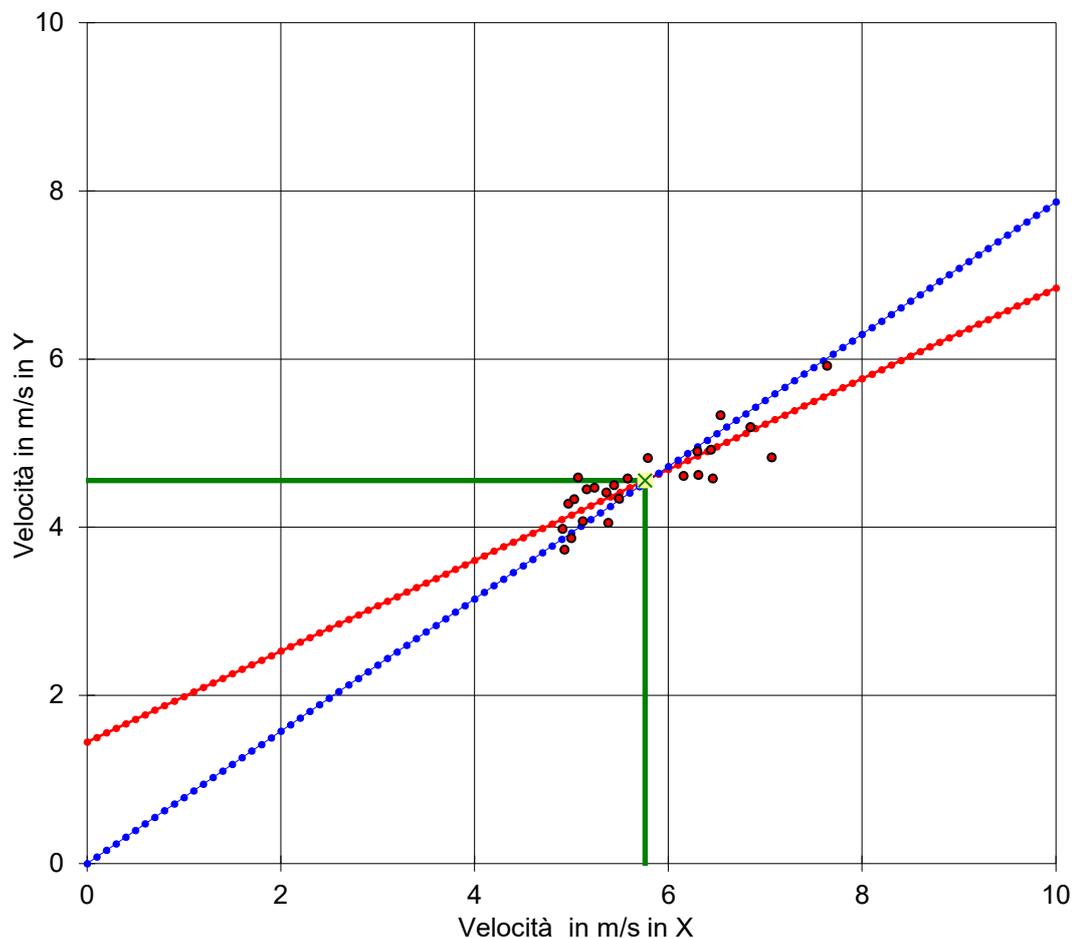
CORRELAZIONE TRA LE VELOCITA' MEDIE MENSILI RILEVATE A:

Variabile X: TA di RIFERIMENTO 3 (codice: RIF3_T) a 15 m dal suolo
Variabile Y: TA di RIFERIMENTO 2 (codice: RIF2) a 30 m dal suolo

Coefficiente di correlazione = 0.864 (Regressione lineare con 24 punti)

(Y = A * X + B) : A = 0.540 ; B = 1.446 (Y = C * X) : C = 0.787

V media(X) = 5.760 ; V media(Y) = 4.558 (Ym = R * Xm) : R = 0.791



Valore Storico in (X) = 5.687 m/s Valore Misurato in (Y) = 4.576 m/s

Valore Storico in Y (Y=A * X + B) = 4.518 m/s ks = 0.987

Valore Storico in Y (Y=C * X) = 4.475 m/s ks = 0.978

Valore Storico in Y (Ym = R * Xm) = 4.500 m/s ks = 0.983

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

Figura 2