

REGIONE
BASILICATA



COMUNE DI
MONTEMILONE



COMUNE DI
VENOSA



Provincia
Potenza



**PROGETTO DEFINITIVO RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN
IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 11 AEROGENERATORI E
DALLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N.
Impianto "GAUDIANO" potenza complessiva 72,6 MW**

Studio Anemologico

ELABORATO

A 5

PROPONENTE:



Nausicaa srl

Via Tadino 52 - 20124 MILANO

PI 11052930960

postmaster@pec.nausicaa-srl.it

NAUSICAA SRL

VIA TADINO 52

20124 MILANO

PI 11052930960

PROGETTO E SIA:



Via della Riforma, 48 - 70125 Bari - tel. 080 3219949 - fax. 080 2020966

Il DIRETTORE TECNICO
Dott. Ing. Orazio Tridarico



CONSULENZA:

Tecnogais srl
S. L.: Via G. Matteotti, 311
25063 GARDONE V.T. (BS)
Tel. 030.2056980 - Fax 030.831100
Partita IVA: 1 3 0 2 9 7 3 0 1 5 0

EM./REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DESCRIZIONE
0	MAR 2021	B.B.	A.A. - O.T.	A.A. - O.T.	Progetto definitivo

Impianto eolico nel Comune di Montemilone (PZ) – Località “Gaudiano”

Studio anemologico e preliminare Valutazione della Produzione Eolica attesa

CLIENTE	REVISIONE				REDAZIONE
	 NAUSICAÄ	N°	MESE	ANNO	LUOGO
00		FEBBRAIO	2021	GARDONE VAL TROMPIA	APPROVAZIONE C. Mazzarella 
ORDINE RIF.	Accettazione Off. TG_036_BS_2021 del 16/02/2021				

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

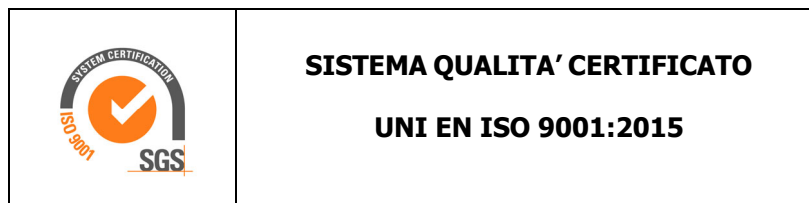
E-mail: info@tecnogaia.it
 E-mail PEC: info@pec.tecnogaia.com

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.**



SOMMARIO

1	PREMESSA	4
2	DATI DI VENTO	5
3	LOCALIZZAZIONE IMPIANTO	6
4	AEROGENERATORE	10
5	ELABORAZIONE DATI DI VENTO	11
6	VALUTAZIONE DELLA VELOCITÀ DI LUNGO PERIODO (STORICIZZAZIONE)	12
7	MODELLO DI CALCOLO	14
8	AREA DI APPLICAZIONE DEL MODELLO	14
9	VERIFICHE SUL MODELLO	15
9.1	Verifica dell'approssimazione della curva di Weibull.....	15
9.2	Verifica del gradiente al suolo della velocità del vento	18
9.3	Analisi di micrositing	19
10	PRODUCIBILITÀ LORDA DELL'IMPIANTO	22
11	PRODUZIONE ATTESA AL NETTO DELLE PERDITE D'IMPIANTO	23
12	VERIFICA REQUISITI MINIMI PIEAR (1.2.1.3).....	25
13	CONCLUSIONI	26

✓ ***Allegato 1: Tavola***

✓ ***Allegato A: Risultati dell'indagine anemometrica e valutazione della ventosità di lungo periodo***

1 PREMESSA

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

Oggetto del presente studio, realizzato da TecnoGaia per conto di **Nausicaa S.r.l.**, è la caratterizzazione anemologica di un sito e la conseguente valutazione di producibilità (o della produzione attesa) di un impianto eolico in Località "Gaudiano" del territorio comunale di Montemilone, nella Provincia di Potenza, Regione Basilicata. Detta stima è stata svolta sulla base dei dati anemometrici di una stazione di misura, nel proseguo denominata Riferimento 1 (RIF1), suffragata da confronti e verifiche con dati di una stazione storica più prossima all'area di interesse, Riferimento 2 (RIF2), ricadente in Venosa, a conferma che tale serie di dati è compatibile con quella della zona di appartenenza, appartenente allo stesso regime di venti e ben rappresentativa del sito in oggetto.

In sintesi, l'attività svolta può essere suddivisa nei seguenti processi unitari:

1. Analisi, validazione ed elaborazione dei dati anemometrici disponibili (RIF1 e RIF2)
2. Valutazione della ventosità di lungo periodo (RIF2)
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 di lungo periodo attesa dall'impianto lorda ed al netto delle perdite stimate ($P_{50\%}$)
6. Verifica del rispetto dei requisiti minimi anemologici e di producibilità, richiesti dalla normativa regionale

La presente relazione è completata dall'**Allegato A**, riguardante l'analisi dei dati raccolti con la stazione RIF1 utilizzata per le valutazioni e che soddisfa i requisiti temporali richiesti dalla normativa regionale.

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, coordinato da figure certificate dal Risoe National Laboratory di Danimarca, produttore del modello stesso.

2 DATI DI VENTO

Per le valutazioni di producibilità nel seguito descritte sono stati utilizzati i dati di una stazione anemometrica tutt'oggi attiva, denominata Riferimento 1 mentre, per verifica, è stata impiegata anche un'altra serie più prossima all'area del sito d'interesse e ricadente nel comune di Venosa, con dati, per un periodo, contemporanei a RIF1, nella disponibilità di TecnoGaia per verifiche interne. Alla serie di dati aggiuntiva, come detto, è stato attribuito il codice RIF2, la descrizione Riferimento 2 e le tabelle di seguito riassumono il monitoraggio anemometrico della stessa:

Nome Stazione	Codice Stazione	Periodo di rilevazione		N° mesi
		Inizio	Fine	
Riferimento 2	RIF2	Aprile 1999	Gennaio 2004	56.8

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
RIF2	15	87.4	5.22	205	5.84	1.73

Si segnala che, al fine di ulteriore verifica della coerenza delle serie di dati impiegate, è stato svolto un ulteriore confronto tra la stazione Riferimento 1 ed altre stazioni d'area prossime a Riferimento 2, con buoni risultati, a suffragare la bontà della rappresentatività della risorsa da parte delle stazioni anemometriche scelte per il sito d'interesse.

I processi di analisi dei dati anemometrici disponibili di Riferimento 1, di validazione e di loro successiva elaborazione, per il periodo di circa un anno preso a riferimento, 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 a circa 20 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 alla seconda stazione presa in considerazione, essa è stata sottoposta al processo di storicizzazione. Al termine sono state prese le opportune decisioni per determinarne i valori medi annui storici, come dettagliato al Capitolo 6.

Le due tabelle di seguito, riportando alcuni dati sulla stazione anemometrica RIF1 e sull’elaborazione dei dati raccolti, riassumono il contenuto del monitoraggio anemometrico della stessa:

Nome Stazione	Codice Stazione	H Torre s.l.s.	Coordinate Geografiche WGS84		Altitudine
			Latitudine	Longitudine	m s.l.m.
Riferimento 1	RIF1	15	40° 42’ N	15° 28’ E	870

Nome Stazione	Codice Stazione	Periodo di rilevazione		N° mesi
		Data inizio	Data fine	
Riferimento 1	RIF1	05/07/2019	29/07/2020	12.8

3 LOCALIZZAZIONE IMPIANTO

Il sito in oggetto si trova nel Comune di Montemilone, in Provincia di Potenza, nella parte Nord/Est della Regione Basilicata.

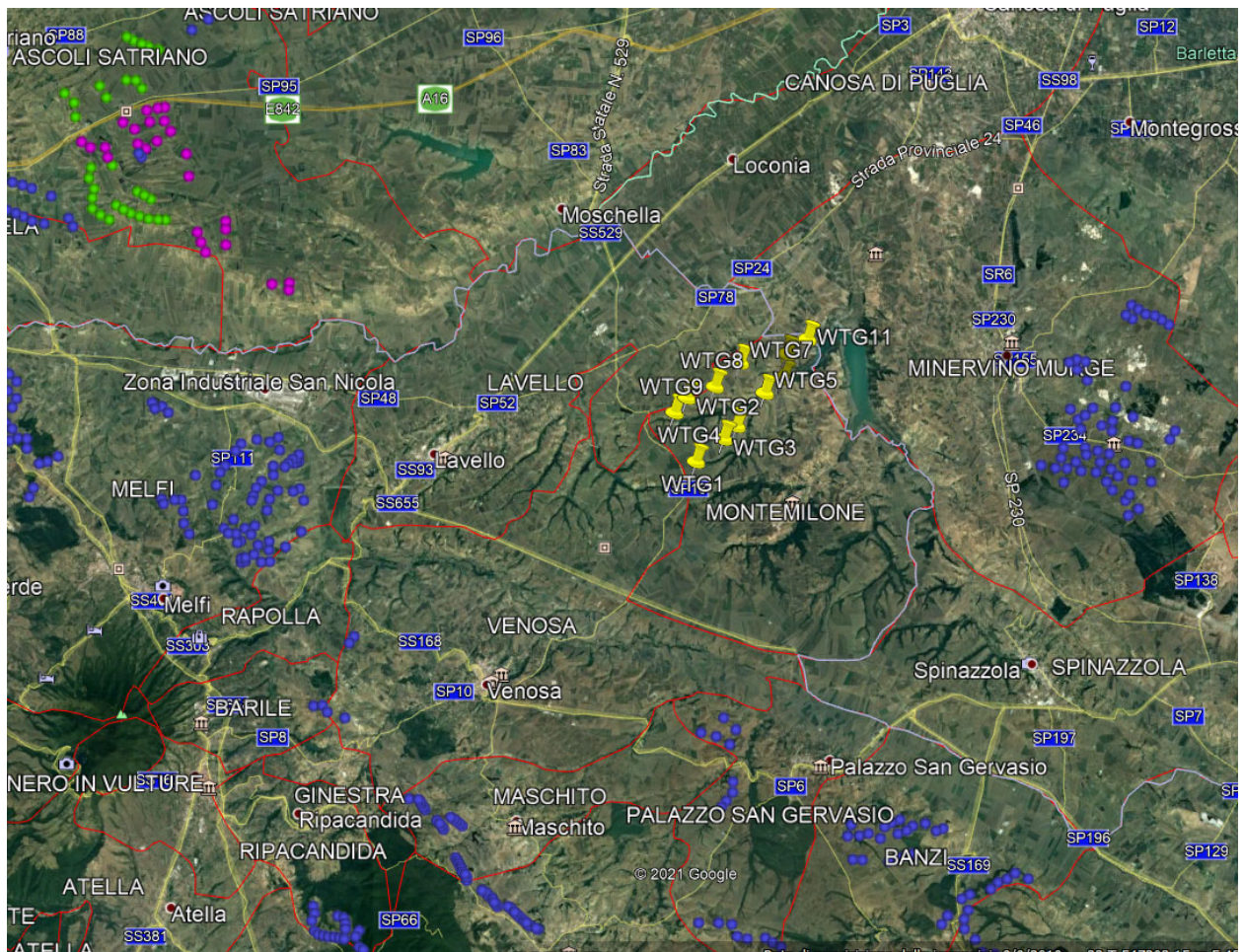
L’area geografica che lo ospita, nel suo contesto più ampio, è caratterizzata da un’orografia moderatamente complessa. Nel particolare, il sito destinato ad ospitare l’impianto si colloca in un’ampia area collinare, la cui altitudine tende a diminuire dolcemente spostandosi verso Nord/Est, senza alcun rilievo e/o altro ostacolo influente posto in prossimità dello stesso che possa occludere il fluire del vento per alcuni chilometri. La ventosità predominante sia di frequenza che energetica, risulta proveniente dai settori Ovest/Sud-Ovest.

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

- Altitudine media: **300 m slm**
- Orografia del sito: **moderatamente complessa**
- Orografia circostante il sito: **moderatamente complessa**
- Utilizzo del terreno: **pascolo / seminativo**

Per il sito in oggetto sono state ipotizzate undici postazioni per aerogeneratori di grande taglia in punti aventi una buona esposizione; per esse non si riscontrano infatti ostacoli al flusso del vento.

Nell'intorno dell'area di installazione degli aerogeneratori, come raffigurato dall'immagine sottostante, si rileva la presenza di diversi impianti eolici in esercizio da alcuni anni (pallini colorati in blu, verde e magenta), a rimarcare la buona vocazione eolica dell'area più estesa circostante e già ritenuta idonea per tale sfruttamento. Gli stessi sono però a distanze tali da non comportare alcuna interferenza all'impianto in 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

Nella tabella sottostante viene fornito il layout dell’impianto in Località “Gaudiano”, sulla base delle indicazioni di progetto ricevute dal Committente, con le coordinate riportate, rispettivamente, nei sistemi UTM WGS84, UTM ED50 e GAUSS-BOAGA.

Turbina	Comune	Quota (m slm)	COORDINATE UTM WGS84		COORDINATE UTM ED50		COORDINATE GAUSS-BOAGA		FUSO
			Long. E	Lat. N	Long. E	Lat. N	Long. E	Lat. N	
WTG1	Montemilone	340	577,191	4,543,571	577,259	4,543,762	2,597,199	4,543,576	33
WTG2		315	576,776	4,546,260	576,844	4,546,451	2,596,784	4,546,265	
WTG3		321	578,353	4,544,544	578,421	4,544,735	2,598,361	4,544,549	
WTG4		314	578,897	4,545,090	578,965	4,545,281	2,598,905	4,545,095	
WTG5		277	580,078	4,546,499	580,146	4,546,690	2,600,086	4,546,504	
WTG6		217	580,836	4,547,148	580,904	4,547,339	2,600,844	4,547,153	
WTG7		283	579,021	4,547,768	579,089	4,547,959	2,599,029	4,547,773	
WTG8		305	577,960	4,546,741	578,028	4,546,932	2,597,968	4,546,746	
WTG9		318	576,260	4,545,630	576,328	4,545,821	2,596,268	4,545,635	
WTG10		252	580,999	4,548,161	581,067	4,548,352	2,601,007	4,548,166	
WTG11		236	581,869	4,548,799	581,937	4,548,990	2,601,877	4,548,804	

Nella **Tavola dell’Allegato 1** viene riportata l’ubicazione di detto sito su stralcio di cartografia stradale in scala 1:200.000 e, con maggior dettaglio, su stralcio di cartografia in scala 1:25.000, derivata da cartografia IGMI 1:50.000.

Nella tabella sottostante sono invece riportate le inter-distanze tra gli aerogeneratori d’impianto in metri (in alto a destra) e in diametri di un rotore da 155 m (in basso a sinistra). Come si può notare dalla tabella, tutte le posizioni hanno una inter-distanza di almeno 5 diametri di rotore tra loro, in ottemperanza allo specifico requisito normativo.

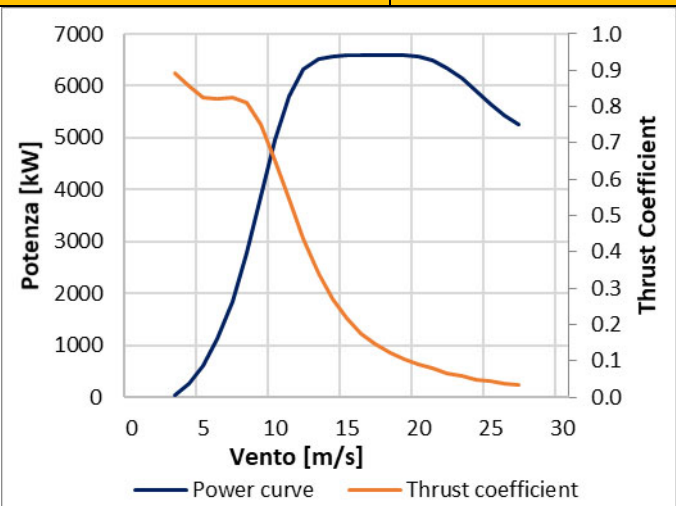
Inter-D	WTG1	WTG2	WTG3	WTG4	WTG5	WTG6	WTG7	WTG8	WTG9	WTG10	WTG11
WTG1		2721	1516	2284	4112	5107	4579	3262	2260	5964	7015
WTG2	17.6		2331	2422	3311	4156	2704	1278	814	4631	5691
WTG3	9.8	15.0		771	2607	3598	3292	2232	2358	4482	5520
WTG4	14.7	15.6	5.0		1838	2828	2681	1898	2692	3721	4753
WTG5	26.5	21.4	16.8	11.9		998	1652	2132	3916	1900	2915
WTG6	32.9	26.8	23.2	18.2	6.4		1918	2905	4821	1026	1948
WTG7	29.5	17.4	21.2	17.3	10.7	12.4		1477	3492	2017	3029
WTG8	21.0	8.2	14.4	12.2	13.8	18.7	9.5		2031	3354	4418
WTG9	14.6	5.3	15.2	17.4	25.3	31.1	22.5	13.1		5373	6442
WTG10	38.5	29.9	28.9	24.0	12.3	6.6	13.0	21.6	34.7		1079
WTG11	45.3	36.7	35.6	30.7	18.8	12.6	19.5	28.5	41.6	7.0	

4 AEROGENERATORE

Per la valutazione di producibilità è stato indicato l’aerogeneratore Siemens Gamesa SG 6.0-155. La curva di potenza utilizzata è quella calcolata alla densità dell’aria di 1.225 kg/m³, corrispondente alla quota del mare (0 m s.l.m.). Di seguito, sono rappresentate nel loro sviluppo sia la curva di potenza (P) che la rispettiva curva di spinta (Ct), utile per la determinazione delle perdite per effetto scia.

Costruttore	Modello	MOD	Potenza [MW]	Diametro Rotore [m]	H mozzo [m]	Classe IEC
Siemens Gamesa	SG 6.0-155	AM 0	6.6 MW	155	122.5	IIA

Turbina		SG 6.0-155		Diametro		155 m	
Altezza di mozzo		122.5 m		Classe IEC		IIA	
Vento (m/s)	Potenza (kW)	Thrust Coefficient					
0	-	-					
1	-	-					
2	-	-					
3	47	0.894					
4	252	0.856					
5	613	0.825					
6	1128	0.821					
7	1840	0.825					
8	2775	0.812					
9	3868	0.750					
10	4948	0.653					
11	5812	0.545					
12	6309	0.436					
13	6513	0.342					
14	6578	0.269					
15	6595	0.216					
16	6599	0.176					
17	6600	0.147					
18	6599	0.123					
19	6592	0.105					
20	6562	0.090					
21	6486	0.078					
22	6342	0.067					
23	6137	0.058					
24	5894	0.049					
25	5652	0.043					
26	5434	0.037					
27	5262	0.033					



5 ELABORAZIONE DATI DI VENTO

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

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
RIF1	15	12.8	99.8	5.08	277	5.46	1.29

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 con RIF2

La misura a 15 m dal suolo presenta una disponibilità dati superiore al 95% per un periodo di misura di circa 13 mesi, in accordo alle normative regionali. I dati non possono essere considerati 'storici' e di conseguenza si è deciso di utilizzare l'intera serie di dati per le valutazioni successive. Di seguito si riportano le tabelle complete delle statistiche principali.

Nome Stazione	Codice Stazione	Periodo di rilevazione		N° mesi
		Inizio	Fine	
Riferimento 1	RIF1_T	Dicembre 2000	*** attiva ***	236

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
RIF1_T	15	89.8	5.29	315	5.36	1.16

6 VALUTAZIONE DELLA VELOCITÀ DI LUNGO PERIODO (STORICIZZAZIONE)

Come detto, la stazione RIF2 è stata sottoposta ad un processo di storicizzazione. La valutazione della velocità media del vento attesa nel lungo periodo è infatti un punto importante per la caratterizzazione della risorsa eolica con un accettabile grado di incertezza e diventa essenziale quando la disponibilità dei dati è limitata a periodi di tempo contenuti.

La stima della ventosità di lungo periodo (o storicizzazione) può essere effettuata utilizzando i dati di ventosità rilevati per diversi anni da una o più 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 ed a distanze tali 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 caso specifico, si dispone della serie di dati contemporanei appartenente alla stazione anemometrica di Riferimento 1.

Codice	Denominazione	Alt. (s.l.m.)	H	Periodo di misura	
		(m)	(m)	Inizio	Fine
RIF1_T	Riferimento 1	15	870	Dicembre 2000	*** attiva ***

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

1. Confronto degli andamenti dei dati contemporanei di velocità media mensile della stazione di “Riferimento 2” e della stazione storica di “Riferimento 1”
2. Correlazioni tra i dati contemporanei di velocità media mensile della serie di dati RIF2 con quelli della stazione storica RIF1_T
3. Storicizzazione dei dati della serie RIF2 con l’utilizzo dei parametri caratteristici della correlazione con RIF1_T

Il confronto degli andamenti dei dati contemporanei tra le due stazioni ha dato esito positivo; l’entità del coefficiente di correlazione, abbinato alla consistenza del numero di valori correlati, esprime la bontà/validità del procedimento e consente di stabilire se accettabile o meno la correlazione svolta.

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

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

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

E per analogia che:

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

Nel caso specifico, utilizzando i parametri a e b che appartengono alla retta di regressione delle correlazioni sopra descritte, che minimizza lo scarto quadratico dei residui, si ottiene:

Stazione di “Riferimento 1” (Cod. RIF1_T) a 15 m dal suolo - Variabile X									
Stazione Anemometrica Variabile Y	Tipo di correlazione	n° punti correlazione	Coeff. di correlazione R_o	Parametro A	Parametro B	Misura di LP di X	Stima di LP in Y	Velocità in sito Y	Ks
“Riferimento 2” a 15 m sls Cod. RIF2	Mensile (> 70%)	27 (*)	0.930	0.564	2.213	5.286	5.197	5.222	0.995

(*) Dalla correlazione risultante è stato tolto un punto, in quanto molto esterno alla retta di regressione e dunque non considerato rappresentativo

Dove:

- **ro** = Coefficiente di correlazione
- **a, b** = parametri della retta di regressione
- **Misura LP in X** = Velocità media del vento di lungo periodo della stazione storica
- **Stima LP in Y** = Stima della velocità media del vento di lungo periodo nelle stazioni di Riferimento 2
- **Velocità in sito Y** = Velocità media misurata nelle stazioni di Riferimento 2
- **k storicizzazione** = Coefficiente di storicizzazione (rapporto tra la stima di velocità di lungo periodo e quella misurata)

Come si può vedere, il coefficiente è ottimo e la correlazione indica che la ventosità misurata da Riferimento 2 è praticamente in linea con quella attesa sul lungo periodo, con uno scostamento percentuale molto contenuto (-0.5%). In virtù di quanto emerso, si ritiene di non apportare alcun correttivo e dunque considerare il valore misurato durante la campagna anemometrica valido anche per il lungo termine. Pertanto, la velocità media annua stabile nel tempo di **“Riferimento 2” a 15 m dal suolo**, da utilizzare nelle successive elaborazioni, è pari a **5.22 m/s**. Al codice della stazione verrà aggiunto il suffisso “_S” ad indicare l’avvenuto processo descritto.

Le figure delle correlazioni descritte sono parte integrante dell’**Allegato A**.

7 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.

8 AREA DI APPLICAZIONE DEL MODELLO

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

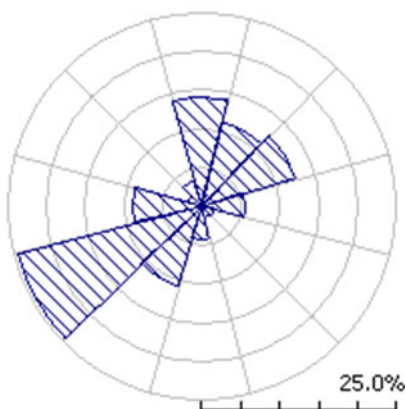
In questo caso si è utilizzata una mappa di circa 3450 km², precisamente un rettangolo di 59x58 km, con curve di livello derivate sia da database NASA-DEM con passo di quota di 25 metri, sia da database Tinitaly (modello digitale senza soluzione di continuità [DEM] dell'intero territorio italiano) con passo di quota di 10 metri, verificate con la cartografia IGM nei dintorni del sito e delle stazioni utilizzate per la valutazione. Per la medesima area si è utilizzata la rugosità del terreno derivata dal database Corine Land 2018.

9 VERIFICHE SUL MODELLO

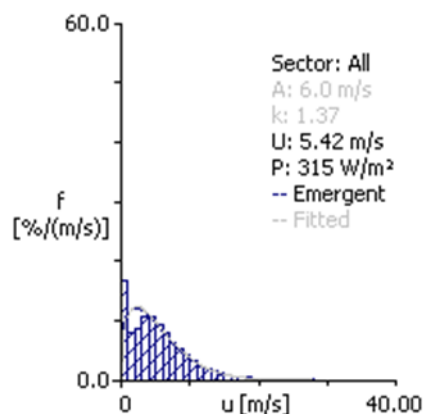
Dovendo agire all'interno di un modello virtuale e volendo disporre di risultati analizzabili criticamente, prima di intraprendere qualunque attività di calcolo occorre verificare che i dati offerti al modello abbiano prodotto un ambiente virtuale congruo con la realtà del sito, entro cui poi calare ogni simulazione.

9.1 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.



RIF1_T – Distribuzione della velocità del vento



RIF1_T – Rosa dei venti

Per la stazione, la distribuzione di Weibull dedotta dal modello di calcolo dai dati di input è riportata nella tabella seguente, dove:

- (A) velocità caratteristica V_c (m/s) della distribuzione di Weibull calcolata dal modello WAsP nel settore
- (k) fattore di forma k di tale distribuzione di Weibull
- (U) valore medio della velocità del vento in m/s per ciascun settore di direzione
- (P) potenza specifica in W/m^2 della vena fluida nel settore di direzione
- (f) frequenza percentuale di occorrenze nel settore (per mille and per cent)

Site description: RIFERIMENTO 1

-	Unit	Measured	Emergent	Discrepancy
Mean wind speed	m/s	5.29	5.42	+2.46%
Mean power density	W/m ²	315	315	-

-	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
A	6.7	5.5	3.3	2.5	1.4	1.5	3.8	4.9	9.2	8.4	2.4	4.6
k	1.89	1.62	1.23	1.13	0.79	0.93	1.79	1.64	1.80	1.73	1.12	1.50
U	5.98	4.89	3.08	2.44	1.55	1.51	3.35	4.38	8.20	7.47	2.30	4.17
P	264	175	69	40	27	16	50	123	722	575	34	121
f	14.1	11.1	12.6	5.6	1.6	1.4	4.2	10.7	24.3	9.0	2.0	3.5

U	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	All
1.0	80	168	298	378	563	537	224	114	51	104	424	255	166
2.0	35	82	144	171	196	211	123	81	31	46	147	90	79
3.0	54	90	148	144	91	110	143	124	43	52	135	89	87
4.0	103	118	127	117	56	56	174	183	61	67	105	117	106
5.0	141	123	90	72	35	36	161	181	71	74	75	125	106
6.0	141	105	62	46	25	21	98	134	86	85	45	104	94
7.0	121	86	46	32	18	12	40	72	98	91	32	72	79
8.0	94	66	32	17	7	9	16	36	98	89	17	48	64
9.0	68	51	22	10	3	3	8	22	88	79	10	34	51
10.0	50	37	12	6	2	2	4	15	76	69	5	23	41
11.0	35	26	7	3	1	1	3	10	63	57	3	15	31
12.0	26	18	4	1	0	0	2	7	50	44	1	11	24
13.0	18	12	3	1	0	0	1	5	40	34	1	7	18
14.0	12	7	2	1	0	0	1	4	32	27	0	5	14
15.0	8	5	1	0	0	0	0	3	24	20	0	3	10
16.0	5	2	1	0	0	0	0	2	21	16	0	1	8
17.0	3	2	0	0	0	0	0	1	15	11	0	1	6
18.0	2	1	0	0	0	0	0	1	12	9	0	0	4
19.0	1	0	0	0	0	0	0	1	10	8	0	0	4
20.0	1	0	0	0	0	0	0	0	8	5	0	0	3
21.0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	4	0	0	2
22.0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	0	0	1
23.0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	1
24.0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	1
25.0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	1
26.0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
27.0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
28.0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
29.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

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

In alto, nella prima parte della tabella precedente, vengono messi a confronto i parametri sperimentali (Measured) con la distribuzione di ventosità (Emergent) dedotta dal modello di calcolo.

Di seguito i parametri sperimentali 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).

Codice stazione	-	Unit	Measured	Self Prediction	Discrepancy
RIF1_T	Mean wind speed	m/s	5.29	5.44	+2.84%
	Mean power density	W/m ²	315	316	+0.32%

Le discrepanze riscontrate in questa verifica denotano la tendenza del modello a sovrastimare in modo sensibile nel punto spaziale dell’anemometro i parametri di ventosità, mentre quelli relativi all’energia, ovvero quelli che influiscono maggiormente sulla stima di produzione, sono praticamente della stessa entità. Le differenze riscontrate nel primo caso potrebbero essere dovute ad una diversa interpretazione dei parametri di weibull da parte del modello di calcolo rispetto a quelli sperimentali.

Pur con i limiti emersi, si può comunque ritenere soddisfacente la verifica per RIF1_T.

È stata altresì svolta la medesima verifica per l’altra serie di dati: RIF2_S.

Codice stazione	-	Unit	Measured	Emergent	Discrepancy
RIF2_S	Mean wind speed	m/s	5.22	5.23	+0.19%
	Mean power density	W/m ²	205	206	+0.49%

Codice stazione	-	Unit	Measured	Self Prediction	Discrepancy
RIF2_S	Mean wind speed	m/s	5.22	5.27	+0.96%
	Mean power density	W/m ²	205	208	+1.46%

Per Riferimento 2 le discrepanze emerse sono contenute nella prima verifica e di media entità nella seconda, evidenziando la tendenza del modello a sovrastimare sia i parametri di ventosità che quelli legati all’energia.

Il modello di calcolo interpreta con diversi livelli di sensibilità i vari punti del territorio, in particolare quando ha un’orografia complessa, fattore di cui si dovrà tenere conto in un’eventuale futura analisi delle incertezze dei processi svolti.

9.2 Verifica del gradiente al suolo della velocità del vento

Il gradiente al suolo della velocità del vento (alfa) è il parametro che consente di estrapolare la velocità del vento alle varie altezze dal suolo. La verifica consiste nel determinare l’entità delle approssimazioni che il modello introduce nella stima di tale parametro rispetto a quello sperimentale registrato sulla verticale della stazione.

Nel caso specifico, non disponendo di un valore di gradiente misurato per la stazione Riferimento 1, il confronto deve necessariamente essere svolto tra i valori di alfa stimati da WASP e quelli normalmente attesi in relazione alla morfologia del sito che circonda la stazione anemometrica. Nel caso specifico, è lecito attendersi un gradiente al suolo di bassa entità, con valori inferiori allo 0.10.

La verifica viene effettuata sull’altezza di mozzo di 122.5 m.

Codice stazione	Dati misurati dall’anemometro alla sua altezza dal suolo				Dati stimati da WASP all’altezza di misura e del mozzo della macchina					Scarto sulla velocità media del vento %
	Altezza	Velocità media	Gradiente al suolo atteso	Velocità al mozzo	Altezza Misura	Vmed	Altezza mozzo	Velocità media	Gradiente al suolo	
	(m)	(m/s)	alfa	(m/s)	(m)	(m/s)	(m)	(m/s)	alfa	
RIF1_T	15	5.29	0.08	6.25	15	5.44	122.5	6.23	0.07	-0.3

Il gradiente al suolo stimato dal modello di calcolo è abbastanza in linea con quello atteso, determinando uno scostamento sulla ventosità minimo. Alla luce di questa verifica, in virtù di una sostanziale uniformità tra i valori di gradiente atteso e stimato, si ritiene corretto estrapolare la serie di dati misurata da RIF1_T alla maggiore altezza del mozzo, utilizzando il valore di gradiente atteso.

Anche per Riferimento 2 non si dispone di un gradiente misurato ed è lecito attendersi un valore di alfa compreso tra 0.10 e 0.15. Con approccio cautelativo si ipotizza un gradiente atteso “intermedio” tra i due valori indicati.

Codice stazione	Dati misurati dall’anemometro alla sua altezza dal suolo				Dati stimati da WASP all’altezza di misura e del mozzo della macchina					Scarto sulla velocità media del vento %
	Altezza	Velocità media	Gradiente al suolo atteso	Velocità al mozzo	Altezza Misura	Vmed	Altezza mozzo	Velocità media	Gradiente al suolo	
	(m)	(m/s)	alfa	(m/s)	(m)	(m/s)	(m)	(m/s)	alfa	
RIF2_S	15	5.22	0.12	6.72	15	5.27	122.5	7.17	0.15	+6.8

Il gradiente al suolo stimato dal modello di calcolo, abbastanza in linea con quanto ipotizzato, è più elevato di quello atteso, determinando uno scostamento sulla ventosità di alcuni punti percentuali. Alla luce di questa verifica, adottando come già detto un approccio cautelativo, si ritiene preferibile estrapolare la serie di dati misurata da RIF2, successivamente storicizzata, alla maggiore altezza del mozzo, utilizzando il valore di gradiente atteso.

9.3 Analisi di micrositing

Quando per valutare 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.

Nel caso specifico si dispongono due serie di dati, una già storica e l'altra opportunamente storicizzata, appartenenti ad altrettante stazioni di riferimento. Nello specifico, per esse verrà utilizzato l'unico sensore disponibile, posto a 15 m dal livello del suolo.

A seguito di una prima verifica, nella quale sono state rapportate le velocità medie del vento misurate a quelle stimate da WASP all'interno del modello virtuale nello stesso punto degli anemometri, considerate le risultanze non soddisfacenti nel confronto tra la stazione utilizzata volta per volta per calcolare il campo di vento "atlas" ed i dati relativi alle rispettive stazioni ed altezze dal suolo, si è provveduto ad eseguire una seconda elaborazione.

Si evidenzia che solitamente gli errori sono contenuti quando il modello stima la velocità del vento sulla stazione stessa che l'ha generato, mentre sono normalmente più elevati quando la stessa valuta la ventosità dell'altra stazione in esame, in proporzione alla distanza e all'orografia del territorio intercorrente.

Nella seconda elaborazione, facendo riferimento ai risultati emersi dalle verifiche sul gradiente al suolo della velocità del vento e alle scelte successivamente intraprese, verranno utilizzate le serie di dati delle due stazioni previa loro estrapolazione all'altezza di 122.5 m utilizzando, come già indicato, i valori di gradiente atteso.

Infatti, non disponendo di misure all'altezza del mozzo è possibile con buona precisione definire l'intensità del vento per estrapolazione dei dati raccolti ad una determinata altezza con l'ausilio del parametro di gradiente al suolo (α).

Tale grandezza è determinabile qualora siano disponibili due misure di velocità (V_2 e V_1) a due differenti altezze (h_2 e h_1) o, in alternativa, utilizzando un valore di gradiente atteso, come nel caso specifico.

La relazione che permette di stimare la velocità del vento alla seconda altezza dal suolo è riportata nella seguente formula:

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

dove *alfa* è il gradiente della velocità del vento al suolo, V_1 è la velocità del vento rilevata all'altezza dal suolo h_1 mentre h_2 è l'altezza alla quale calcolare il vento V_2 .

Il risultato finale di tale processo è qui riassunto:

Stazione anemometrica	Altezza estrapolata	Gradiente al suolo di estrapolazione	Velocità media	Potenza Specif.	Parametri di distribuzione Weibull	
Codice	m		m/s	W/m ²	Vc (m/s)	k
RIF1_H122.5	122.5	0.08	6.25	518	6.40	1.18
RIF2_H122.5	122.5	0.12	6.72	437	7.51	1.70

I risultati invece della verifica di micrositing all'altezza di mozzo sono i seguenti:

Codice stazione	Altezza dal suolo	Velocità media estrapolata	Velocità media stimata da WAsP	
	(m)	Vm (m/s)	Vm (m/s)	err. (%)
RIF1_H122.5	122.5	6.25	6.40	+2.40
RIF2_H122.5	122.5	6.72	6.38	-5.06

Codice stazione	Altezza dal suolo	Velocità media estrapolata	Velocità media stimata da WAsP	
	(m)	Vm (m/s)	Vm (m/s)	err. (%)
RIF1_H122.5	122.5	6.25	6.76	+8.16
RIF2_H122.5	122.5	6.72	6.79	+1.04

In questa nuova simulazione gli errori commessi diminuiscono sensibilmente e possono essere ritenuti più che accettabili in considerazione delle distanze (tra le stazioni) e della complessità territoriale (orografia). Essi hanno infatti entità inferiori ai precedenti, ovvero relative alla verifica con le serie misurate. Ciò è da vedere positivamente, in quanto, nel caso specifico, l'extrapolazione al mozzo non provoca l'incremento degli errori commessi nelle stime, come talvolta accade. Inoltre, le discrepanze emerse hanno segni opposti e, potrebbero, nel limite del possibile, andare a compensare eventuali

sottostime con le corrispondenti eventuali sovrastime. Questo aspetto va in qualche misura a confermare le valutazioni intraprese nella scelta del gradiente da utilizzare per l’extrapolazione stessa.

Considerando quanto sopra, risulterà quindi opportuno impiegare tutte e due le stazioni per stimare la ventosità al mozzo delle turbine, e quindi la loro produzione attesa, utilizzando un metodo che è detto della “media pesata” e che tiene conto del contributo di ciascuna stazione in funzione della distanza e dell’errore come sopra determinato.

Va comunque sottolineata che la difficoltà del modello di calcolo ad interpretare la ventosità nei diversi punti del territorio analizzato, è un fattore che comporterà un aumento nelle incertezze sia legate ai parametri di ventosità che associate al modello di calcolo, incertezze, i cui effetti sulle stime di produzione però, tendono ad essere mitigate dall’approccio cautelativo del presente studio preliminare, atto a valutare la ragionevole sostenibilità del progetto in autorizzazione.

10 PRODUCIBILITÀ LORDA DELL’IMPIANTO

La producibilità lorda dell’impianto è stata valutata in rapporto al modello di aerogeneratore indicato dal Committente e raffigurato al Capitolo 4. Tale producibilità è stata ottenuta tramite due simulazioni, con altrettante serie di dati, Riferimento 1 e Riferimento 2, le cui serie sono state, quando necessario, storicizzate, e successivamente estrapolate all’altezza di mozzo, secondo quanto indicato al capitolo precedente. I risultati sono stati poi mediati, ‘pesando’ il contributo degli stessi rispetto alla distanza delle stazioni e alla risposta di quest’ultime rispetto al modello (vedi micrositing).

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

Turbina	Coordinate UTM ED50 Fuso 33		Elev.	HH	Vmed	Lorda	Perdita Scia	Lorda (netto scia)	Ore	Verifica I.D.V.
	ID	X [m]								
WTG1	577259	4543762	340	122.5	6.12	16,587	1.4	16,352	2478	Sì
WTG2	576844	4546451	315	122.5	6.13	16,657	3.7	16,038	2430	Sì
WTG3	578421	4544735	321	122.5	6.09	16,440	3.7	15,829	2398	Sì
WTG4	578965	4545281	314	122.5	6.17	16,883	5.6	15,935	2414	Sì
WTG5	580146	4546690	277	122.5	6.12	16,500	3.7	15,888	2407	Sì
WTG6	580904	4547339	217	122.5	5.61	14,125	5.9	13,292	2014	Sì
WTG7	579089	4547959	283	122.5	6.01	16,078	2.7	15,647	2371	Sì
WTG8	578028	4546932	305	122.5	6.14	16,655	3.3	16,101	2440	Sì
WTG9	576328	4545821	318	122.5	6.09	16,403	1.1	16,222	2458	Sì
WTG10	581067	4548352	252	122.5	6.03	16,168	3.6	15,586	2362	Sì
WTG11	581937	4548990	236	122.5	6.02	16,068	4.3	15,371	2329	Sì
MEDIE			289		6.05	16,233	3.6	15,660	2373	
TOTALI						178,564		172,261		

11 PRODUZIONE ATTESA AL NETTO DELLE PERDITE D’IMPIANTO

La tabella sottostante riporta in sintesi la producibilità lorda.

Producibilità lorda						
Impianto	H Mozzo [m]	Potenza nominale [MW]	N° AG	Potenza impianto [MW]	Producibilità lorda [MWh/anno]	Ore [Ore/anno]
Siemens Gamesa SG 6.0-155	122.5	6.6	11	72.6	172,261	2373

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

Perdite considerate	“Gaudiano”
Densità aria (alla densità di 1.18 Kg/m ³)	-3.0%
Disponibilità aerogeneratori	-3.0%
Disponibilità aerogeneratori – non contrattuale	-0.5%
Disponibilità B.O.P.	-1.0%
Disponibilità rete	-0.2%
Perdite elettriche d’impianto	-1.5%
Perdite ambientali	-0.5%
Performance aerogeneratori	-1.5%
Totale perdite	-10.7%

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

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

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

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

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

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

Ne risulta, pertanto, la seguente producibilità netta:

Producibilità netta P _{50%}						
Impianto	Potenza nominale [MW]	N° AG	H mozzo (m)	Potenza impianto [MW]	Producibilità [MWh/anno]	Ore [Ore/anno]
Siemens Gamesa SG 6.0-155	6.6	11	122.5	72.6	153,821	2119

12 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.

- Per la determinazione della velocità media annuale del vento a 25 m dal suolo si faccia riferimento al Capitolo 7 dell'**Allegato A**
- Per le ore equivalenti di funzionamento si faccia riferimento alla produzione attesa al Capitolo 10
- Per la densità volumetrica è stata applicata la formula indicata, considerando:
 - Energia prodotta annualmente dalla turbina come sopra determinata
 - Diametro di 155 m
 - Altezza totale dell'aerogeneratore (apice pala) pari a 200 m essendo l'altezza da terra del mozzo di 122.5 m ed il raggio del rotore pari a 77.5 m

Identificativo della Norma	Requisito tecnico	Valore soglia	Valore di verifica	Esito
a.	Velocità media annua a 25 m dal suolo	≥4 m/s	4.52 m/s	Positivo
b.	Ore equivalenti di funzionamento (MWh/MW) considerando: Potenza impianto 72.6 MW Energia prodotta 172,261 MWh/anno	≥2000 h/anno	2373 h/anno	Positivo
c.	Densità volumetrica di energia annua unitaria (kWh/(anno·m ³)) considerando: Energia prodotta 15,660 MWh/anno H mozzo 122.5 m D rotore 155 m	≥0.15	≥0.15 per ogni aerogeneratore	Positivo
d.	Numero di aerogeneratori	≤ 30	11	Positivo

Per i punti b. e c., il superamento della soglia macchina per macchina è riportato nella tabella al Capitolo 10.

13 CONCLUSIONI

Il presente rapporto contiene i risultati di valutazione della produzione attesa dall’impianto eolico in progetto nel territorio comunale di Montemilone (PZ), in Località “Gaudiano”.

La valutazione della producibilità è stata ottenuta mediante applicazione di un modello fluidodinamico del vento utilizzando in ingresso due serie di dati anemometrici appartenenti ad altrettante stazioni di rilevamento le cui misure ben caratterizzano un ampio territorio circostante.

La serie di dati di Riferimento 1, le cui caratteristiche soddisfano i requisiti temporali richiesti dalla normativa regionale, è stata ampiamente analizzata nell’**Allegato A** del presente studio. La sua bontà e validità è stata confermata grazie a idonee verifiche e a confronti con un’ulteriore stazione posta in un punto più prossimo al sito considerato (Riferimento 2).

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 soddisfacenti 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.

Come evidenziato nei precedenti capitoli, in una fase successiva all’ottenimento del titolo abilitativo sarebbe auspicabile uno studio più approfondito che, tra le altre cose, valuti le incertezze dei processi e delle metodologie applicati.

I siti più interessanti dal punto di vista dell’installazione di un impianto eolico sono caratterizzati da livelli di ventosità tali da comportare valori di utilizzazione dello stesso per un numero minimo di ore annue di funzionamento, tale da garantirne la convenienza economica dell’iniziativa. Questo valore può variare a seconda della taglia dell’aerogeneratore adottato poiché varia il costo dell’aerogeneratore stesso e più in generale dei costi di investimento e di gestione dell’impianto.

In particolare, nell’ambito delle richieste della normativa regionale in tema di autorizzazioni, detto valore è stato fissato in 2000 ore annue equivalenti, ampiamente superate nel caso considerato, utilizzando il modello di aerogeneratore ipotizzato.

La medesima normativa fissa altri requisiti tecnici minimi che questo studio ha consentito di verificare con esito positivo.

ALLEGATO A1

Fornitore: TECNOGAIA

Sito: MURO LUCANO

Data

Codifica documento

Archivio

Compilato da

Sezione A) – Dati identificativi della stazione anemometrica

NOME STAZIONE (max 16 car.) : MONTE RAIROINA

Codice : 1703

Sezione B) – Dati identificativi delle apparecchiature

SENSORE VEL. H dal suolo 15 (m) Tipo NRG N° MATR. _____ N° INVENT: TG00/04

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

SENSORE DIR. H dal suolo 15 (m) Tipo NRG N° MATR. _____ N° INVENT: TG00/54

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

ALTRI SENSORI _____

ACQUISITORE Tipo NRG 9200 PLUS N° MATR. 9760 N° INVENT. TG00/104

SOSTEGNO Tipo NRG H 15 (m) _____ N° MATR. _____

CONTENITORE DELLE APPARECCHIATURE Tipo SAREL

Verifica in uscita effettuata da : TERENGI

Data : 02/12/00

Sezione C) – Dati relativi alla localizzazione della stazione anemometrica ed al sito

Comune di : MURO LUCANO Provincia : PZ Regione : BASILICATA

Tavoletta IGMI: RICIGLIANO

Foglio n° : 186 II SE

Coordinate del Reticolo UTM n° : 33

in metri : 539456 , 4506571

Altitudine in metri s.l.m.: 870

Caratteristiche orografiche : COLLINA

Utilizzo del terreno : PASCOLO

Accessibilità : MEDIA

Note : _____

Sezione D) – Procedura di gestione della stazione e cambio cartuccia

Sarà effettuata da : TECNOGAIA per conto di TECNOGAIA

Indirizzo e Telefono : _____

Note : _____

Stazione anemometrica installata da : TERENGI

data : 12/12/00

Sito: _____ **Cliente:** _____

Sezione A) – Dati identificativi della stazione anemometrica

 Nome stazione: **Monte Rairoina** Codice: **1703**
Sezione B) – Parti Costituenti la Postazione da sostituire

SOSTEGNO		Marca	Modello	Serial/Number	Tubolare	Traliccio	Sollevamento		
H dal Suolo (m)	15	NRG	D120		120		FALCONE <input checked="" type="checkbox"/>	AUTOGRU <input type="checkbox"/>	

SENSORI DIGITALI			Marca	Modello	s/n	Calibrazione	Inventario	Orientamento Mensole		
N.	Tipo	Alt.(m)								
1	VEL	15	NRG	MAX40C		1522812		180°		
2										
3										
4										
5										

SENSORI ANALOGICI			Marca	Modello	s/n	Calibrazione	Inventario	ORIENT. SENSORE	ROTAZ. POSITIVA VERSO	AZIMUT. IMPOST.
N.	Tipo	Alt.(m)								
1	DIR	15	NRG	200P			TG09/15	0°	EST	0°
2										
3										
4										

ACQUISITORE		Marca	Modello	s/n	Calibrazione	Inventario	INVENTARIO Batteria Interna		
Tipo	Alt.(m)								
	1.5	SecondWind	Nomad2	#8154					
MODEM							n. SIM		

SIM	GESTORE	Numero SIM

Impianto Stand Alone			Marca	Modello	S/n	Inventario	ORIENTAMENTO	VOLT	WP	Ah
N.	Tipo	Alt.(m)								
	PANNELLO FV									
	BATTERIA ESTERNA									
	REGOLATORE DI CARICA									
	SOV						SEGNALAZIONE DIURNA VOLO BASSA QUOTA		SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
	CONTENITORE APPAREC.						SISTEMA DI CHIUSURA			

Altre apparecchiature presenti: _____

Sezione C) – Tipo di intervento Manutenzione Periodica Manutenzione Straordinaria
Sostituzione periodica sensori

 Eventuale causa del guasto: Sostituzione programmata
Sezione D) – Nuovi componenti installati (Dopo l'intervento)

N.	Tipo	Alt.(m)	Marca	Modello	s/n	Calibrazione	Inventario	ORIENTAMENTI
1	VEL	15	NRG	MAX40C	179500315372		TG19-2862	180°
2	DIR	15	NRG	200P			TG18-2668	0°
3								
4								
5								

Sezione E) – Elenco Collaboratori

n. _____ Dalle ore: _____ Alle ore: _____

 Manutenzione eseguita da: **Camodeca** Data **04/07/2019**



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.US2.09104

Date of issue: September 24, 2018

Type: NRG 40C Anemometer

Serial number: 179500315372

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

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

Anemometer received: September 04, 2018

Anemometer calibrated: September 19, 2018

Calibrated by: SMR

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

Certificate prepared by: EJF

Approved by: Calibration engineer, EJF

Calibration equation obtained: $v \text{ [m/s]} = 0.76367 \cdot f \text{ [Hz]} + 0.31551$

Standard uncertainty, slope: 0.00109

Standard uncertainty, offset: 0.03580

Covariance: -0.0000088 (m/s)²/Hz

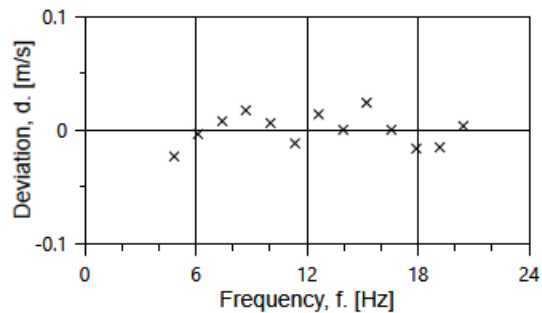
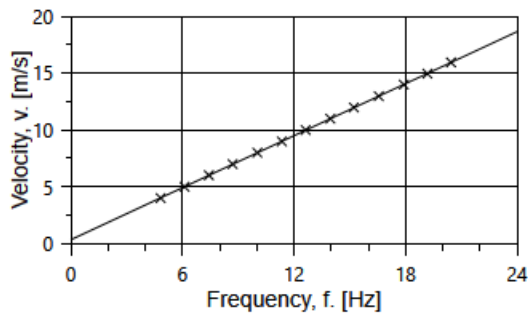
Coefficient of correlation: $\rho = 0.999993$

Absolute maximum deviation: 0.024 m/s at 11.966 m/s

Barometric pressure: 1006.7 hPa

Relative humidity: 38.3%

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	9.21	27.2	26.3	3.981	4.8308	-0.023	0.021
4	14.41	27.2	26.3	4.981	6.1147	-0.004	0.023
6	20.87	27.2	26.3	5.994	7.4265	0.008	0.026
8	28.28	27.2	26.3	6.977	8.7006	0.017	0.029
10	37.04	27.2	26.3	7.985	10.0351	0.006	0.033
12	46.79	27.1	26.3	8.974	11.3537	-0.012	0.037
13-last	57.80	27.1	26.3	9.975	12.6305	0.014	0.041
11	69.99	27.1	26.3	10.976	13.9600	0.000	0.045
9	83.17	27.2	26.3	11.966	15.2248	0.024	0.049
7	97.58	27.2	26.3	12.962	16.5608	0.000	0.053
5	113.46	27.2	26.3	13.978	17.9125	-0.017	0.057
3	129.74	27.2	26.3	14.947	19.1803	-0.015	0.061
1-first	147.46	27.2	26.3	15.935	20.4487	0.003	0.065



EQUIPMENT USED

Serial Number	Description
Njord2	Wind tunnel, blockage factor = 1.0017
13924	Control cup anemometer
-	Mounting tube, D = 12.7 mm
TT004	Summit Electronics, 1XPT100, 0-10V Output, wind tunnel temp.
TP001	PR Electronics 5102, 0-10V Output, differential pressure box temp.
DP007	Setra Model 239, 0-1inWC, differential pressure transducer
HY002	Dwyer RHP-2D20, 0-10V Output, humidity transmitter
BP001	Setra Model 278, 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 & Furness Controls UK. 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.US2.09104

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

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@nrssystem.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 1
- Regione Basilicata - Cod. RIF1
DISPONIBILITÀ GIORNALIERA DEI DATI RELATIVA AL PERIODO: 05/07/2019 -
29/07/2020

Da: 05/07/2019
A: 29/07/2020

G GIORNO
x DISPONIBILITÀ DATO (100%)

G GIORNO
+ DISPONIBILITÀ DATO (parziale)

G GIORNO
- DATI NON DISPONIBILI

	15 m	
n°dati	56304	
n°dati VELOCITÀ validi	56217	99.85%
n°dati DIREZIONE validi	56217	99.85%

LUGLIO 2019	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
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
AGOSTO 2019	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
SETTEMBRE 2019	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 2019	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 2019	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 2019	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 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
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	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
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	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	
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	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
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	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	
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	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

STAZIONE ANEMOMETRICA DI RIFERIMENTO 1

- Regione Basilicata - Cod. RIF1

DISPONIBILITÀ MENSILE DEI DATI RELATIVA AL PERIODO: 05/07/2019 - 29/07/2020

Sensore 15 m (sls)	
N° Dati	56,304
N° Dati validi di VELOCITÀ	56,217 99.85%
N° Dati validi di DIREZIONE	56,217 99.85%
VELOCITÀ media del VENTO (m/s)	5.08

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

Sensore	2017											
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Velocità 15 m	-	-	-	-	-	-	89%	100%	100%	100%	100%	100%
Direzione 15 m	-	-	-	-	-	-	4.8	3.1	4.4	3.4	6.5	6.2

Sensore	2018											
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Velocità 15 m	98%	100%	100%	100%	100%	100%	94%	-	-	-	-	-
Direzione 15 m	5.1	7.7	5.2	4.9	5.5	5.5	3.7	-	-	-	-	-

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.

TABELLA G : Sono riportati parametri statistici relativi ai valori dello scarto quadratico medio della direzione del vento misurati per ciascuno dei 10 minuti. Tale grandezza rappresenta la turbolenza della direzione del vento.

Il valore dello scarto quadratico medio della direzione, indicato in tabella con D , viene considerato solo per velocità medie nei 10 minuti superiori a 0.5 m/s, in tabella i parametri statistici della variabile D 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 : media della variabile scarto direzione D_{med} (nel settore o nella classe);
- colonna 5 : scarto quadratico medio della variabile scarto direzione $sigD$ (nel settore o nella classe);
- colonna 6 : valore percentile al 5%, $D_{5\%}$ (nel settore o nella classe), esso rappresenta un valore minimo di scarto della direzione che è superato con una probabilità del 95%;
- colonna 7 : valore percentile al 95%, $D_{95\%}$ (nel settore o nella classe), esso rappresenta un valore massimo di scarto della direzione che è superato con una probabilità del 5%.

La prima riga Totale rappresenta i parametri della distribuzione dello scarto quadratico medio della direzione 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 variabile scarto direzione 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 dello scarto quadratico medio della direzione, turbolenza della direzione, che andrebbe ad interessare l'aerogeneratore.

GRAFICO 12 : Riporta l'istogramma della distribuzione dello scarto quadratico medio della direzione del vento, o turbolenza della direzione, D 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 scarto direzione calcolati con le sole velocità del vento superiori a 4 m/s, quelle di interesse per l'aerogeneratore.

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

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

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

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

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

Periodo di elaborazione: 05/07/2019 - 29/07/2020 (numero giorni: 391)

Percentuale dati disponibili = 99.85 % (56217 dati su 56304)

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	8319.2	94.97
1.0	7823.2	89.31	1.5	7286.5	83.18
2.0	6717.0	76.68	2.5	6176.1	70.50
3.0	5656.6	64.57	3.5	5157.5	58.88
4.0	4643.3	53.01	4.5	4143.2	47.30
5.0	3655.3	41.73	5.5	3233.2	36.91
6.0	2851.9	32.56	6.5	2508.8	28.64
7.0	2202.7	25.15	7.5	1925.4	21.98
8.0	1669.4	19.06	8.5	1430.3	16.33
9.0	1213.3	13.85	9.5	1041.1	11.88
10.0	891.3	10.17	10.5	775.5	8.85
11.0	679.6	7.76	11.5	588.9	6.72
12.0	519.5	5.93	12.5	454.1	5.18
13.0	399.4	4.56	13.5	346.6	3.96
14.0	298.6	3.41	14.5	262.3	2.99
15.0	224.7	2.57	15.5	198.4	2.26
16.0	172.7	1.97	16.5	152.1	1.74
17.0	131.8	1.50	17.5	114.4	1.31
18.0	101.0	1.15	18.5	85.4	0.97
19.0	70.6	0.81	19.5	56.3	0.64
20.0	45.5	0.52	20.5	37.7	0.43
21.0	31.5	0.36	21.5	25.7	0.29
22.0	22.3	0.25	22.5	18.4	0.21
23.0	15.1	0.17	23.5	12.8	0.15
24.0	10.8	0.12	24.5	8.1	0.09
25.0	6.1	0.07	25.5	4.8	0.06
26.0	3.6	0.04	26.5	2.5	0.03
27.0	2.0	0.02	27.5	1.6	0.02
28.0	0.9	0.01	28.5	0.5	0.01
29.0	0.5	0.01	29.5	0.3	0.00
30.0	0.2	0.00	30.5	0.2	0.00
31.0	0.2	0.00	31.5	0.0	0.00

Parametri della distribuzione di Weibull :	Vc = 5.46	k = 1.29
---	------------------	-----------------

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

Vmed = 5.06 m/s	sqmV = 3.96 m/s	Vcub = 7.67 m/s
-----------------	-----------------	-----------------

Potenza specifica della vena fluida	Pv = 277 W/m2
-------------------------------------	---------------

Tabella A

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

Periodo di elaborazione: 05/07/2019 - 29/07/2020 (numero giorni: 391)

Percentuale dati disponibili = 99.85 % (56217 dati su 56304)

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

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

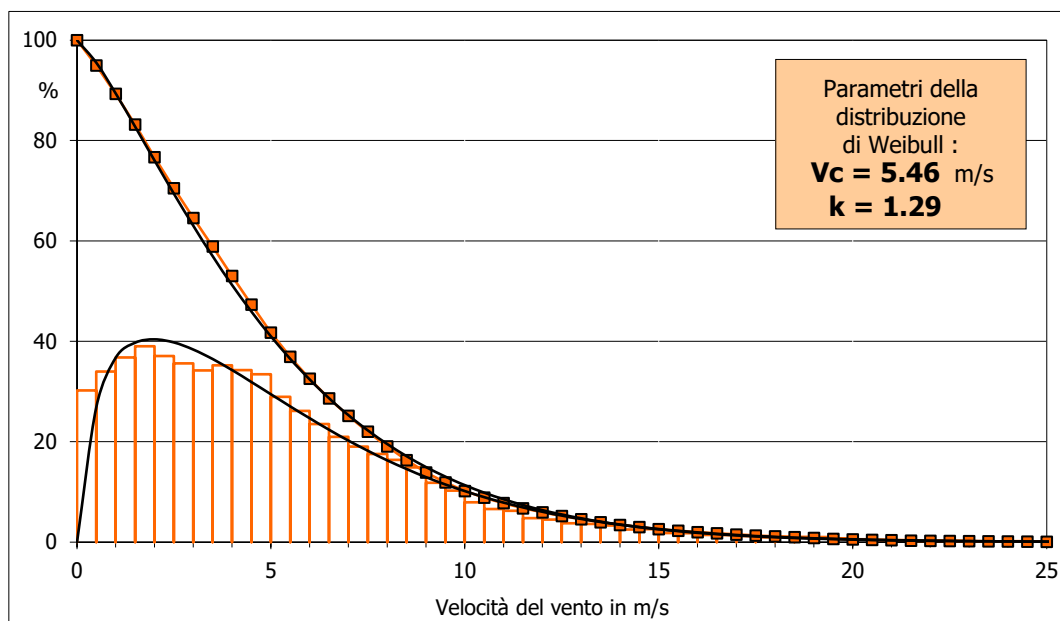
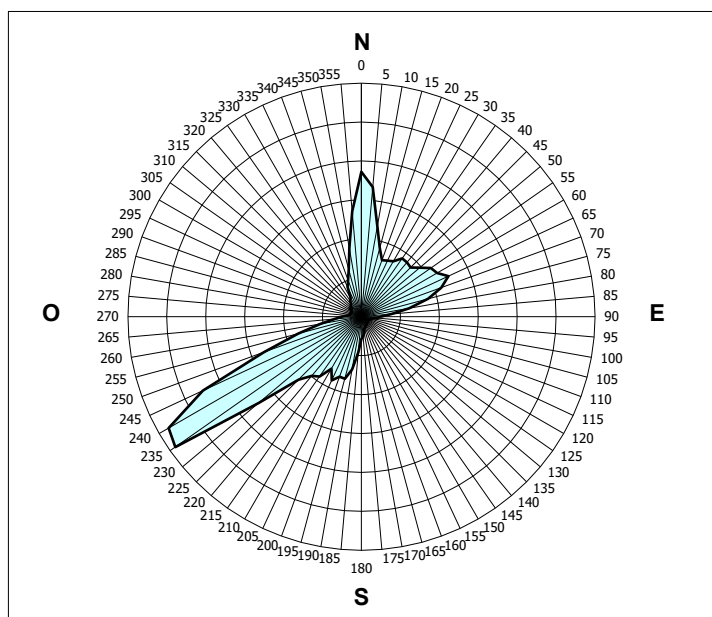


Grafico 2 : FREQUENZE DELLE DIREZIONI DEL VENTO (ROSA DEI VENTI)



Grafici 1 e 2

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

Periodo di elaborazione: 05/07/2019 - 29/07/2020 (numero giorni: 391)

Percentuale dati disponibili = 99.85 % (56217 dati su 56304)

Velocità 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)	
2°	N	15.5	8700	6.15	3.18	7.65	22.7	274
5°	NNE	10.2	5745	4.67	2.98	6.35	21.6	157
3°	ENE	12.8	7223	3.12	2.09	4.40	14.1	52
7°	E	4.3	2414	2.25	1.39	3.06	10.3	18
12°	ESE	1.1	636	1.86	1.46	2.96	10.2	16
11°	SSE	1.5	846	2.81	2.24	4.32	13.1	49
6°	S	4.6	2572	3.73	1.85	4.56	15.9	58
4°	SSO	10.7	6003	4.39	2.30	5.58	22.9	106
1°	OSO	24.4	13743	8.35	4.63	10.64	31.2	737
9°	O	3.9	2207	4.67	3.17	6.52	21.2	170
10°	ONO	1.9	1041	2.29	1.59	3.34	12.4	23
8°	NNO	4.0	2258	4.00	2.65	5.53	16.8	104
	NoDir	0.0	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Calme	5.0	2829	(velocità del vento minore o uguale a 0.5 m/s)					
Totale =		56217	5.08	3.90	7.63	31.2	272	

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	6.24	4.79	9.52	31.2	528	393
Gen	0.98	5.06	4.05	7.80	24.5	291	216
Feb	1.04	7.69	5.27	10.61	26.1	732	492
Mar	1.00	5.20	4.27	8.10	23.2	326	242
Apr	1.00	4.85	3.19	6.57	16.7	174	125
Mag	1.00	5.50	3.28	7.16	19.5	225	167
Giu	1.00	5.52	3.26	7.15	20.7	224	161
Lug	1.81	4.25	3.00	6.03	19.5	134	100
Ago	1.00	3.09	2.07	4.25	11.9	47	35
Set	1.00	4.41	3.04	6.13	16.4	141	102
Ott	1.00	3.44	2.48	4.92	14.6	73	54
Nov	1.00	6.54	4.85	9.42	22.5	513	369

Stagione	Vmed (m/s)	sigV (m/s)	Vcub (m/s)	Vmax (m/s)	Pv (W/m ²)	Ev (kWh/m ²)
Inverno (Dic - Feb)	6.28	4.83	9.41	31.2	510	1101
Primavera (Mar - Mag)	5.19	3.63	7.34	23.2	242	534
Estate (Giu - Ago)	4.27	2.99	6.03	20.7	134	296
Autunno (Set - Nov)	4.78	3.82	7.32	22.5	240	525

Anno	5.13	3.94	7.71	31.2	280	2456
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	------------	-------------

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

Tabelle B e C

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

Periodo di elaborazione: 05/07/2019 - 29/07/2020 (numero giorni: 391)

Percentuale dati disponibili = 99.85 % (56217 dati su 56304)

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

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

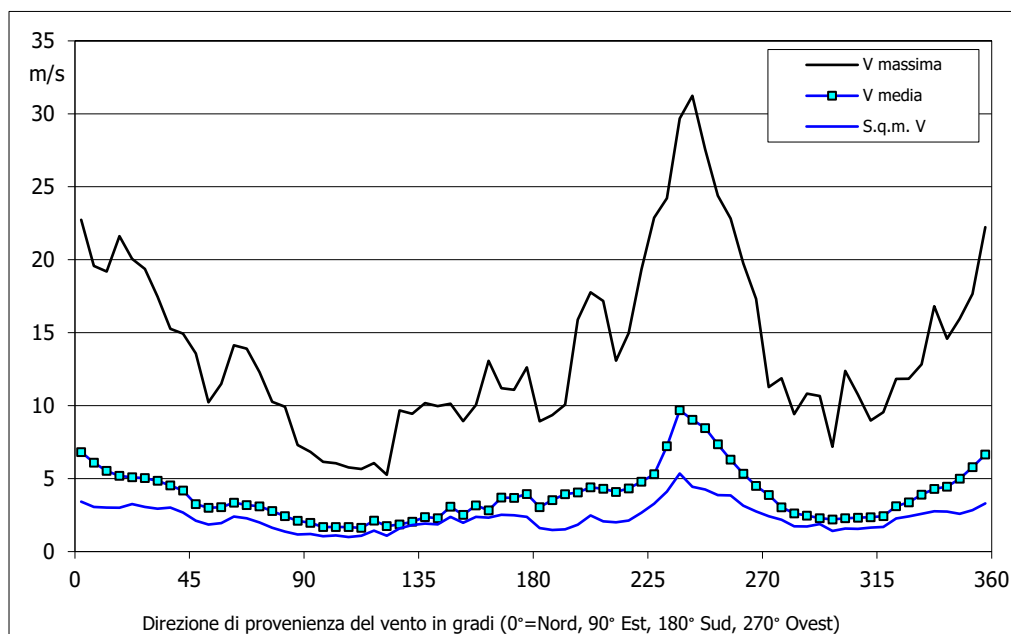
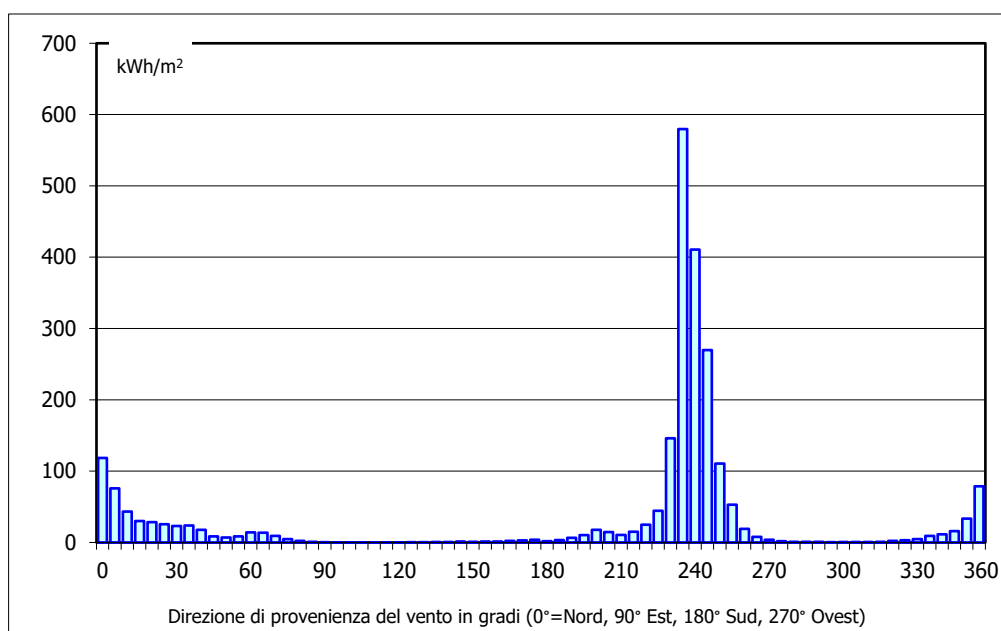


Grafico 4 : ENERGIA SPECIFICA DELLA VENA FLUIDA IN kWh/m² PER SETTORE DI DIREZIONE



Grafici 3 e 4

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

Periodo di elaborazione: 05/07/2019 - 29/07/2020 (numero giorni: 391)

Percentuale dati disponibili = 99.85 % (56217 dati su 56304)

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

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

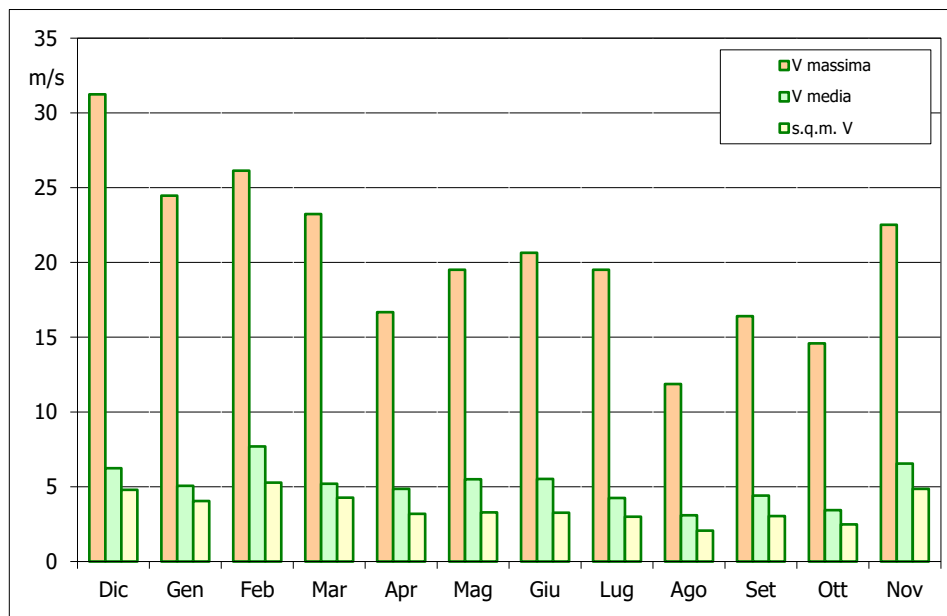
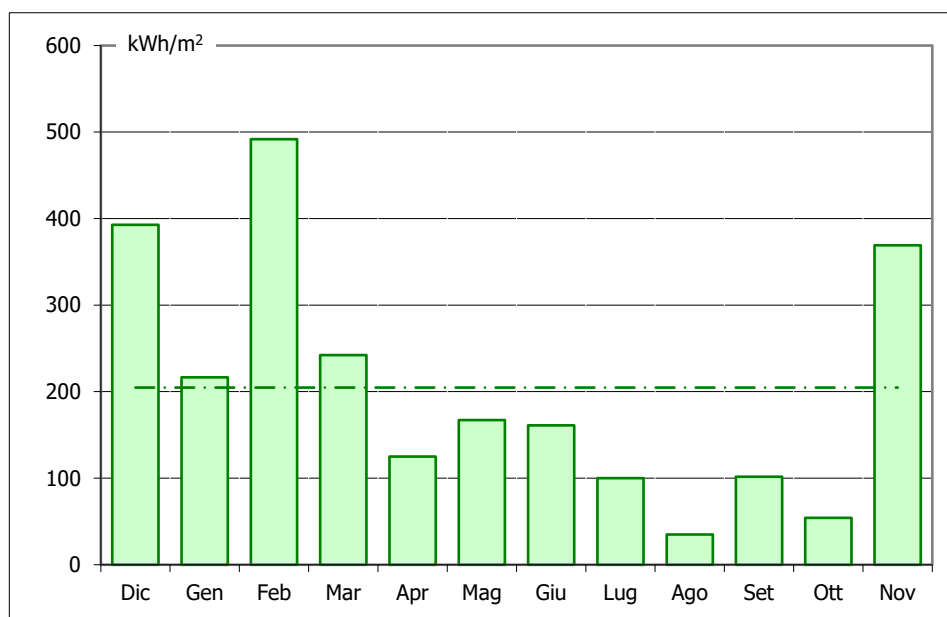


Grafico 6 : ENERGIA SPECIFICA MEDIA MENSILE DELLA VENA FLUIDA IN kWh/m2



Grafici 5 e 6

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

Periodo di elaborazione: 05/07/2019 - 29/07/2020 (numero giorni: 391)

Percentuale dati disponibili = 99.85 % (56217 dati su 56304)

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

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

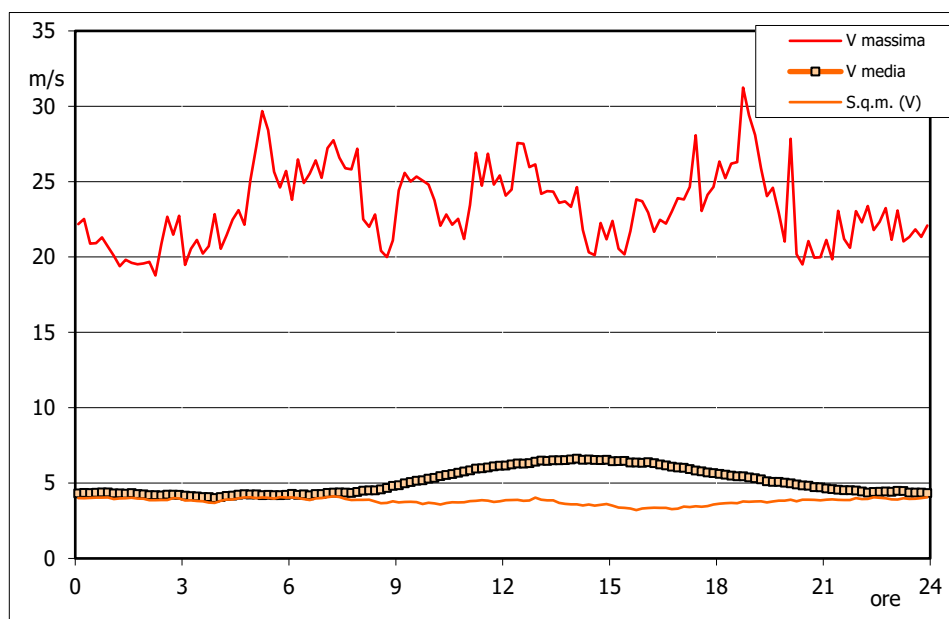
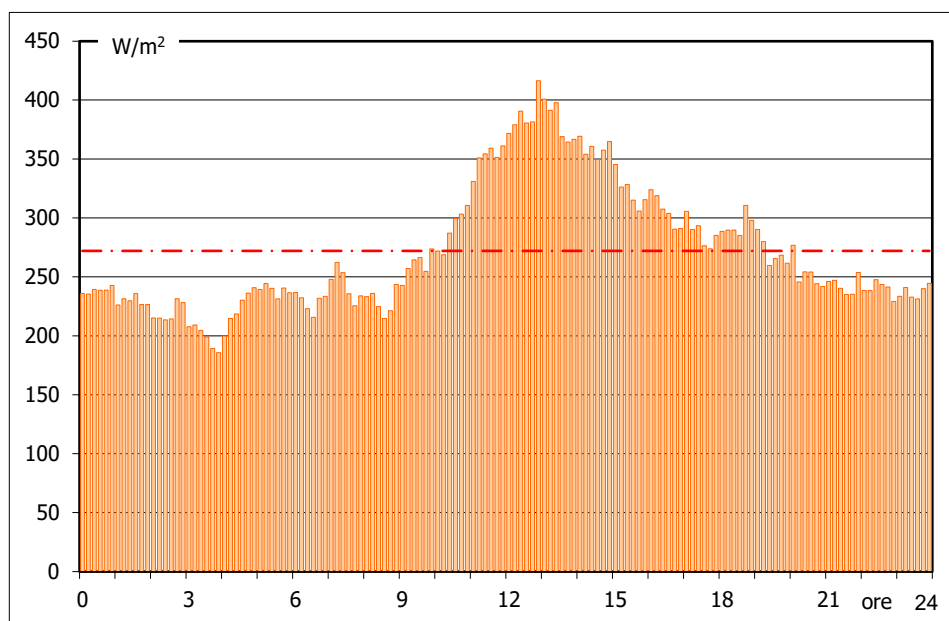


Grafico 8 : POTENZA SPECIFICA MEDIA DELLA VENA FLUIDA IN W/m² NELLE 24 ORE



Grafici 7 e 8

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

Periodo di elaborazione: 05/07/2019 - 29/07/2020 (numero giorni: 391)

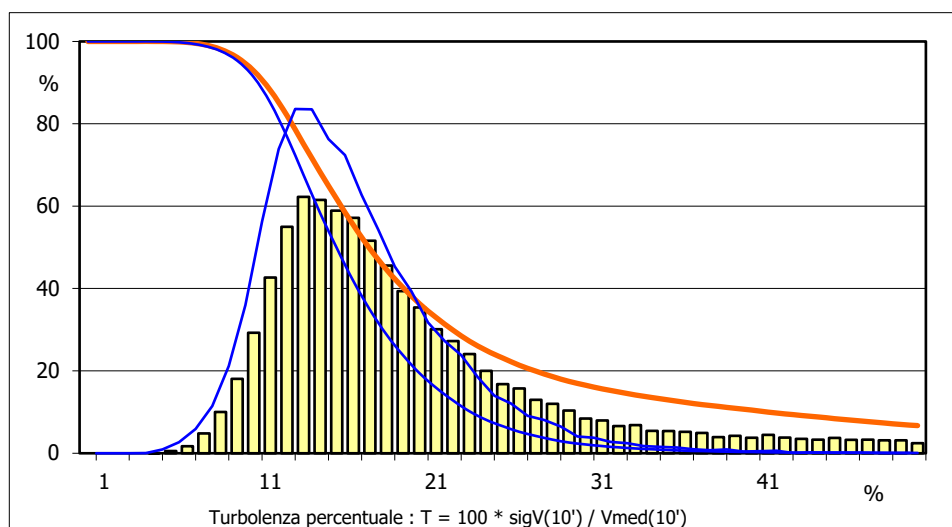
Percentuale dati disponibili = 99.85 % (56217 dati su 56304)

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

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

Settore direzione	%	n	Tmed	sigT	T_5%	T_95%
Nord	16.3	8700	21.3	10.9	10.2	45.9
Nord-NordEst	10.8	5745	24.0	12.8	10.7	54.8
Est-NordEst	13.5	7223	22.3	14.0	9.2	55.0
Est	4.5	2414	30.2	16.1	12.0	62.2
Est-SudEst	1.2	636	41.2	16.5	15.4	66.8
Sud-SudEst	1.6	846	35.8	16.5	15.2	66.9
Sud	4.8	2572	24.0	13.5	11.4	56.9
Sud-SudOvest	11.2	6003	19.1	11.5	9.3	45.2
Ovest-SudOvest	25.7	13743	15.7	8.9	9.0	29.6
Ovest	4.1	2207	21.7	16.5	7.4	60.1
Ovest-NordOvest	1.9	1041	31.5	18.7	9.3	65.5
Nord-NordOvest	4.2	2258	26.2	16.8	8.3	61.5
Nessuna Direzione	0.0	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Totale =	95.0	53388	21.5	13.5	9.3	54.3

Classe velocità m/s	%	n	Tmed	sigT	T_5%	T_95%
V < 4	44.2	23590	28.4	16.9	9.9	62.3
4 < V < 8	35.7	19085	16.6	6.0	8.8	27.7
8 < V < 12	13.8	7379	15.1	4.5	9.3	23.8
12 < V < 16	4.2	2226	14.7	3.7	9.9	22.4
16 < V < 20	1.5	816	14.4	3.2	10.4	21.2
V > 20	0.5	292	13.1	2.4	10.1	17.7
Totale* =	53.0	29798	16.0	5.5	9.1	26.2

Grafico 9 : DISTRIBUZIONE DELLA TURBOLENZA PERCENTUALE DELLA VELOCITÀ DEL VENTO

Tabella D e Grafico 9

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

Periodo di elaborazione: 05/07/2019 - 29/07/2020 (numero giorni: 391)

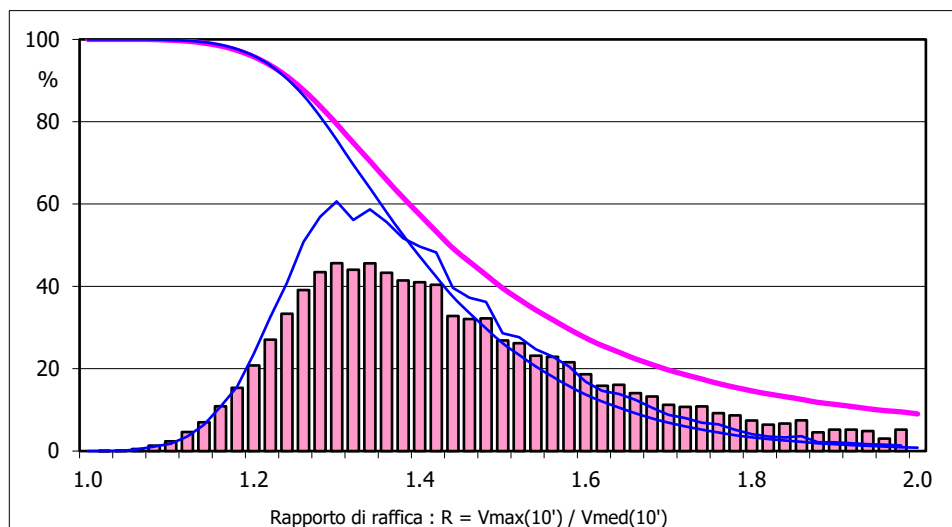
Percentuale dati disponibili = 99.85 % (56217 dati su 56304)

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	16.3	8700	1.58	0.31	1.23	2.14
Nord-NordEst	10.8	5745	1.64	0.35	1.24	2.30
Est-NordEst	13.5	7223	1.54	0.36	1.18	2.22
Est	4.5	2414	1.76	0.46	1.26	2.71
Est-SudEst	1.2	636	2.05	0.50	1.37	2.94
Sud-SudEst	1.6	846	1.95	0.51	1.36	2.94
Sud	4.8	2572	1.63	0.39	1.26	2.44
Sud-SudOvest	11.2	6003	1.51	0.31	1.21	2.05
Ovest-SudOvest	25.7	13743	1.42	0.24	1.21	1.74
Ovest	4.1	2207	1.56	0.47	1.16	2.54
Ovest-NordOvest	1.9	1041	1.80	0.55	1.19	2.87
Nord-NordOvest	4.2	2258	1.68	0.48	1.19	2.70
Nessuna Direzione	0.0	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Totale =	95.0	53388	1.56	0.37	1.21	2.30

Classe velocità m/s	%	n	Rmed	sigR	R_5%	R_95%
V < 4	44.2	23590	1.71	0.48	1.21	2.71
4 < V < 8	35.7	19085	1.46	0.18	1.20	1.77
8 < V < 12	13.8	7379	1.42	0.15	1.21	1.70
12 < V < 16	4.2	2226	1.41	0.13	1.23	1.64
16 < V < 20	1.5	816	1.41	0.11	1.25	1.60
V > 20	0.5	292	1.37	0.08	1.23	1.50
Totale* =	53.0	29798	1.44	0.17	1.21	1.75

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

Tabella E e Grafico 10

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

Periodo di elaborazione: 05/07/2019 - 29/07/2020 (numero giorni: 391)

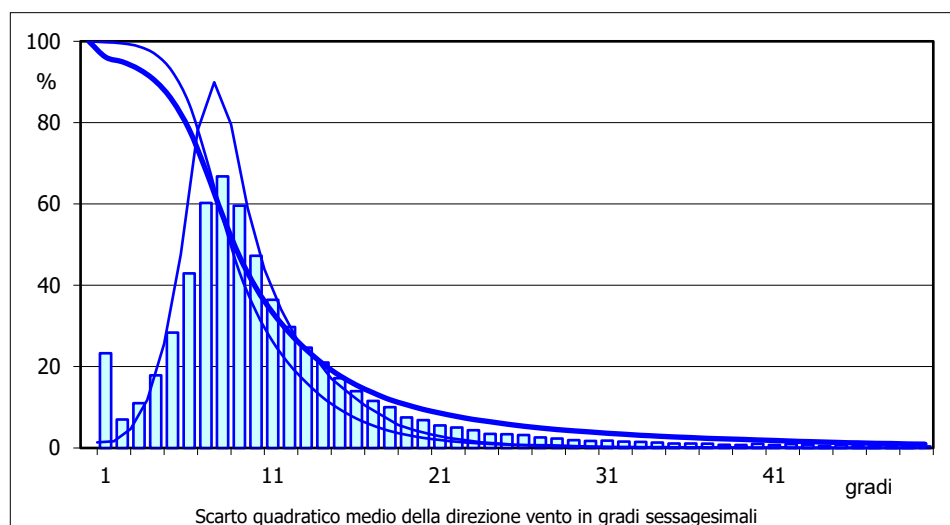
Percentuale dati disponibili = 99.85 % (56217 dati su 56304)

Velocità del vento V in m/s rilevata a 15 m dal suolo
Tabella G : PARAMETRI DELLA DISTRIBUZIONE DELLO SCARTO Q. M. DELLA DIREZIONE VENTO

D = Scarto quadratico medio della direzione vento in ° nei 10 minuti

Settore direzione	%	n	Dmed	sigD	D_5%	D_95%
Nord	16.3	8700	11.5	7.3	4.0	23.2
Nord-NordEst	10.8	5745	14.1	9.3	1.9	29.9
Est-NordEst	13.5	7223	9.2	8.4	0.4	24.3
Est	4.5	2414	14.5	11.2	0.9	36.4
Est-SudEst	1.2	636	25.4	15.0	6.2	50.3
Sud-SudEst	1.6	846	21.6	14.1	1.1	49.6
Sud	4.8	2572	13.9	9.0	5.0	30.3
Sud-SudOvest	11.2	6003	10.6	6.7	3.3	19.8
Ovest-SudOvest	25.7	13743	8.9	4.9	3.8	14.2
Ovest	4.1	2207	11.1	10.2	2.1	31.2
Ovest-NordOvest	1.9	1041	14.5	13.6	0.5	43.9
Nord-NordOvest	4.2	2258	13.4	11.8	0.9	37.1
Nessuna Direzione	0.0	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Totale =	95.0	53388	11.4	8.7	2.0	26.8

Classe velocità m/s	%	n	Dmed	sigD	D_5%	D_95%
V < 4	44.2	23590	13.2	11.9	0.6	37.8
4 < V < 8	35.7	19085	10.4	4.9	4.1	18.9
8 < V < 12	13.8	7379	9.4	3.2	5.1	14.9
12 < V < 16	4.2	2226	8.9	2.3	5.4	12.9
16 < V < 20	1.5	816	8.7	2.0	5.8	12.8
V > 20	0.5	292	8.2	1.4	6.0	9.9
Totale* =	53.0	29798	10.0	4.3	4.4	17.4

Grafico 12 : DISTRIBUZIONE DELLO SCARTO QUADRATICO MEDIO DELLA DIREZIONE VENTO

Tabella G e Grafico 12

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

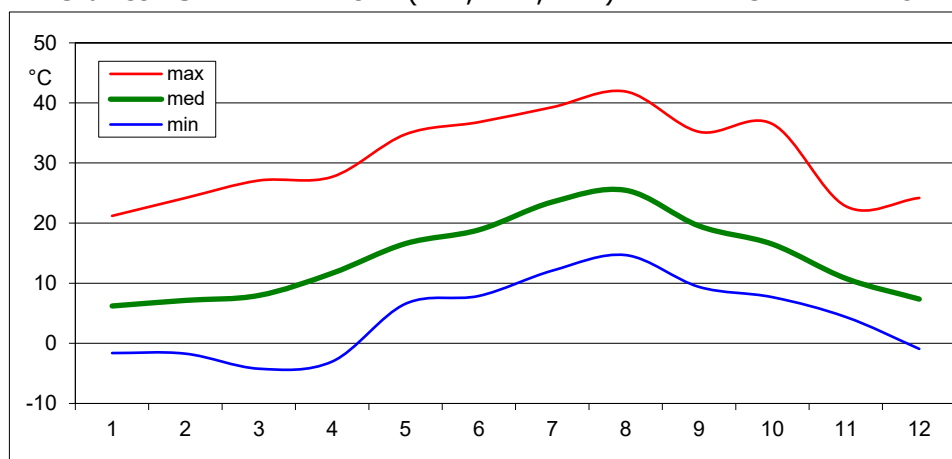
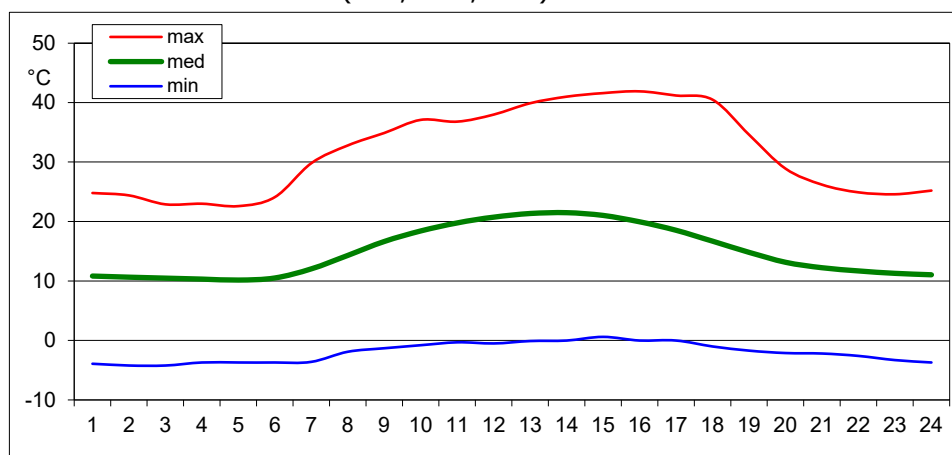
Periodo di elaborazione: 05/07/2019 - 29/07/2020 (numero giorni: 391)

Percentuale dati disponibili = 99.85 % (56217 dati su 56304)

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

Mese	Meq.	n° misure	Tmin (°C)	Tmed (°C)	Tmax (°C)
Gen	1.00	4464	-1.6	6.2	21.2
Feb	1.04	4176	-1.7	7.1	24.2
Mar	1.00	4464	-4.2	8.0	27.1
Apr	1.00	4320	-3.0	11.7	27.7
Mag	1.00	4464	6.6	16.6	34.8
Giu	1.00	4320	7.9	18.9	36.8
Lug	1.81	8064	12.1	23.5	39.3
Ago	1.00	4464	14.7	25.5	41.9
Set	1.00	4320	9.4	19.5	35.2
Ott	1.00	4320	7.7	16.5	36.5
Nov	1.00	4320	4.4	10.8	22.8
Dic	1.00	4464	-0.9	7.4	24.2
Anno		56160	-4.2	14.9	41.9

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

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

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

Tabella H e Grafici 13 e 14

ALLEGATO A4

CORRELAZIONE TRA LE VELOCITA' MEDIE MENSILI RILEVATE A:

Variabile X: TA di RIFERIMENTO 1
Variabile Y: TA di RIFERIMENTO 2

(codice: RIF1_T) a 15 m dal suolo
(codice: RIF2) a 15 m dal suolo

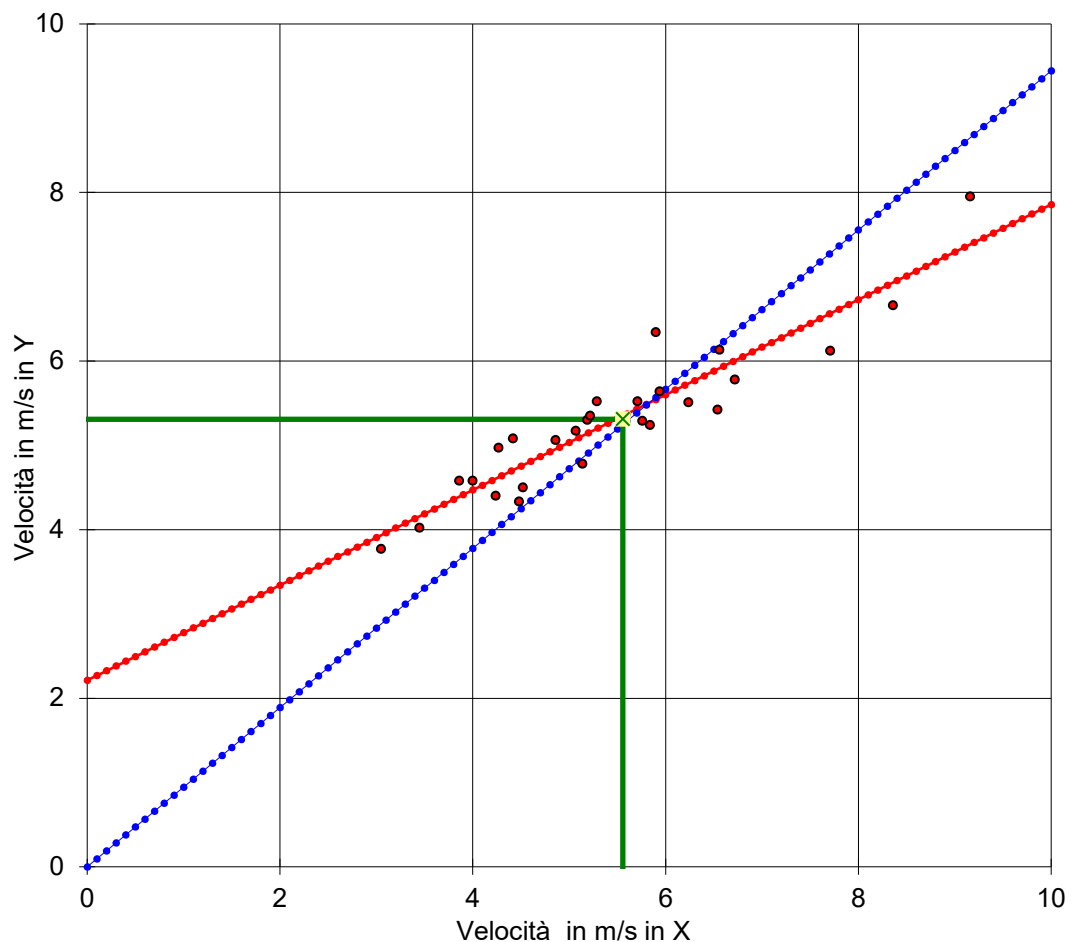
Coefficiente di correlazione = 0.930 (Regressione lineare con 27 punti)

(Y = A * X + B) : A = 0.564 ; B = 2.213

(Y = C * X) : C = 0.944

V media(X) = 5.557 ; V media(Y) = 5.311

(Ym = R * Xm) : R = 0.956



Valore Storico in (X) = 5.286 m/s

Valore Misurato in (Y) = 5.222 m/s

Valore Storico in Y (Y=A * X + B) = 5.197 m/s

ks = 0.995

Valore Storico in Y (Y=C * X) = 4.991 m/s

ks = 0.956

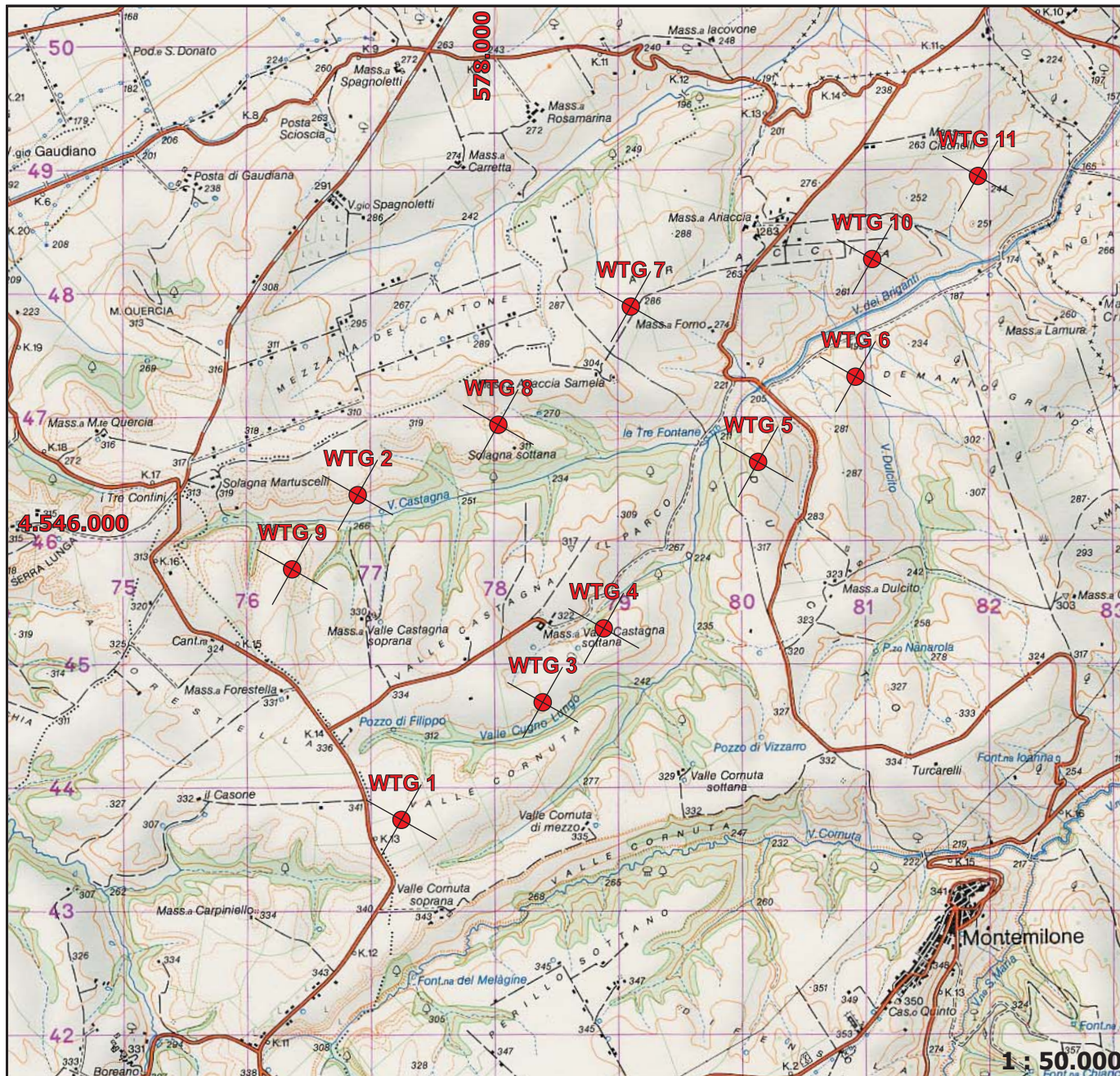
Valore Storico in Y (Ym = R * Xm) = 5.052 m/s



ks = 0.968

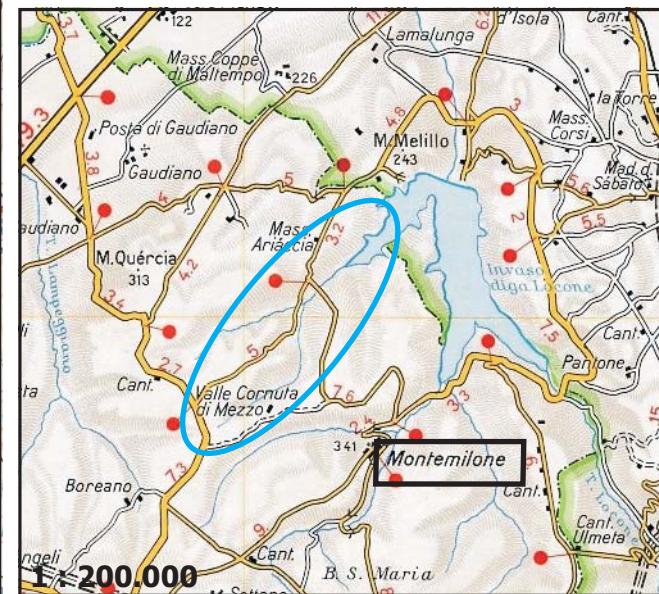
ks = Valore Storico in (Y) / Valore Misurato in (Y)

Figura 1

Impianto eolico nel Comune di Montemilone (PZ) – Località “Gaudiano”



- LEGENDA
-  Aerogeneratore
 -  Area di interesse



Impianto eolico nel Comune di Montemilone (PZ) – Località “Gaudiano”

Risultati dell’indagine anemometrica e valutazione della ventosità di lungo periodo

Allegato A

Risultati dell’indagine anemometrica e valutazione della ventosità di lungo periodo

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

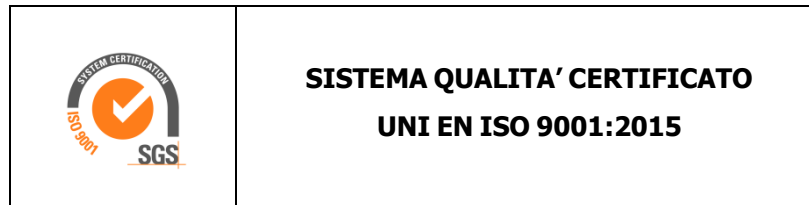
1

Impianto eolico nel Comune di Montemilone (PZ) – Località “Gaudiano”

Risultati dell’indagine anemometrica e valutazione della ventosità di lungo periodo

**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.**



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

Impianto eolico nel Comune di Montemilone (PZ) – Località “Gaudiano”

Risultati dell’indagine anemometrica e valutazione della ventosità di lungo periodo

INDICE

1.	PREMESSA.....	4
2.	LA STAZIONE ANEMOMETRICA.....	4
2.1	I sensori anemometrici	7
2.2	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.....	11
5.1	Curva di durata della velocità del vento	12
5.2	Turbolenza percentuale della velocità del vento	12
5.3	Rapporto di raffica della velocità del vento.....	12
5.4	Gradiente al suolo della velocità del vento.....	13
5.5	Contenuto energetico del vento	13
5.6	Energia prodotta da un aerogeneratore	14
6.	VALUTAZIONE DELLA VENTOSITÀ DI LUNGO PERIODO	15
7.	VALUTAZIONE DELLA VENTOSITA’ A 25 m DAL SUOLO.....	16
8.	VALUTAZIONE DELLE INCERTEZZE SULLA MISURA DEL VENTO	16
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 stazione RIF2 con storica RIF1**

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

Impianto eolico nel Comune di Montemilone (PZ) – Località “Gaudiano”

Risultati dell’indagine anemometrica e valutazione della ventosità di lungo periodo

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, oltre ad una serie di dati storici (Codice RIF2), una serie di dati raccolti con una stazione anemometrica (Codice RIF1), tuttoggi attiva, facente parte del suo patrimonio.

La stazione Codice RIF1, opera da diversi anni ed ha raccolto dati contemporanei anche alla stazione Codice RIF2, di interesse per la realizzazione dell’impianto ricadente nella Località “Gaudiano” del territorio comunale di Montemilone, in Provincia di Potenza, Regione Basilicata.

Il presente documento, reso disponibile in allegato alla relazione di valutazione preliminare della producibilità, riporta i risultati delle elaborazioni svolte sui dati di ventosità recenti, raccolti dalla stazione denominata Riferimento 1 (Codice RIF1); contiene altresì le caratteristiche delle apparecchiature utilizzate, il rapporto di installazione, quello di manutenzione straordinaria per sostituzione dell’acquisitore e del sensore di velocità, nonché il certificato di calibrazione di quest’ultimo, oltre alle risultanze delle attività svolte di transcodifica e di validazione dei dati.

Al fine di stimare la ventosità che interessa il sito nel lungo periodo si è proceduto inoltre ad una storizzazione della serie di dati disponibile mediante confronti con quelli contemporanei di una stazione storica d’area.

2. LA STAZIONE ANEMOMETRICA

La stazione in oggetto è stata installata in data 12/12/2000 ed è costituita da un sostegno tubolare strallato 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	Matricola
Sensore di velocità	15	NRG	#40C	TG04/00
Sensore di direzione	15	NRG	#200P	TG11/00
Acquisitore	2	NRG	9200PLUS	9760

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

Impianto eolico nel Comune di Montemilone (PZ) – Località “Gaudiano”

Risultati dell’indagine anemometrica e valutazione della ventosità di lungo periodo

Come da successivo report di manutenzione, anch’esso allegato, la strumentazione con la quale sono stati acquisiti i dati resi disponibili per questo studio sono i seguenti:

Tipo di apparecchiatura	Altezza dal suolo	Marca	Modello	Matricola
Sensore di velocità	15	NRG	#40C	179500315372
Sensore di direzione	15	NRG	#200P	TG18/2668
Acquisitore	2	SECONDWIND	NOMAD2	#8154

La documentazione tecnica dei sensori e del sistema di acquisizione dati, fornita dalle ditte costruttrici, è resa disponibile nella raccolta riportata nell’**Allegato A1**. Dello stesso allegato fanno anche parte, come detto, il report iniziale di installazione della stazione, una scheda di manutenzione straordinaria ed il certificato di calibrazione del sensore di velocità.

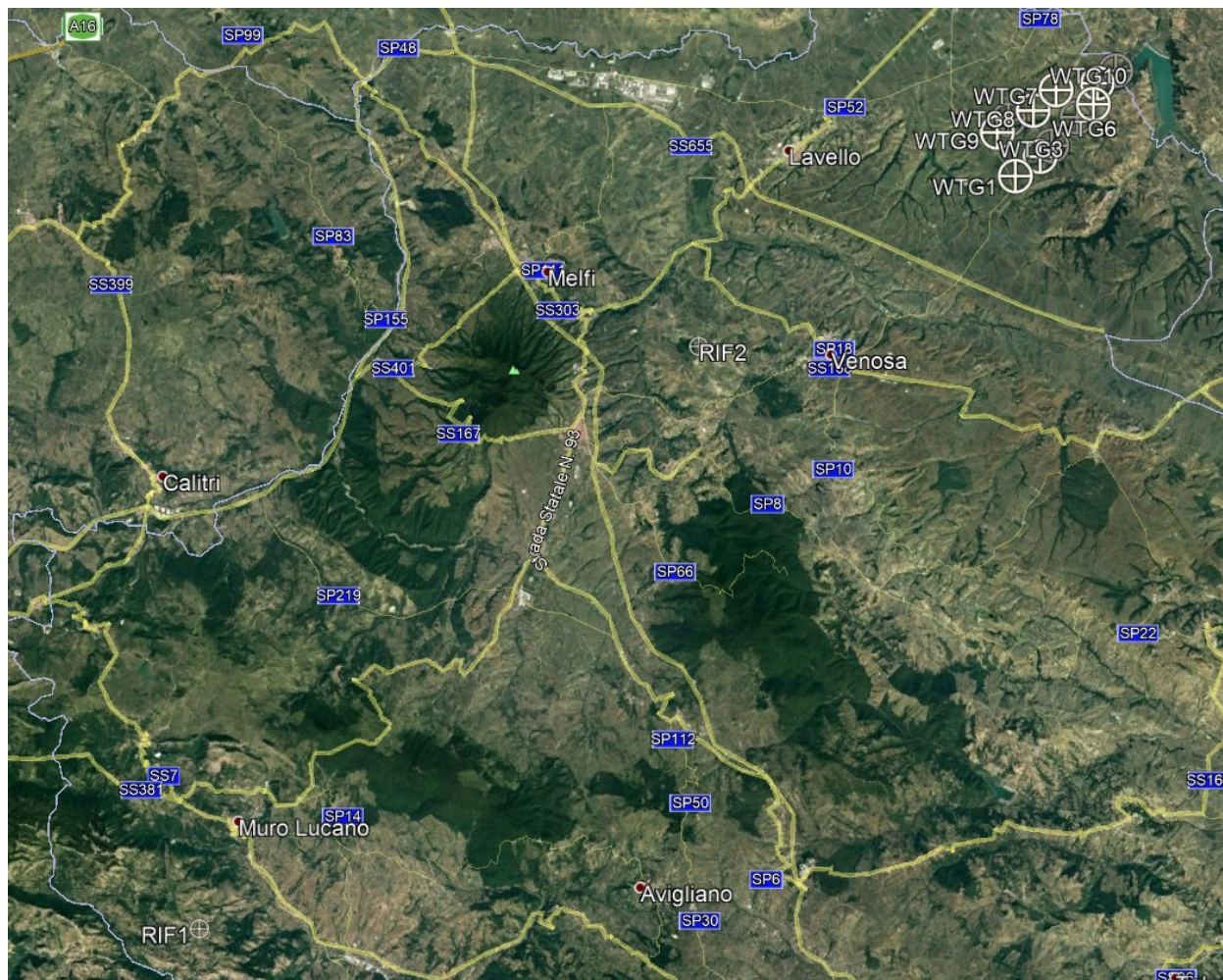
La stazione anemometrica ben rappresenta una porzione di territorio circostante, collocandosi in un crinale, senza ostacolo alcuno in ogni direzione.

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

- ✓ Coordinate in metri nel sistema UTM ED50, Fuso **33**:
Longitudine: **539,456 E**
Latitudine: **4,506,571 N**
- ✓ Altitudine (s.l.m.): **870 m**
- ✓ Orografia del punto di installazione: **Crinale**
- ✓ Orografia circostante: **Collinare**
- ✓ Utilizzo del terreno: **Pascolo**
- ✓ Ostacoli nelle immediate vicinanze: **Nessuno**

Impianto eolico nel Comune di Montemilone (PZ) – Località “Gaudiano”

Risultati dell’indagine anemometrica e valutazione della ventosità di lungo periodo



Stralcio immagine satellitare con ubicazione stazioni ed impianto eolico di progetto

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.

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

Impianto eolico nel Comune di Montemilone (PZ) – Località “Gaudiano”

Risultati dell’indagine anemometrica e valutazione della ventosità di lungo periodo

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).

2.2 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 NRG, denominato 9200 PLUS, 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 positivo (verso Est);
- Scarto quadratico medio della direzione del vento;
- Temperatura media datalogger;
- Valore minimo batteria 9V (1);
- Valore minimo batteria 9V (2);
- 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.

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

Impianto eolico nel Comune di Montemilone (PZ) – Località “Gaudiano”

Risultati dell'indagine anemometrica e valutazione della ventosità di lungo periodo

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 04/07/2019 è stata effettuata una manutenzione straordinaria con la sostituzione del sensore di velocità, come da specifica scheda di manutenzione (vedi **Allegato A1**).

Impianto eolico nel Comune di Montemilone (PZ) – Località “Gaudiano”

Risultati dell'indagine anemometrica e valutazione della ventosità di lungo periodo

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 (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.

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

N°	Nome file	Tipo	Data inizio	Data fine
1	SRIF1_1907	ASCII	05/07/2019	31/07/2019
2	SRIF1_1908	ASCII	01/08/2019	31/08/2019
3	SRIF1_1909	ASCII	01/09/2019	30/09/2019
4	SRIF1_1910	ASCII	01/10/2019	31/10/2019
5	SRIF1_1911	ASCII	01/11/2019	30/11/2019
6	SRIF1_1912	ASCII	01/12/2019	31/12/2019
7	SRIF1_2001	ASCII	01/01/2020	31/01/2020
8	SRIF1_2002	ASCII	01/02/2020	29/02/2020
9	SRIF1_2003	ASCII	01/03/2020	31/03/2020
10	SRIF1_2004	ASCII	01/04/2020	30/04/2020
11	SRIF1_2005	ASCII	01/05/2020	31/05/2020
12	SRIF1_2006	ASCII	01/06/2020	31/06/2020
13	SRIF1_2007	ASCII	01/07/2020	29/07/2020

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

Impianto eolico nel Comune di Montemilone (PZ) – Località “Gaudiano”

Risultati dell'indagine anemometrica e valutazione della ventosità di lungo periodo

La stazione di Riferimento 1, nel suo intero periodo di funzionamento, è stata dotata degli acquisitori NRG 9200 PLUS, SECONDWIND NOMAD1 ed infine SECONDWIND NOMAD2. I dati relativi a quest'ultimi dopo la transcodifica, per l'ultimo periodo preso a campione, hanno il seguente aspetto:

05/07/2019 00.10	5.72	9.54	2.92	1.22	334.6	17.11	4.00	9.06	9.11	12.66
05/07/2019 00.20	7.44	12.26	3.70	1.55	330.2	14.17	3.96	9.04	9.11	12.66
05/07/2019 00.30	9.52	14.99	5.26	1.63	332.5	10.42	3.97	9.06	9.11	12.66
05/07/2019 00.40	9.37	14.21	5.26	1.65	336.1	10.05	4.09	9.04	9.11	12.66
05/07/2019 00.50	9.08	13.43	5.26	1.42	333.7	8.76	4.06	9.04	9.11	12.66
05/07/2019 01.00	8.53	11.87	5.26	1.19	334.0	8.72	3.99	9.04	9.11	12.66
05/07/2019 01.10	7.03	11.10	4.09	1.16	324.8	10.68	3.98	9.06	9.11	12.66

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.

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

Impianto eolico nel Comune di Montemilone (PZ) – Località “Gaudiano”

Risultati dell'indagine anemometrica e valutazione della ventosità di lungo periodo

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 (velocità e direzione) della stazione considerata e per l'intero periodo utilizzato per le valutazioni di producibilità, è riportata nella tabella in **Allegato A2**. Nello stesso allegato è riportata anche la disponibilità mensile, sempre riferita allo stesso periodo.

Per la stazione in oggetto non si sono resi necessari significativi interventi di eliminazione dati e quindi la disponibilità del dato valido per l'anno intero di funzionamento (2019-2020) è pari al 99.8% di quelli totali; questa disponibilità rispetta i requisiti minimi della normativa regionale.

Codice	Denominazione	Durata misura	Periodo di misura		Disponibilità
		(mesi)	Inizio	Fine	%
RIF1	Riferimento 1	12.8	05/07/2019	29/07/2020	99.8

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.)	Altezza sost.	Periodo stazione	
		X	Y	(m)	(m)	Inizio	Fine
RIF1	Riferimento 1	539,456	4,506,571	870	15	12/12/2000	Attiva

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

Impianto eolico nel Comune di Montemilone (PZ) – Località “Gaudiano”

Risultati dell'indagine anemometrica e valutazione della ventosità di lungo periodo

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
RIF1	Riferimento 1	12,8	15	5.06	272	5.46	1.29

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

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

dove $\text{sig}V(10')$ 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

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

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

Impianto eolico nel Comune di Montemilone (PZ) – Località “Gaudiano”

Risultati dell'indagine anemometrica e valutazione della ventosità di lungo periodo

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 (*alfa*). 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:

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

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 .

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

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

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.

Impianto eolico nel Comune di Montemilone (PZ) – Località “Gaudiano”

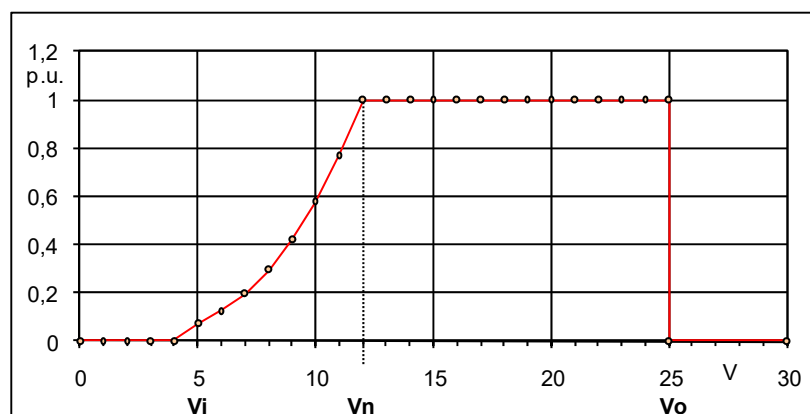
Risultati dell'indagine anemometrica e valutazione della ventosità di lungo periodo

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_i , 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 *alfa*. 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 $E_p/P_{nominale}$.

Impianto eolico nel Comune di Montemilone (PZ) – Località “Gaudiano”

Risultati dell'indagine anemometrica e valutazione della ventosità di lungo periodo

6. VALUTAZIONE DELLA VENTOSITÀ 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.

Nel nostro caso, per la stazione considerata, sono messi a disposizione dati riferibili ad una campagna di misura di circa 12 mesi. Tale durata non viene ritenuta sufficiente per poter considerare la velocità media registrata come quella di lungo periodo e, quindi, disponendo anche della serie di dati storici della medesima stazione **RIF1**, si è potuto verificare direttamente il posizionamento storico del valore di ventosità elaborato.

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 caso specifico, si dispone di una serie di dati di una stazione facente parte della rete anemometrica di TecnoGaia, denominata **RIFERIMENTO1 (codice RIF1)**, che ha una durata di oltre 19 anni, con la quale è stato possibile verificare direttamente il posizionamento storico dell'annualità presa in esame. Inoltre, sempre grazie alla serie di lungo periodo di **RIF1**, è stato anche possibile storicizzare la seconda stazione (**RIF2**), come le tabelle del capitolo 6 della relazione di producibilità riportano e la graficazione dell'**Allegato A4** sintetizza.

Come si può evincere dai risultati della storicizzazione, utilizzando i parametri a e b frutto della correlazione con **RIFERIMENTO 1** dei dati di media mensile, la velocità media di lungo periodo della stazione **RIFERIMENTO 2** considerato il contenutissimo scostamento ottenuto (-0,5 punti percentuali dei valori misurati), si ritiene di non apportare correzioni al valore acquisito durante la campagna anemometrica.

Per cui, per le valutazioni di produzione attesa da un impianto eolico nel sito, si consideri la velocità media annua di **RIF2_S (a 15 m dal suolo) uguale a 5.22 m/s**. Si consideri inoltre la velocità media annua di **RIF1_T (totale a 15m dal suolo) uguale a 5,29 m/s**.

Impianto eolico nel Comune di Montemilone (PZ) – Località “Gaudiano”

Risultati dell'indagine anemometrica e valutazione della ventosità di lungo periodo

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 sls] > 4 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 nei punti dei generatori eolici 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 se la posizione di ogni turbina dell'impianto ricade nella isovento di 4 m/s (o superiore) a 25 m dal suolo.

Ogni aerogeneratore dell'impianto ricade dentro i confini della isovento superiore a 4 m/s e, in particolare, il valore in media pesata dell'impianto, risulta di $V_{25m} = 4.52$ 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.

Impianto eolico nel Comune di Montemilone (PZ) – Località “Gaudio”

Risultati dell’indagine anemometrica e valutazione della ventosità di lungo periodo

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 allegata 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 3 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.

Impianto eolico nel Comune di Montemilone (PZ) – Località “Gaudiano”

Risultati dell’indagine anemometrica e valutazione della ventosità di lungo periodo

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 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 oltre 12 mesi, anche di due serie di dati storici che, per confronti e correlazioni, sono risultate appartenente ai medesimi regimi di vento dell’area più estesa che include il sito di interesse, opportunamente confrontate con la stazione storica di lungo periodo.

L’analisi e l’elaborazione dei dati delle stazioni non hanno evidenziato particolari carenze o lacune. In fase di validazione la disponibilità del dato è risultata buona sull’intero periodo e ottima per l’anno completo di misurazione utilizzato, non avendo riscontrato malfunzionamenti e/o guasti sulla stazione RIF1 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.

Come detto, anche l’attività di valutazione della ventosità di lungo periodo è stata svolta con estremo profitto avendo potuto utilizzare una stazione con oltre 19 anni di dati ed avendo anche poi riscontrato un buon coefficiente di correlazione e altrettanto buona sintonia degli andamenti delle velocità medie mensili contemporanee con la stazione storica considerata.

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.