ALLEGATO 1

Rap. TG008/2019-VPE

Impianto eolico ubicato nel Comune di Calizzano (SV)

Valutazione preliminare della produzione attesa

CLIENTE	REVISIONE				REDAZIONE
San Pio Wind Energy S.r.l.	N°	MESE	ANNO	LUOGO	C. Gaioni
	00	APRILE	2019	GARDONE VAL TROMPIA	APPROVAZIONE C. Mazzarella
ORDINE RIF.	Accettazione Offerta mail del 01/04/2019				

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.

	SISTEMA QUALITA' CERTIFICATO **UNI EN ISO 9001:2015**

SOMMARIO

PREMESSA **4**

1 DATI DI VENTO **5**

2 LAYOUT D'IMPIANTO **6**

3 AEROGENERATORI **7**

4 ELABORAZIONE DATI DI VENTO **10**

5 MODELLO DI CALCOLO **12**

6 AREA DI APPLICAZIONE DEL MODELLO **12**

7 VERIFICHE SUL MODELLO **13**

7.1 Verifica dell'approssimazione della curva di Weibull 13

8 PRODUCIBILITÀ LORDA DELL'IMPIANTO **15**

9 PRODUZIONE ATTESA AL NETTO DELLE PERDITE D'IMPIANTO **17**

10 CONCLUSIONI **19**

ALLEGATI:

ALLEGATO A: **Rel.TG088/2016-IST** Resoconto sull'installazione della stazione anemometrica denominata Santa Rosalia Cod. T0725 ricadente nel Comune di Calizzano (SV)

ALLEGATO B: Raccolta dei report trimestrali di gestione stazione anemometrica e validazione dati della stazione anemometrica denominata Santa Rosalia Cod. T0725 ricadente nel Comune di Calizzano (SV)

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

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 **San Pio Wind Energy Srl** è la caratterizzazione anemologica di un sito e la conseguente valutazione di producibilità (o della produzione attesa) di un impianto eolico in progetto nel territorio comunale di Calizzano, nella Provincia di Savona, Regione Liguria.

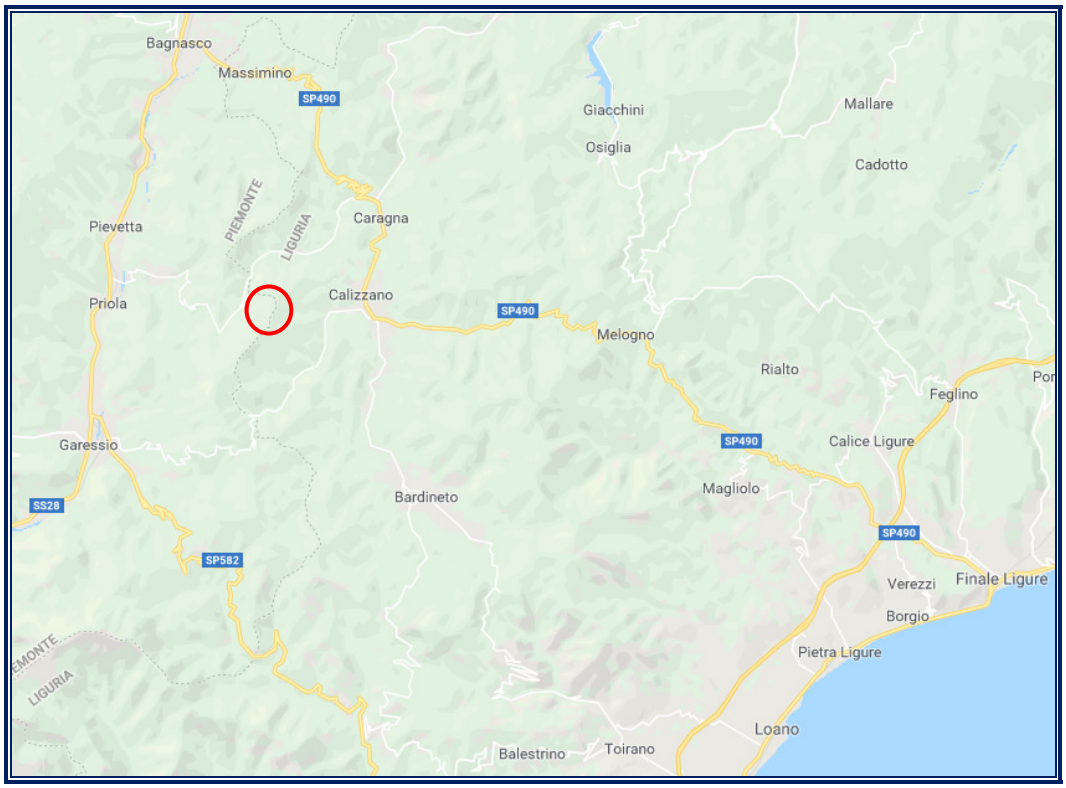


Fig. 1 Inquadramento del sito nel contesto geografico

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

1. Analisi, validazione ed elaborazione dei dati anemometrici disponibili;
2. Valutazione della ventosità di lungo periodo;
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 ($P_{50\%}$);

La presente relazione è completata dall'**Allegato A Rel.TG088/2016-IST**, riguardante il resoconto sull'installazione della stazione anemometrica denominata Santa Rosalia Cod. T0725 e dall'**Allegato B** relativo alla raccolta dei report trimestrali di gestione della stazione anemometrica e validazione dati utilizzati per le valutazioni di producibilità.

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.

1 DATI DI VENTO

Le due tabelle sottostanti riassumono il contenuto del monitoraggio anemometrico condotto in sito, evidenziando che la stazione è tuttoggi attiva, gestita e manutenuta ai fini di migliorare la qualificazione dei dati anemometrici per le necessarie successive fasi di approfondimento ed asseverazione:

Nome Stazione	Codice Stazione	H Torre s.l.s.	Coordinate UTM-ED50 - Fuso 32		Altitudine m s.l.m.
			Longitudine E	Latitudine N	
S.ROSALIA	T0725	40	426,599	4,898,849	1180

Nome Stazione	Codice Stazione	Periodo di rilevazione		N° mesi
		Data inizio	Data fine	
S.ROSALIA	T0725	12/07/2016	31/03/2019	32.6

2 LAYOUT D'IMPIANTO

Il layout d'impianto fornito è composto da n° 4 posizioni per aerogeneratori di grande taglia. Nella Tabella sottostante sono riportate le coordinate nel sistema UTM ED50.

COORDINATE UTM-ED50 – FUSO 32		
AG	Longitudine X	Latitudine Y
WTG01	426,390	4,899,006
WTG02	426,596	4,898,808
WTG03	426,456	4,898,592
WTG04	426,634	4,899,075



Fig. 2 Layout d'impianto su immagine satellitare

Nella tabella sottostante sono riportate le inter-distanze tra gli aerogeneratori d'impianto in metri (in alto a destra) e in diametri di un rotore da 131 m (in basso a sinistra).

Si segnalano inter-distanze ridotte tra le posizioni d'impianto. A tal proposito si raccomanda di sottoporre il layout al costruttore per ottenere una analisi dei carichi di fatica sulle pale delle turbine.

Inter-D	WTG01	WTG02	WTG03	WTG04
WTG01	-	286	419	254
WTG02	2.2	-	257	270
WTG03	3.2	2	-	515
WTG04	1.9	2.1	3.9	-

3 AEROGENERATORI

Per la valutazione di producibilità sono stati indicati i seguenti modelli di aerogeneratori.

Costruttore	Modello	Potenza [MW]	Diametro Rotore [m]	H mozzo [m]	Classe IEC
VESTAS	V90	2.0	90	80	IIA
NORDEX	N117	2.4	117	91	III
NORDEX	N131	3.0 limitata a 2.4	131	84	III

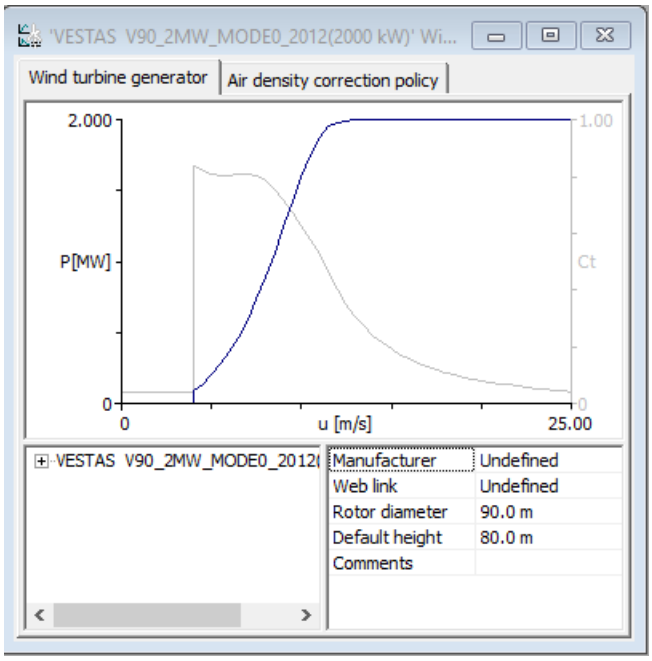
La curva di potenza utilizzata è quella calcolata alla densità dell'aria al livello del mare di 1.225 kg/m^3. Della perdita di energia dovuta alla densità dell'aria al livello della quota del sito si terrà conto nella stima delle perdite d'impianto. Di seguito, sono rappresentate nel loro sviluppo sia la curva di potenza (P) che la curva di spinta (Ct) per la determinazione delle perdite per effetto scia.

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

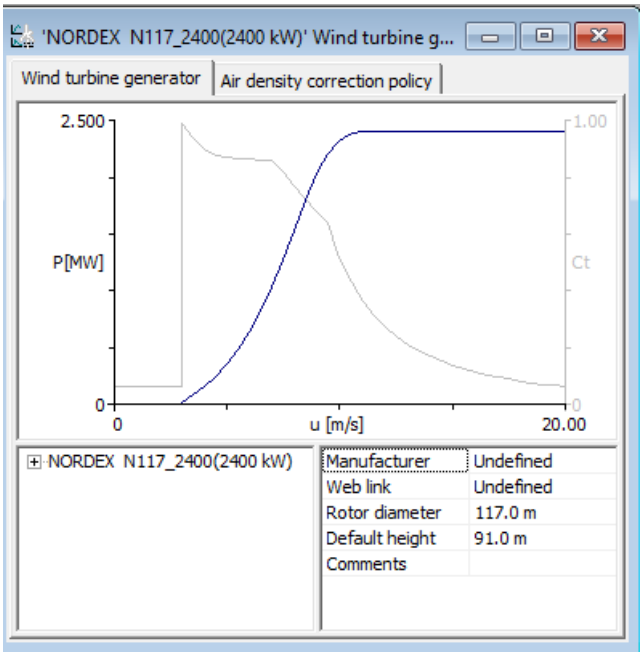
Sede Legale:
Via Matteotti, 311 – 25063 **Gardone Val Trompia (BS)**

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



VESTAS V90 (2000 kW)

Speed [m/s]	Power [MW]	Thrust coefficient
4.00	0.089	0.838
5.00	0.204	0.808
6.00	0.368	0.804
7.00	0.594	0.807
8.00	0.896	0.784
9.00	1.247	0.717
10.00	1.599	0.628
11.00	1.881	0.525
12.00	1.981	0.402
13.00	1.998	0.306
14.00	2.000	0.239
15.00	2.000	0.192
16.00	2.000	0.157
17.00	2.000	0.131
18.00	2.000	0.11
19.00	2.000	0.094
20.00	2.000	0.081
21.00	2.000	0.07
22.00	2.000	0.062
23.00	2.000	0.054
24.00	2.000	0.048
25.00	2.000	0.043



NORDEX N117 (2400 kW)

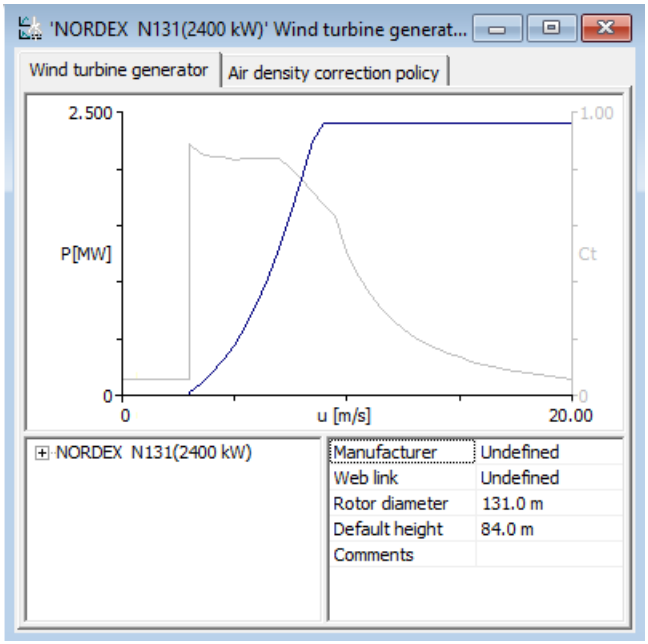
Speed [m/s]	Power [MW]	Thrust coefficient
3.00	0.023	0.991
4.00	0.154	0.897
5.00	0.356	0.869
6.00	0.644	0.864
7.00	1.037	0.859
8.00	1.528	0.77
9.00	2.039	0.681
10.00	2.325	0.517
11.00	2.400	0.364
12.00	2.400	0.273
13.00	2.400	0.212
14.00	2.400	0.17
15.00	2.400	0.138
16.00	2.400	0.115
17.00	2.400	0.097
18.00	2.400	0.082
19.00	2.400	0.071
20.00	2.400	0.062

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



NORDEX N131 (2400 kW)

Speed [m/s]	Power [MW]	Thrust coefficient
3.00	0.033	0.887
4.00	0.194	0.844
5.00	0.442	0.833
6.00	0.802	0.838
7.00	1.298	0.837
8.00	1.915	0.761
9.00	2.400	0.676
10.00	2.400	0.509
11.00	2.400	0.357
12.00	2.400	0.267
13.00	2.400	0.207
14.00	2.400	0.165
15.00	2.400	0.134
16.00	2.400	0.111
17.00	2.400	0.093
18.00	2.400	0.079
19.00	2.400	0.068
20.00	2.400	0.059

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

4 ELABORAZIONE DATI DI VENTO

I risultati conseguiti dalla lettura, validazione ed elaborazione dei dati del sensore di velocità di sommità installato sulla stazione anemometrica 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
T0725	40	33	80.4	4.35	142	4.77	1.41

I dati di vento sono stati ricostruiti mediante correlazioni tra i sensori disponibili per incrementare la disponibilità da 80.4% a 87.7%.

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
T0725	40	33	87.7	4.51	160	4.95	1.40

A seguito della ricostruzione è stata svolta la verifica dell'allineamento di lungo periodo della ventosità misurata mediante correlazioni giornaliere con la stazione metereologica di Colle San Bernardo.

Di seguito si riporta la tabella finale a seguito dell'allineamento sul lungo termine.

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
T0725_S	40	Storico	87.7	4.58	167	5.04	1.40

Considerata la vegetazione che caratterizza il sito, costituita da alberi di altezza attorno ai 15 m, si è preferito estrapolare direttamente i dati all'altezza di 80 m per limitare l'estrapolazione verticale del modello di calcolo.

L'estrapolazione è stata svolta tenendo conto di un cosiddetto *displacement height* (pari a 10 m) corrispondente a 2/3 dell'altezza stimata degli alberi e considerando l'intervallo di 20 m tra i sensori a 40 e 20 m dal suolo.

Parametri gradiente al suolo (Displacement Height = 10.0m)		
Altezze dal suolo	da Velocità Media	da Media delle Medie Mensili
40m & 20m	0.165	0.162

Il valore del gradiente al suolo risultante è assimilabile a quello ottenuto con una campagna di misura con profilatore sonico svolta in sito.

La tabella seguente riporta i valori dei gradienti al suolo per bin e settore di direzione utilizzati nell'estrapolazione.

Settori Direzione	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
348.75° - 11.25°	0.368	0.327	0.229	-0.136	0.516	0.505	0.402	0.315	0.387	0.34	0.444	0.505
11.25° - 33.75°	0.381	0.34	0.218	0.206	0.488	0.495	0.392	0.439	0.421	0.296	0.401	0.504
33.75° - 56.25°	0.449	0.418	0.267	0.276	0.641	0.503	0.46	0.456	0.438	0.33	0.432	0.427
56.25° - 78.75°	0.42	0.438	0.31	0.203	0.444	0.429	0.42	0.432	0.593	0.434	0.4	0.359
78.75° - 101.25°	0.321	0.293	0.165	0.152	0.271	0.298	0.283	0.283	0.386	0.306	0.309	0.315
101.25° - 123.75°	0.235	0.172	0.117	0.0814	0.223	0.23	0.219	0.162	0.178	0.207	0.236	0.234
123.75° - 146.25°	0.223	0.185	0.0991	0.0781	0.162	0.242	0.253	0.16	0.207	0.266	0.26	0.234
146.25° - 168.75°	0.199	0.142	0.126	0.0898	0.0738	0.198	0.216	0.144	0.187	0.213	0.254	0.183
168.75° - 191.25°	0.143	0.0462	0.0163	0.0595	0.0987	0.128	0.163	0.13	0.153	0.107	0.241	0.0352
191.25° - 213.75°	0.152	0.0913	-0.0502	0.0844	0.12	0.169	0.229	0.195	0.184	0.221	0.188	0.111
213.75° - 236.25°	0.152	0.132	0.00649	0.118	0.104	0.193	0.169	0.163	0.191	0.185	0.172	0.117
236.25° - 258.75°	0.148	0.207	-0.117	0.0227	0.0396	0.241	0.149	0.122	0.206	0.198	0.0867	0.182
258.75° - 281.25°	0.0975	0.0693	0.0259	-0.0254	0.0991	0.177	0.163	0.104	0.107	0.000	0.00911	0.0752
281.25° - 303.75°	0.0996	0.0996	0.082	0.0765	0.184	0.212	0.181	0.158	0.142	0.115	0.0879	0.112
303.75° - 326.25°	0.146	0.137	0.141	0.148	0.291	0.347	0.257	0.211	0.203	0.175	0.155	0.183
326.25° - 348.75°	0.25	0.251	0.231	0.0655	0.435	0.474	0.345	0.285	0.32	0.301	0.298	0.378

Stazione anemometrica	Velocità media a 40 m	Velocità media a 80 m
codice	m/s	m/s
T0725_S	4.58	5.26

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