REGIONI LIGURIA - PIEMONTE

Comuni:
CASTELVECCHIO DI ROCCA BARBENA(SV): LOCALITA' "MONTE LINGO"
GARESSIO (CN): LOCALITA' "ORTICO"

PROGETTO DEFINTIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA 2 AEROGENERATORI

Sezione 9:
SCREENING AMBIENTALE

Titolo elaborato:
STIMA DI PRODUCIBILITÀ DELL'IMPIANTO EOLICO

N. Elaborato 9.12 Data: GIUGNO 2012

Committente

Via Nazionale, 2
25052 Piancogno (BS)
p.iva 00814870986

Rappresentante Legale
Dott. Elio Rosario Gheza

Progettazione

TEN project srl
Via A. De Gasperi, 61
82018 San Giorgio del Sannio (BN)
p.iva 01269320626

Progettista
Dott. Ing. Massimo Lepore

Dott. Ing. LEPORE MASSIMO ALBO INGEGNERI Provincia di BENEVENTO n. 1394 San Giorgio del Sannio (Bn)

01	GIU 2012	DF		M.E.D.	ML		Adeguamento STMG
00	MAG 2011	DF		M.E.D.	ML		Richiesta A.U. – DLgs 387/03
REV.	DATA	sigla	firma	responsabile	sigla	firma	DESCRIZIONE
		REDAZIONE		CONTROLLO-EMISSIONE			

INDICE

1. PREMESSA 3

2. INDIVIDUAZIONE DELL'AREA DI STUDIO 3

3. ANALISI DEI DATI ANEMOMETRICI 4

3.1. CARATTERISTICHE DELLE STAZIONI ANEMOMETRICHE DI CASTELVECCHIO DI ROCCA BARBENA (Loc. Monte Lingo) 4

3.2. DISTRIBUZIONE STATISTICA DELLA VELOCITA' MEDIA AL CENTRO DELLA WIND FARM 38

3.3. CLASSIFICAZIONE DEL SITO SECONDO NORMATIVA CEI ENV 61400-1 IIIed. 40

4. STIMA DI PRODUCIBILITÀ 42

4.1. METODOLOGIA 42

4.2. CALCOLO DELLA PRODUZIONE ENERGIA ANNUALE (AEP) 44

5. CONCLUSIONI 50

1. PREMESSA

Lo scopo di tale documento è valutare la risorsa eolica presente nell'area oggetto di studio e di elaborare una stima di producibilità per lo sviluppo progettuale di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica.

Nei paragrafi successivi viene mostrata una sintesi delle caratteristiche anemologiche ed una stima di produzione media annua di energia della Wind Farm costituita da 2 aerogeneratori di 500 kW di potenza del tipo TURBOWINDS T-500 da installare in agro del Comune di Castelvecchio di Rocca Barbena (SV).

2. INDIVIDUAZIONE DELL'AREA DI STUDIO

L'impianto oggetto dello studio è sito in località "Monte Lingo", a circa 4 Km in direzione Nord-Ovest dal Comune di Castelvecchio e a circa 3,5 in direzione Sud Ovest dal Comune di Bardineto. L'area risulta essere ben esposta ai venti dominanti come confermato anche dalle misure illustrate di seguito.

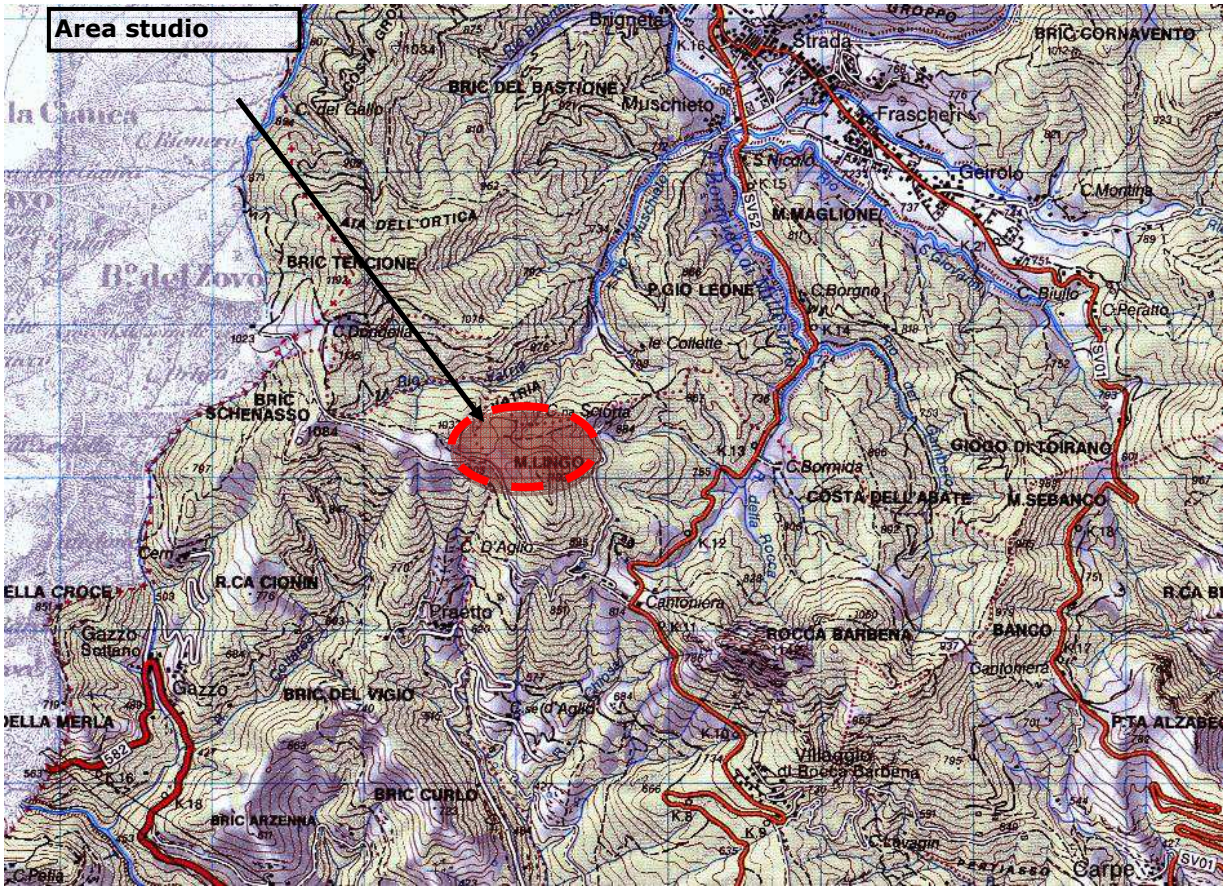


Figura 1: Area di impianto evidenziato su stralcio cartografico IGM 1:50.000

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

3. ANALISI DEI DATI ANEMOMETRICI

Per la caratterizzazione anemologica del sito sono state utilizzate due stazioni di misura entrambe installate in sito nella medesima posizione in agro del comune di Castelvecchio di Rocca Barbena (SV) ambedue costituite da una stazione di misura di altezza 30 m la prima delle quali possiede un database che ricopre un periodo di monitoraggio che va dal 14/05/2009 al 17/03/2010. Tale stazione, a fronte di un particolare episodio che ne ha determinato la caduta, è stata dismessa e sostituita con una nuova stazione di tipo tralicciato avente similari caratteristiche anch'essa di altezza 30 m installata in data 13/07/2010. Entrambe le installazioni sono state eseguite in ottemperanza alle raccomandazioni della ISO 61400-12.

3.1. CARATTERISTICHE DELLE STAZIONI ANEMOMETRICHE DI CASTELVECCHIO DI ROCCA BARBENA (Loc. Monte Lingo)

Per la stima della risorsa eolica e per la valutazione della produzione di energia elettrica dall'installazione di aerogeneratori nel sito individuato il località Monte Lingo in agro del Comune di Castelvecchio di Rocca Barbena (SV), sono stati utilizzati i dati monitorati da entrambe le stazioni anemometriche installate in prossimità delle posizioni delle turbine di progetto. Ambedue le stazioni posseggono le medesime caratteristiche ed un'altezza massima di monitoraggio di 30 m alla quale entrambe hanno monitorato l'intensità del vento attraverso l'utilizzo di un sensore calibrato e certificato. La posizione geografica di ambedue le stazioni è individuabile attraverso le coordinate di seguito riportate:

COORDINATE GB fuso Ovest	
Latitudine Nord	4890848
Longitudine Est	1428930
Altitudine	1031 m s.l.m.

COORDINATE WGS 84 fuso 32	
Latitudine Nord	4890835
Longitudine Est	428902

Di seguito sono elencati e rappresentati i documenti e le informazioni relative alle citate stazioni anemometriche sebbene siano poi in seguito proposti i relativi rapporti di installazione con tutte le informazioni inerenti anche le caratteristiche tecniche di strutture e apparecchiature.

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

Caratteristiche tecniche delle stazioni di rilevamento	
Descrizione	Tipo
Anemometro 30/20 m	NRG Maximum Anemometer Calibrated
Anemometro 10 m	NRG Maximum Anemometer
Banderuola 30/20 m	NRG #200P Wind Direction Vane 10 K
Data Logger 1	NRG Logger Symphonie con ipack GSM
Data Logger 2	Second Wind Logger NOMAD2 con GSM
Data Card 1	MMC Card
Data Card 2	Compact Flash
Torre	ES 30
Cavo schermato tripolare	sensor cable 3C 20 ga
Cavo schermato bipolare	sensor cable 2C 20 ga
Calata in rame per scarico a terra	giallo verde d= 16 mm
Captatore di fulmini	ES
Dispersore di terra	Acciaio ramato

I sensori di velocità utilizzati sono del tipo NRG #40 Maximum Anemometer.
I sensori di direzione utilizzati sono del tipo NRG #200P Wind Direction Vane – 10K.
Il sistema di raccolta e registrazione dati è affidato ad un componente elettronico "DATA LOGGER" del tipo NRG - Symphonie per la prima stazione e del tipo Second Wind - Nomad 2 per la seconda, dai quali periodicamente, in concomitanza dei sopralluoghi manutentivi, sono stati prelevati i dati attraverso sostituzione e formattazione del supporto elettronico (MMC e/o Compact flash).
La strumentazione utilizzata consente la rilevazione della velocità del vento con un intervallo di campionamento di 1 s inoltre, per ogni intervallo di 10 minuti vengono calcolati e memorizzati la velocità media, minima, massima e la deviazione standard. Ciò consente una corretta stima della distribuzione statistica dei dati ed una approfondita analisi della turbolenza del vento che è un parametro importante per la corretta scelta delle macchine e della loro disposizione nel layout della Wind Farm.
Tutti i sensori utilizzati sono stati fissati su supporti metallici con una lunghezza dei bracci sensori (mounting booms) di 1500 mm.

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

I supporti per i sensori di direzione (banderuole) sono stati installati seguendo la direzione del Nord e la banderuola viene sistemata in modo da formare un angolo di 0° rispetto allo stesso punto cardinale. I supporti dei sensori di velocità sono invece stati disposti lungo la direzione migliore alla captazione del vento predominante. I sensori utilizzati sono di costruzione americana, prodotti dalla casa NRG Systems e quelli di velocità posizionati alla sommità di ambedue le stazioni di misura sono anemometri calibrati e certificati:

NRG #40C Maximum Anemometer – Calibrated;

NRG #200P Wind Direction Vane – 10K.

L'immagine che segue mostra la posizione della stazione anemometrica rispetto al Layout di progetto costituito da due turbine del tipo TURBOWINDS T-500 da 500 kW.

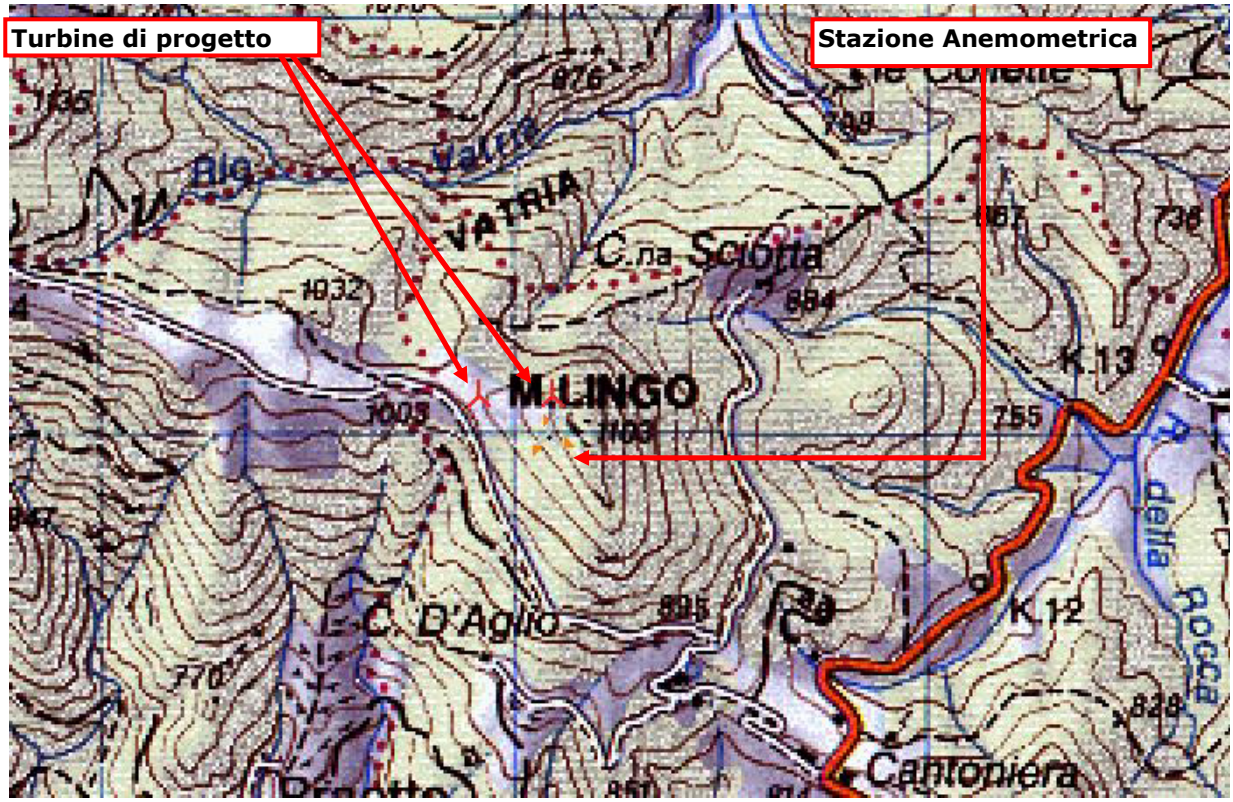


Figura 2: - Posizione della stazione anemometrica in riferimento alle posizioni delle turbine di progetto

A seguire sono riportati i report di installazione, i certificati di calibrazione ed i rapporti di manutenzione di ambedue le torri anemometriche rispettivamente in ordine cronologico ed individuate dal progressivo codice di sito 605 e 606:

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

STAZIONE ANEMOMETRICA DI 30 m (dismessa in data 17/03/2010)

REPORT INSTALLAZIONE

Stazione Anemometrica di:	Castelvecchio di Rocca Barbena - Località M. Lingo
Codice Stazione:	605
Data: 14-mag-09	Presenze: Rutigliano + Squadra Enermed Service

Informazioni di inquadramento dell'area:		
Sistema di Coordinate:	UTM WGS 84 FUSO 32	
Longitude Est: x	428902	
Latitude Nord: y	4890835	
Quota: m s.l.m.	1037	

SITO	Terreno	~~Incolto~~	~~Seminativo~~	Frutteto	Pascolo	Abitativo
	Morfologia	Pianura	Collina	Fondovalle	Altopiano	Sommità
		Crinale	~~Montagna~~			
OSTACOLI	Commenti - Note:					

STRUMENTAZIONE	DESCRIZIONE	Matricola	Tipo	Orientamento Banderuola	Orientamento supporti sensori	Lunghezza supporti sensori
	Anemometro m: 30	84066	NRG		Sud	150 cm
	Anemometro m: 20	84063	NRG		Sud	150 cm
	Anemometro m: 10		NRG		Sud	150 cm
	Banderuola m: 30		NRG	Nord		150 cm
	Banderuola m: 20		NRG	Nord		150 cm
	Datalogger	SN: 993		MOD: NRG con kit ipack		
	Data Card	~~MMC~~		COMPACT FLASH		
	Torre tipo	Al	~~Acciaio~~	Altezza m:		30
	Cavo schermato tripolare	Sez: 3*0,50		Lunghezza m:		60
	Cavo schermato bipolare	Sez: 2*0,50		Lunghezza m:		70
	Calata in rame per scarico a terra	Gialloverde Ø 16		Lunghezza m:		35
	Captatore di fulmini	Asta + parafulmine		Lunghezza m:		1,8
	Dispersore di terra	N. 2 puntazze in acciaio ramato		Lunghezza m:		1,2

INSTALLAZIONE			
	Ditta installatrice:	ENERMED SERVICE Srl	
	Installazione:	Data: 14-mag-09	
	Avvio datalogger:	Data: 14-mag-09	
	Verifica corretta installazione e registrazione:	~~SI~~	NO
	Responsabile del montaggio:	Firma	

ENERMED SERVICE Srl Strada Statale 17, Km 327 Località Perazzo
71036 Lucera (FG)

Figura 3: - Report Installazione stazione anemometrica cod. sito 605

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

OTECH ENGINEERING INC.
630 Peña Drive, Suite 800
Davis, CA 95618
530.757.2264
www.otechwind.com

ANEMOMETER CALIBRATION REPORT

Customer: NRG Systems, Inc.

This document reports that a wind tunnel test was performed for the anemometer listed below in accordance with transfer function protocols defined by ASTM D 5096-02, ISO 17713-1, and IEC 61400-12-1. The following data and transfer function is the relationship between the reference wind speed measurement in the wind tunnel test section and the unadjusted signal output from the instrument under test (IUT) given the prescribed speed range.

IUT Model No: NRG #40
IUT Serial No: 179500084066
IUT Output: AC Sine Wave

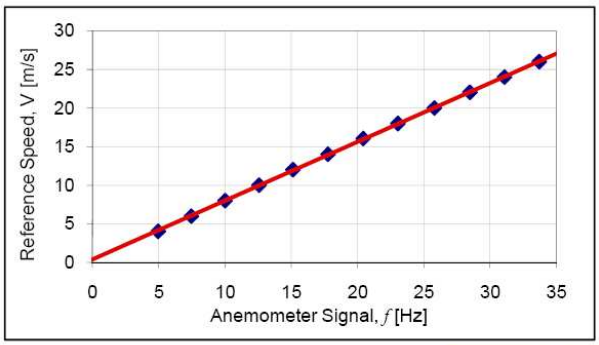
Test Date and Time: 10/6/08 8:40 PM
Test Speed Range: 4 - 26 m/s

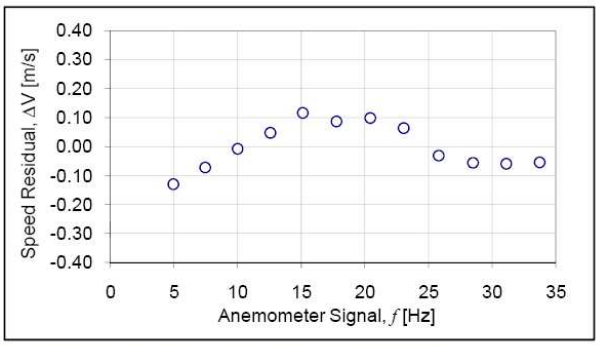
Wind Tunnel Test Facility
Otech Tunnel ID: WT2B
Type: Eiffel (open circuit, suction)
Test Section Size: 0.61 m x 0.61 m x 1.22 m
Manufacturer: Engineering Laboratory Design, Inc.

Data Acquisition
Hardware: National Instruments CDAQ-9172 USB 2.0 chassis with NI 9205 32-chan 16-bit AI module
Software: National Instruments LabVIEW 8.5
Signal Reduction Method for IUT: FFT to determine frequency

Measuring Equipment
Reference Speed: Four United Sensor Type PA Pitot-static tubes sensed by an MKS Barotron Type 220D Differential Pressure Transducer (NIST traceable)
Amb. Pressure: Setra Model 270 Barometer (NIST traceable)
Amb. Temperature: OMEGA HX94 SS Probe (NIST traceable)
Relative Humidity: OMEGA HX94 SS Probe (NIST traceable)

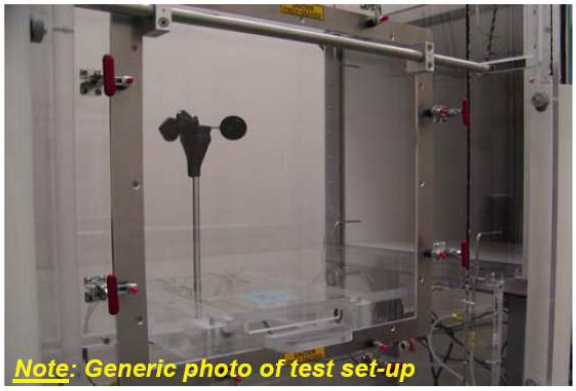
Test Conditions
Reference Speed Position Correction = 1
Reference Speed Blockage Correction = 1
Mean Ambient Pressure = 101452 Pa
Mean Ambient Temperature = 24.7 deg C
Mean Relative Humidity = 42.7% RH
Mean Density = 1.1811 kg/cubic meter





Transfer Function Test Results: **V [m/s] = 0.762 f [Hz] + 0.39**

r = 0.99994 std. err. estimate = 0.0835 m/s


Note: Generic photo of test set-up

Reference Speed [m/s]	Anemometer Output [Hz]	Residual [m/s]	Ref. Speed Uncertainty
4.021	4.945	-0.130	0.568%
7.991	9.997	-0.008	0.485%
12.014	15.118	0.116	0.483%
16.035	20.421	0.098	0.470%
20.002	25.801	-0.031	0.477%
24.004	31.093	-0.060	0.490%
26.007	33.718	-0.055	0.472%
22.018	28.481	-0.056	0.477%
17.993	23.038	0.064	0.488%
13.997	17.761	0.086	0.507%
10.002	12.566	0.047	0.480%
5.982	7.445	-0.072	0.600%

Figura 4: - Certificato di calibrazione sensore 30 m stazione cod 605

OTECH ENGINEERING INC.
630 Peña Drive, Suite 800
Davis, CA 95618
530.757.2264
www.otechwind.com

ANEMOMETER CALIBRATION REPORT

Customer: NRG Systems, Inc.

This document reports that a wind tunnel test was performed for the anemometer listed below in accordance with transfer function protocols defined by ASTM D 5096-02, ISO 17713-1, and IEC 61400-12-1. The following data and transfer function is the relationship between the reference wind speed measurement in the wind tunnel test section and the unadjusted signal output from the instrument under test (IUT) given the prescribed speed range.

IUT Model No: NRG #40
IUT Serial No: 179500084063
IUT Output: AC Sine Wave

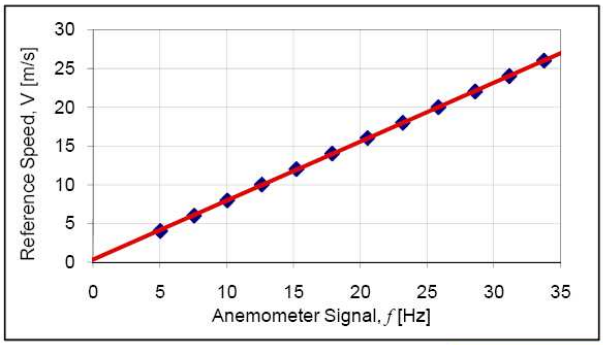
Test Date and Time: 10/6/08 8:08 PM
Test Speed Range: 4 - 26 m/s

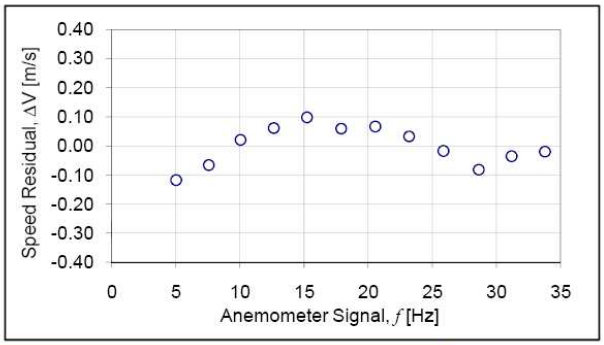
Wind Tunnel Test Facility
Otech Tunnel ID: WT2B
Type: Eiffel (open circuit, suction)
Test Section Size: 0.61 m x 0.61 m x 1.22 m
Manufacturer: Engineering Laboratory Design, Inc.

Data Acquisition
Hardware: National Instruments CDAQ-9172 USB 2.0 chassis with NI 9205 32-chan 16-bit AI module
Software: National Instruments LabVIEW 8.5
Signal Reduction Method for IUT: FFT to determine frequency

Measuring Equipment
Reference Speed: Four United Sensor Type PA Pitot-static tubes sensed by an MKS Barotron Type 220D Differential Pressure Transducer (NIST traceable)
Amb. Pressure: Setra Model 270 Barometer (NIST traceable)
Amb. Temperature: OMEGA HX94 SS Probe (NIST traceable)
Relative Humidity: OMEGA HX94 SS Probe (NIST traceable)

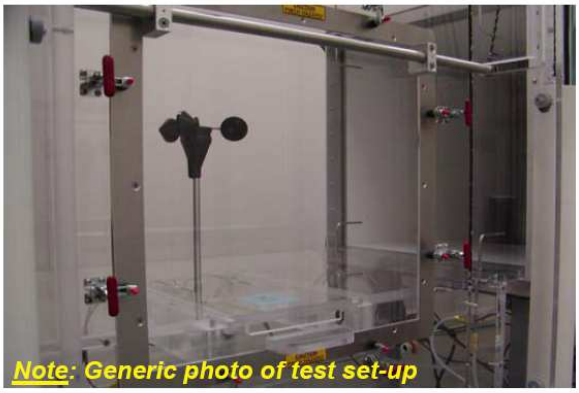
Test Conditions
Reference Speed Position Correction = 1
Reference Speed Blockage Correction = 1
Mean Ambient Pressure = 101428 Pa
Mean Ambient Temperature = 25.6 deg C
Mean Relative Humidity = 42.7% RH
Mean Density = 1.177 kg/cubic meter





Transfer Function Test Results: **V [m/s] = 0.761 f [Hz] + 0.33**

r = 0.99996 std. err. estimate = 0.0704 m/s



Reference Speed [m/s]	Anemometer Output [Hz]	Residual [m/s]	Ref. Speed Uncertainty
4.028	5.016	-0.118	0.519%
7.986	10.038	0.021	0.479%
12.007	15.222	0.098	0.477%
16.029	20.551	0.066	0.478%
19.983	25.859	-0.017	0.471%
24.005	31.169	-0.035	0.483%
26.006	33.780	-0.020	0.475%
22.012	28.610	-0.082	0.479%
17.999	23.186	0.032	0.483%
14.001	17.894	0.059	0.487%
10.003	12.637	0.061	0.484%
6.019	7.566	-0.066	0.500%

Figura 5: - Certificato di calibrazione sensore 20 m stazione cod 605

ENERMED S.R.L. S.S. 17 loc. Perazzo, 71036 Lucera (FG)

SCHEDA SITO EOLICO

Numero di sito	**605**	Progetto numero		**PIN: xxxxxxx**
Nome del sito	**Castelvecchio di Rocca Barbena – Monte Lingo**	**Nome del progetto : Monte Lingo**		
Ubicazione sito	**Comune di Castelvecchio di Rocca Barbena prov. di Savona**			
N. foglio catastale		Proprietario		
N. particella				
Latitudine WGS 84 32	**4890835 Nord**	Fuso Orario		
Longitudine WGS 84 32	**428902 Est**	Declinazione magnetica		
Altitudine	**1040 m s.l.m.**	Vento prevalente		
Descrizione del sito (tipi di alberi, colline, ecc.)				
Caratteristiche della zona (ostruzioni e distanze dalla torre)	Torre posizionata nei pressi della wind farm di studio			
Tipologia del suolo	Pedomontano			
Incarico di installazione firma: **Enermed Service Srl**	**Data di installazione: 14 maggio 2009**			

Data logger serie N° 0993 tipo Symphonie con kit ipack

	anemometro 1	**anemometro 2**	**anemometro 3**	**banderuola 1**	**banderuola 2**
Altezza di monitoraggio	**30m**	**20m**	**10m**	**30 m**	**20 m**
Numero di serie					
Principale o ridondante	Principale	Ridondante	Ridondante	Principale	Ridondante
Orientamento di installazione (Gradi - Magnetico)	180° da nord	180° da nord	180° da nord	0° nord	0° nord
Lunghezza supporto	1,5 mt	1,5 mt	1,5 mt	1,5 mt	1,5 mt
Orientamento supporto	180° da nord	180° da nord	180° da nord	0° nord	0° nord
Certificato di calibrazione-numero	**84066**	**84063**			
Data di calibrazione					
Offset	0,39	0,33	0,35	0	0
Unità di misura	m/s	m/s	m/s	deg	deg
Fattore di scala	0,762	0,761	0,765	0,351	0,351
N. canale del data logger	1	2	3	7	8

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

Castelvecchio di Rocca Barbena - Località M. Lingo			
Data sopralluogo	**NOTE**	**Manutenzione ordinaria**	**Manutenzione straordinaria**
14 maggio 2009	**Prima installazione a cura di Enermed Service. Torre nuova**		
3 giugno 2009	Prelievo dati	Controllo Tiranti	Dati pervenuti via mail.
8 giugno 2009	Prelievo dati	Controllo Tiranti	Dati pervenuti via mail.
7 luglio 2009	Prelievo dati	Controllo Tiranti	Dati pervenuti via mail. Si filtrano tutti i canali dal 27.06.09 al 07.07.09.
16 luglio 2009	**Manutenzione logger a cura di Filippo M……..**		
28 luglio 2009	Prelievo dati	Controllo Tiranti	Dati pervenuti via mail.
31 luglio 2009	**MANUTENZIONE ORDINARIA TORRE A CURA DI ENERMED SERVICE. È stata fissata la canalina di protezione per i cavi elettrici. Inoltre, sono stati montati dei tubi rossi per la segnalazione dei cavi d'acciaio.**		
13 settembre 2009	Prelievo dati	Controllo Tiranti	Dati pervenuti via mail.
4 novembre 2009	Prelievo dati	Controllo Tiranti	I dati mi sono stati inviati da Stefano P……..
17 marzo 2010	Prelievo dati	Controllo Tiranti	I dati mi sono stati inviati da Stefano P……. il 31.08.10. Analizzando i dati, si deduce che, **la torre è caduta il 22.12.09.**

Figura 6: - Rapporto di manutenzione della stazione di 30 m cod 605

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

REPORT INSTALLAZIONE E SPECIFICHE STAZIONE ANEMOMETRICA DI 30 m cod sito 606

TecnoGaia S.r.l.
www.tecnogaia.it

SINCERT SGS

Rel. TG082/2010-IST

Resoconto sull'installazione della stazione anemometrica denominata Monte Lingo ricadente nel Comune di Castelvecchio di Rocca Barbena (SV)

CLIENTE	REVISIONE				REDAZIONE
Fen Energia	N°	MESE	ANNO	LUOGO	C. MAZZARELLA
	0	LUGLIO	2010	MILANO	APPROVAZIONE M. BORGHETTI
ORDINE RIF.	Ordine N° OA10001719 del 07/07/2010				

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

TecnoGaia S.r.l.

SINCERT SGS

www.tecnogaia.it

Resoconto sull'installazione della stazione anemometrica denominata Monte Lingo ricadente nel Comune di Castelvecchio di Barbena (SV)
Autore: C. Mazzarella

IL PRESENTE DOCUMENTO È DESTINATO ESCLUSIVAMENTE AL COMMITTENTE.

TECNOGAIA NON PUÒ IN NESSUN CASO ESSERE RITENUTA RESPONSABILE DELLA SUA DIFFUSIONE NON AUTORIZZATA.

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

SGS / SINCERT	SISTEMA QUALITA' CERTIFICATO UNI EN ISO 9001:2008

Sedi operative ed amministrative:

- Via Crocefisso, 25 – 20122 **Milano**
  Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700
- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B – 23855 **Pescate (LC)**
  Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 - 25063 – **Gardone V.T. (BS)**
  Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

Sede Legale:
Via Crocefisso, 25 – 20122 **Milano**

N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 41.600 interamente versato

Rel. TG082/2010-IST – Fen Energia SpA - Ordine N° OA10001719 del 07/07/2010

1. Premessa

Nell'ambito dell'incarico ricevuto da Fen Energia SpA per l'espletamento di attività di monitoraggio eolico, nel mese di Luglio 2010, è stata effettuata l'installazione di una stazione anemometrica ricadente nel territorio della provincia di Savona. La presente relazione riporta il resoconto degli interventi effettuati.

Costituiscono parte integrante del documento gli allegati contenenti:

- le planimetrie con l'ubicazione del punto di installazione;
- le schede con le informazioni rilevate durante l'attività in sito;
- le prove di registrazione dopo l'installazione;
- le riprese fotografiche effettuate al termine delle attività in sito.

La relazione stessa è altresì resa disponibile anche su supporto magnetico con formato compatibile con l'ambiente Windows.

2. Installazione della stazione anemometrica Monte Lingo – Castelvecchio di Rocca Barbena (SV)

In data 13/07/2010 è stata installata nel territorio comunale di Castelvecchio di Rocca Barbena (SV) una stazione anemometrica da 30 metri denominata "Monte Lingo", in località omonima, a cui è stato assegnato il codice stazione 0720.

Sul sostegno sono stati installati, oltre al sistema di acquisizione dati e al kit di telegestione, due sensori di velocità, uno a 30 e uno a 20 m dal suolo e uno di direzione a 30m, orientando le mensole che sostengono i sensori di velocità, rispetto al sostegno, in modo da risultare quest'ultimo ininfluente per la misura dei venti prevalenti che interessano il sito; la frequenza e l'intensità di tali regimi di vento sono dedotte da indicazioni anemologiche interne.

La scelta del punto di installazione è scaturita, ad opera del Committente, dall'individuazione di un punto ben rappresentativo di un'area più ampia che, da deduzioni ed informazioni locali, appare interessata da buona ventosità.

L'ubicazione della stazione è riportata sulla planimetria nella **Tavola 1** (cartografia stradale 1:200.000) e, con maggior dettaglio, nella **Tavola 2** (stralcio cartografia IGMI 1:25.000).

La **Scheda A** "Qualificazione dei dati anemologici di un sito – Scheda della stazione anemometrica" contiene i dati identificativi della stazione e delle apparecchiature installate, nonché i dati relativi alla localizzazione della stazione e al sito circostante il punto di installazione.

Prima dell'installazione è stata effettuata in laboratorio una verifica di funzionamento delle apparecchiature da utilizzare, i cui risultati sono riportati nella **Scheda B** "Qualificazione dei dati anemologici di un sito – Scheda di verifica in laboratorio delle apparecchiature da utilizzare".

La **Scheda C** "Qualificazione dei dati anemologici di un sito – Rapporto sul sopralluogo effettuato nel sito per la scelta del punto di installazione della stazione anemometrica" fornisce i dati relativi all'accessibilità ed alcuni dati utili per il montaggio della stazione ricavati dal sopralluogo effettuato prima dell'installazione.

La **Scheda D** "Qualificazione dei dati anemologici di un sito – Configurazione acquisitore dati dei canali di velocità" è una rappresentazione fotografica, tratta dalla prova di registrazione dopo l'installazione, delle impostazioni inserite nell'acquisitore dati relative ai sensori di velocità presenti sulla stazione anemometrica.

Negli allegati denominati "Report di calibrazione dell'anemometro" sono riportati:

- Nell' **Allegato 1a** i risultati di una prova di calibrazione in camera a vento, eseguita dall'istituto riconosciuto Measnet, Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services, sul sensore di velocità SECONDWIND SWI C3 N° # 09-7558 che è stato installato con apposita mensola sulla sommità del sostegno a 30 m dal suolo.
- Nell' **Allegato 1b** i risultati di una prova di calibrazione in camera a vento, eseguita dall'istituto riconosciuto Measnet, Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services, sul sensore di velocità SECONDWIND SWI C3 N° # 09-7560 che è stato installato con apposita mensola a 120 m dal suolo.

Al fine di verificare il funzionamento dell'acquisitore dati, al termine dell'installazione è stata effettuata una prova di funzionamento, i cui risultati sono riportati nell'**Allegato 2** "Prova di registrazione dopo l'installazione" e su supporto magnetico con nome-file montelingo.xls, che è stata trascodificata al rientro in sede.

Completano le informazioni raccolte per questa installazione le **riprese fotografiche** della postazione anemometrica, effettuate dalla stazione e verso la stazione da una distanza di qualche decina di metri, in direzione dei punti cardinali.

Mazz

Milano, 30.07.2010

QUALIFICAZIONE DEI DATI ANEMOLOGICI DI UN SITO
Scheda della stazione anemometrica

TecnoGaia S.r.l.

Sito: Monte Lingo		**Fornitore: Tecnogaia**	
Data	Codifica documento	Archivio	Compilato da

Sezione A) – Dati identificativi della stazione anemometrica

Nome stazione (max 16 car.): **Monte Lingo** Codice: **0720**
Comune di: **Castelvecchio di Rocca Barbena** Provincia: **SV** Regione: **Liguria**
Tavoletta IGMI: **Zuccarello** Foglio n°: **92 III NE**

Sezione B) – Dati identificativi delle apparecchiature

SENSORE VELOCITÀ	*h dal suolo(m)*	*Tipo*	*Modello*	*n° matricola*	*n° inventario*	*Posizione sensori*
A	**30**	**SWI**	**C3**	**09-7558**	**TG10/1750**	**170°**
B	**20**	**SWI**	**C3**	**09-7560**	**TG10/1752**	**170°**
C						
D						

SENSORE DIREZIONE	*h dal suolo(m)*	*Tipo*	*Modello*	*n° matricola*	*n° inventario*	*ZERO*	*Rotazione Positiva verso il settore*
A	**30**	**NRG**	**200P**		**TG10/1803**	**0°**	**EST**
B							
C							

ACQUISITORE		**SECONDWIND**	**NOMAD2**	**#3767**	**TG07/1094**	ACCESSORI: **KIT GSM**
SOSTEGNO	**30**	**TG**	⦸**114**			
Contenitore delle apparecchiature						

Verifica in uscita effettuata da: **Bonsi** Data: **20/05/10**

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

Coordinate chilometriche UTM ED50: long. **428 986** - latit. **4 891 034** - Fuso **32**
Altitudine in metri s.l.m.: **1044**
Caratteristiche orografiche: **SOMMITA'** Utilizzo del terreno: **PASCOLO**
Dimensioni dell'area interessata: **0.5** (kmq) Accessibilità: **BUONA**
Presenza linee elettriche:
Note : Fuoristrada ultimi 500m

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

Sarà effettuata da: **Tecnogaia** per conto di: **Fen Energia**

Rel. TG082/2010-IST – Fen Energia SpA - Ordine N° OA10001719 del 07/07/2010 **Scheda A-1**

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

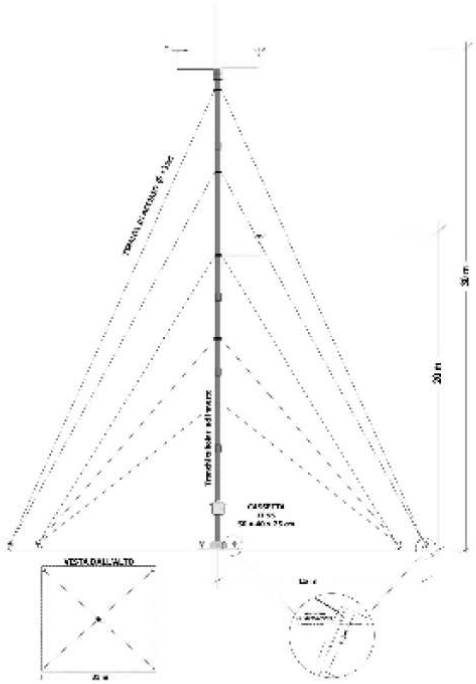
QUALIFICAZIONE DEI DATI ANEMOLOGICI DI UN SITO
Scheda della stazione anemometrica

TecnoGaia S.r.l.

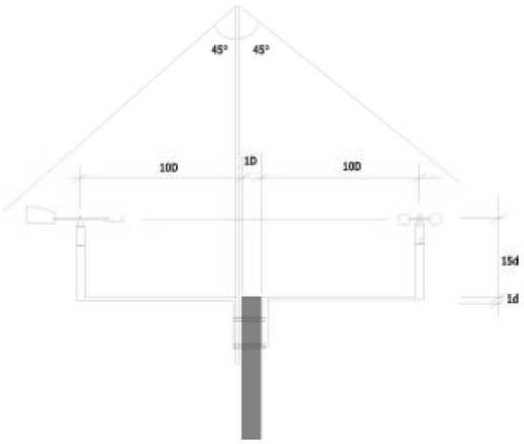
Sito: Monte Lingo	**Stazione: Monte Lingo**

Sezione E) – Caratteristiche del sostegno e disposizione dei sensori

STAZIONE ANEMOMETRICA

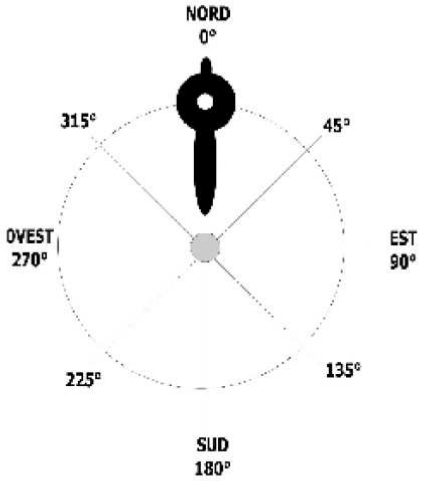


MENSOLE ANEMOMETRI E PARAFULMINE

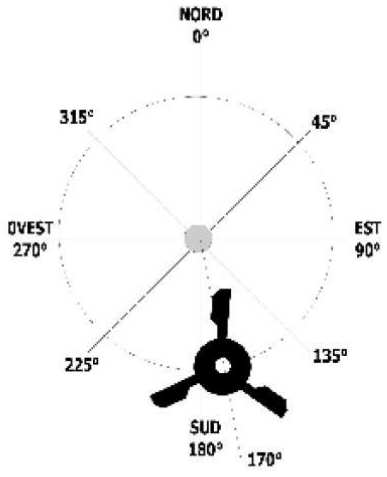


ORIENTAMENTO MENSOLE:

SENSORE DI DIREZIONE



SENSORI DI VELOCITA' A e B



Stazione anemometrica installata da: **Combini** data: **13/07/2010**

Rel. TG082/2010-IST – Fen Energia SpA - Ordine N° OA10001719 del 07/07/2010 **Scheda A-2**

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

QUALIFICAZIONE DEI DATI ANEMOLOGICI DI UN SITO
Scheda di verifica in laboratorio delle apparecchiature da utilizzare

TecnoGaia S.r.l.

Committente: Fen Energia	**Staz. prev.Di installaz.: 30m_20_05**

Data	Codifica documento	Archivio	Compilato da

Sezione A) – Dati identificativi delle apparecchiature

SENSORI VELOCITÀ

(A): h dal suolo **30** (m) Tipo **SWI** mod. **C3** n° matr. **09-7558** n° inven. **TG10/1750**
(B): h dal suolo **20** (m) Tipo **SWI** mod. **C3** n° matr. **09-7560** n° inven. **TG10/1752**
(C):

SENSORI DIREZIONE

(A): h dal suolo **30** (m) Tipo **NRG** mod. **200P** n° matr. n° inven. **TG10/1803**
(B):

ACQUISITORE: Tipo **SECONDWIND** mod. **NOMAD2** n° matr. **#3767** n°invent. **TG07/1094**

Sezione B) – Prova di funzionamento dei sensori

SENSORE DI VELOCITÀ (A)			SENSORE DI VELOCITÀ (B)		
VELOCITÀ DI ROTAZIONE IMPOSTATO (giri/min)	FREQUENZA IN USCITA DAL SENSORE (Hz)	VALORE DI VELOCITÀ RISCONTRATO (m/s)	VELOCITÀ DI ROTAZIONE IMPOSTATO (giri/min)	FREQUENZA IN USCITA DAL SENSORE (Hz)	VALORE DI VELOCITÀ RISCONTRATO (m/s)
140	5	**4.2**	**140**	5	**4.2**
350	12.5	**9.9**	**350**	12.5	**9.9**
705	25	**19.5**	**705**	25	**19.5**

SENSORE DI VELOCITÀ (C)			SENSORE DI DIREZIONE (A)		
VELOCITÀ DI ROTAZIONE IMPOSTATO (giri/min)	FREQUENZA IN USCITA DAL SENSORE (Hz)	VALORE DI VELOCITÀ RISCONTRATO (m/s)	POSIZIONE DELLA BANDERUOLA (° Sess.)	VALORE DI DIREZIONE ATTESO (°Sess.)	VALORE DI DIREZIONE RISCONTRATO (°Sess.)
			EST	90	**89**
			SUD	180	**179**
			OVEST	270	**269**

SENSORE DI DIREZIONE (B)			SENSORE DI DIREZIONE (C)		
POSIZIONE DELLA BANDERUOLA (° Sess.)	VALORE DI DIREZIONE ATTESO (°Sess.)	VALORE DI DIREZIONE RISCONTRATO (°Sess.)	POSIZIONE DELLA BANDERUOLA (° Sess.)	VALORE DI DIREZIONE ATTESO (°Sess.)	VALORE DI DIREZIONE RISCONTRATO (°Sess.)

Sezione C) – Prova di registrazione

Data **20/05/10** dalle:**10.00** alle:**11.00** Nome file: **200510.xls**

*Esito della verifica: **POSITIVO***

Note : _____

Verifica effettuata da :**BONSI** Data : **20/05/10**

Rel. TG082/2010-IST – Fen Energia SpA - Ordine N° OA10001719 del 07/07/2010 **Scheda B**

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

QUALIFICAZIONE DEI DATI ANEMOLOGICI DI UN SITO
Rapporto sul sopralluogo effettuato nel sito per la scelta del punto di installazione della stazione anemometrica

TecnoGaia S.r.l.

Sito: Monte Lingo		**Fornitore: Tecnogaia**	
Data	Codifica documento	Archivio	Compilato da

Sezione A) – Dati dimensionali della stazione anemometrica

Sostegno da ☐ 50 m ☐ 40 m ■30 m ☐ 20 m ☐ 15 m ☐ Altro

Sezione B) – Dati identificativi del sito

Nome del sito: **Monte Lingo** Località: **Monte Lingo**

Comune di : **Castelvecchio di Rocca Barbena** Provincia : **SV**

Coordinate UTM: Long. **428 986** - Latit. **4 891 034** - Fuso**32**

Tavoletta IGMI: **Zuccarello** Foglio n° : **92 III NE**

Segni particolari che identificano il punto di installazione:

Abitato più vicino al sito: **Castelvecchio di Rocca Barbena**

Sezione C) – Dati relativi alle caratteristiche del sito e accessibilità

Tipo di terreno: ☐Smosso (Terreno sabbioso) ☐Compatto (pascolo)
■ Roccioso misto ☐ Roccia viva

Recinzione: ☐ Si per pascolo equini o bovini ☐ Si per richiesta specifica ■ NO

Abitato dal quale parte la strada migliore per accedere al sito: **Castelvecchio di Rocca Barbena**

Descrizione del percorso e dei segni che identificano il percorso per raggiungere il sito:

Dalla A10 Genova Ventimiglia, uscire ad Albenga, svoltando 2 volte a SX per Garessio e 1 km dopo, raggiunta una rotonda, imboccare la seconda uscita a DX, sempre in direzione Garessio. Percorsi 10,5 km, svoltare a DX per Calizzano e, 3,7km dopo, a SX ancora per Calizzano. 7.9km più avanti, dopo una casa cantoniera, girare a SX verso il Colle San Bernardo di Garessio (strada con divieto di accesso stagionale), tenendo, 1 km più avanti la strada a SX, la quale, 100m dopo, diventa sterrata e proseguendo per 1,1km. Girare a DX e, 300m più avanti, trovo il punto d'istallazione.

Mezzi: ☐ Furgone ☐ Auto ■ Fuoristrada per gli ultimi 500m ☐ Trattore
☐ Piedi per metri_____ con dislivello di___ m___
Riferimento per procurarsi un trattore:
Presenza cancelli ☐ SI ■ NO
Se SI chiedere autorizzazione a:

Problemi di percorrenza con pioggia (fondo strada non drenante): ■SI ☐ NO

Scheda compilata da: Combini **data:** 13/07/10

Rel. TG082/2010-IST – Fen Energia SpA - Ordine N° OA10001719 del 07/07/2010 **Scheda C**

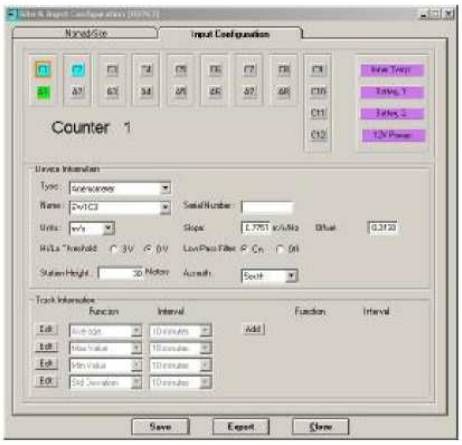
TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

QUALIFICAZIONE DEI DATI ANEMOLOGICI DI UN SITO
Configurazione acquisitore dati dei canali di velocità

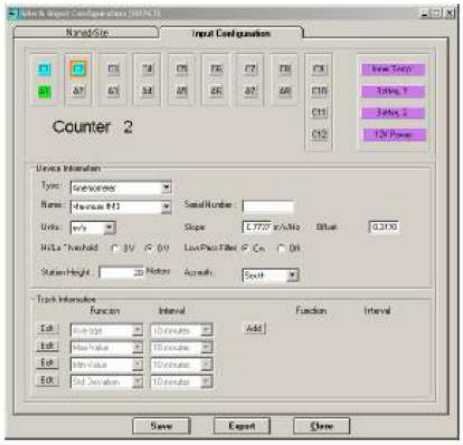
TecnoGaia S.r.l.

Sito: Monte Lingo	**Fornitore: Tecnogaia**

Sezione A – Configurazione acquisitore (canali velocità)



Configurazione acquisitore sensore velocità a 30 m



Configurazione acquisitore sensore velocità a 20 m

DEUTSCHER KALIBRIERDIENST DKD

Kalibrierlaboratorium / Calibration laboratory
Akkreditiert durch die / *accredited by the*
Akkreditierungsstelle des Deutschen Kalibrierdienstes

Deutsche WindGuard
Wind Tunnel Services GmbH
Varel

DKD-K- 36801

09/7558
DKD-K-36801
12/2009

Kalibrierschein
Calibration Certificate

Kalibrierzeichen
Calibration label

Gegenstand *Object*	Cup Anemometer
Hersteller *Manufacturer*	Second Wind Inc. USA Somville MA
Typ *Type*	C3
Fabrikat/Serien-Nr. *Serial number*	Body: 12399 Cup: 12399
Auftraggeber *Customer*	TecnoGaia S.r.l. I-20099 Sesto San Giovanni
Auftragsnummer *Order No.*	VT09692
Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines *Number of pages of the certificate*	3
Datum der Kalibrierung *Date of calibration*	08.12.2009

Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Rückführung auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI).
Der DKD ist Unterzeichner der multi- lateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine.
Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.
This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).
The DKD is signatory to the multilateral agreements of the European co-operation for Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates.
The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung sowohl der Akkreditierungsstelle des DKD als auch des ausstellenden Kalibrierlaboratoriums. Kalibrierscheine ohne Unterschrift und Stempel haben keine Gültigkeit.
This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of both the Accreditation Body of the DKD and the issuing laboratory. Calibration certificates without signature and seal are not valid.

Stempel *Seal*	Datum *Date*	Leiter des Kalibrierlaboratoriums *Head of the calibration laboratory*	Bearbeiter *Person in charge*
Deutscher DKD-K-36801 Kalibrierdienst	08.12.2009	Dipl. Phys. D. Westermann	Dipl. Ing. (FH) Catharina Herold

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

Deutsche WindGuard
Wind Tunnel Services GmbH

Seite 2
Page

09/7558
DKD-K-36801
12/2009

Kalibriergegenstand
Object
Anemometer

Kalibrierverfahren
Calibration procedure
IEC 61400 12 1 - Wind Turbine Power Performance Testing 12 2005
MEASNET - Cup Anemometer Calibration Procedure – 09 1997
ISO 3966 – Measurement of fluid in closed conduits - 1977

Ort der Kalibrierung
Place of calibration
Windtunnel of Deutsche WindGuard, Varel

Messbedingungen
Test Conditions

wind tunnel area [1]	10000 cm²
anemometer frontal area [2]:	185 cm²
diameter of mounting pipe [3]:	13 mm
blockage ratio [4]	0.019 [-]
blockage correction [5]:	1.000 [-]
average WindGuard reference [6]	12.6 1/s (NRG #40)
present WindGuard reference [7]	12.44 1/s

Umgebungsbedingungen
Test conditions

air temperature	19.7 °C	± 1.0 K
air pressure	1013.0 hPa	± 1.0 hPa
relative air humidity	45.1 %	± 2.5 %

Dateiinformation
File info

Anmerkungen
Remarks
-

Auswertesoftware
Software version
4.0

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

Dieser Kalibrierschein wurde elektronisch erzeugt
This calibration certificate has been generated electronically

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

Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services GmbH

Rel. TG082/2010-IST – Fen Energia SpA - Ordine N° OA10001719 del 07/07/2010

Allegato 1a

09/7558
DKD-K-36801
12/2009

Kalibrierergebnis:
Result:

Test Item (1/s)	Tunnel Speed (m/s)	Uncertainty (k=2) (m/s)
5.125	4.182	0.10
7.656	6.150	0.10
10.057	8.030	0.10
12.410	9.864	0.10
14.920	11.843	0.10
17.535	13.812	0.10
20.092	15.782	0.11
18.707	14.728	0.10
16.177	12.830	0.10
13.661	10.844	0.10
11.173	8.908	0.10
8.695	7.006	0.10
6.393	5.205	0.10

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

Der Deutsche Kalibrierdienst ist Unterzeichner der multilateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine. Die weiteren Unterzeichner innerhalb und außerhalb Europas sind den Internetseiten von EA (www.european-accreditation.org) und ILAC (www.ilac.org) zu entnehmen.

The expanded uncertainty assigned to the mea-surement results is obtained by multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k = 2. It has been determined in accordance with DKD-3. The value of the measurand lies within the assigned range of values with a probability of 95%.

The DKD is signatory to the multilateral agree-ments of the European co-operation for Accredita-tion (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates.

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

Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services GmbH

Anhang
Annex

09/7558

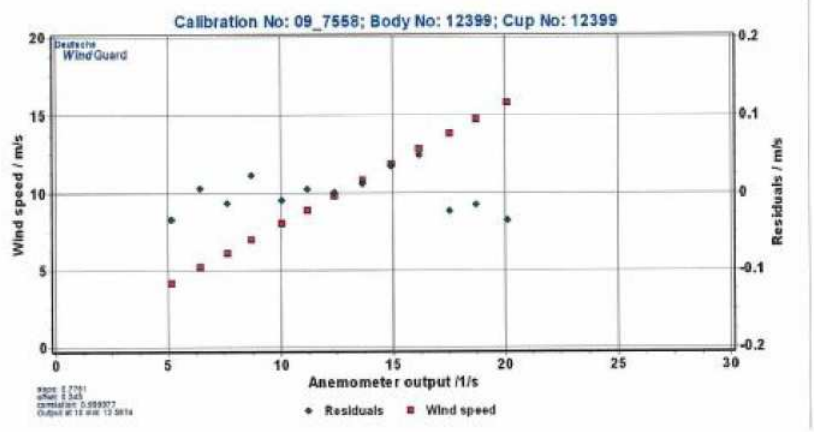
1 Detailed MEASNET[1] Calibration Results

DKD calibration no.	09/7558
Body no.	12399
Cup no.	12399
Date	08.12.2009
Air temperature	19.7 °C
Air pressure	1013.0 hPa
Humidity	45.1 %

Linear regression analysis

Slope	0.77512 (m/s)/(1/s) ±0.00157 (m/s)/(1/s)
Offset	0.243 m/s ±0.021 m/s
St.err(Y)	0.027 m/s
Correlation coefficient	0.999977

Remarks no



[1]) According to MEASNET Cup Anemometer Calibration Procedure 09/1997.
Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services is accredited by MEASNET and by the Deutscher Kalibrierdienst – DKD (German Calibration Service). Registration: DKD – K – 36801

Anhang
Annex

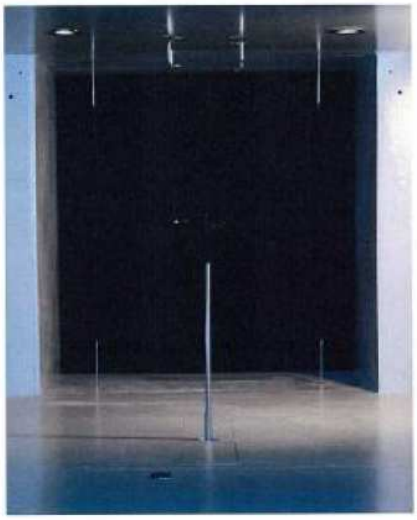
09/7558

2 Instrumentation

Pos.	Sensor	Manufa.	Identification	Year	Calibration
1	Pitot static tube	Airflow	483/8 Nr. 000142	02	06/02
2	Pitot static tube	Airflow	483/8 Nr. 000143	02	06/02
3	Pitot static tube	Airflow	483/8 Nr. 000144	02	06/02
4	Pitot static tube	Airflow	483/8 Nr. 000145	02	06/02
5	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688081	02	DWG12/07
6	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688082	02	DWG12/07
7	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688083	02	03/07
8	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688084	02	03/06
9	El. Barometer	Vaisala	100 A Nr. 302010004	02	DWG12/07
10	El. Thermometer	Galltec	KPK 1/8-ME	02	DWG12/07
11	El. Humidity sensor	Galltec	KPK 1/8-ME	02	DWG12/07
12	Wind tunnel control	-	-	-	-
13	CAN-BUS / PC	esd	-	04	05/04
14	Anemometer		-		
15	Universal Isolator	Knick	P2700 - 58285/8198430	05	01/06

Table 1 Description of the data acquisition system

3 Photo of the calibration set-up





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

4 Deviation to MEASNET procedure

The calibration procedure is in all aspects in accordance with the IEC 61400-12-1 Procedure

5 References

[1] J. Mander, D. Westermann, 12/2007 - Verfahrensanweisung DKD-Kalibrierung von Windgeschwindigkeitssensoren
[2] IEC 61400-12-1 12/2005 - Wind Turbine Power Performance Testing
[3] ISO 3966 1977 - Measurement of fluid flow in closed conduits
[4] MEASNET 09 1997 - Cup Anemometer Calibration Procedure

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

DEUTSCHER KALIBRIERDIENST DKD

Kalibrierlaboratorium / Calibration laboratory
Akkreditiert durch die / *accredited by the*
Akkreditierungsstelle des Deutschen Kalibrierdienstes

Deutsche WindGuard
Wind Tunnel Services GmbH
Varel

DKD-K- 36801

Kalibrierschein
Calibration Certificate

Kalibrierzeichen / *Calibration label*: 09/7560 | DKD-K-36801 | 12/2009

Gegenstand *Object*	Cup Anemometer
Hersteller *Manufacturer*	Second Wind Inc. USA Somville MA
Typ *Type*	C3
Fabrikat/Serien-Nr. *Serial number*	Body: 12420 Cup: 12420
Auftraggeber *Customer*	TecnoGaia S.r.l. I-20099 Sesto San Giovanni
Auftragsnummer *Order No.*	VT09692
Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines *Number of pages of the certificate*	3
Datum der Kalibrierung *Date of calibration*	08.12.2009

Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Rückführung auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI).
Der DKD ist Unterzeichner der multi- lateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine.
Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.
This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).
The DKD is signatory to the multilateral agreements of the European co-operation for Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates.
The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung sowohl der Akkreditierungsstelle des DKD als auch des ausstellenden Kalibrierlaboratoriums. Kalibrierscheine ohne Unterschrift und Stempel haben keine Gültigkeit.
This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of both the Accreditation Body of the DKD and the issuing laboratory. Calibration certificates without signature and seal are not valid.

Stempel *Seal*	Datum *Date*	Leiter des Kalibrierlaboratoriums *Head of the calibration laboratory*	Bearbeiter *Person in charge*
Deutscher Kalibrierdienst DKD-K- 36801	08.12.2009	Dipl. Phys. D. Westermann	Dipl. Ing. (FH) Catharina Herold

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

Seite 2
Page

09/7560
DKD-K-36801
12/2009

Kalibriergegenstand
Object Anemometer

Kalibrierverfahren
Calibration procedure
IEC 61400 12 1 - Wind Turbine Power Performance Testing 12 2005
MEASNET - Cup Anemometer Calibration Procedure – 09 1997
ISO 3966 – Measurement of fluid in closed conduits - 1977

Ort der Kalibrierung
Place of calibration Windtunnel of Deutsche WindGuard, Varel

Messbedingungen
Test Conditions

wind tunnel area [1]	10000 cm²	
anemometer frontal area [2]	185 cm²	
diameter of mounting pipe [3]	13 mm	
blockage ratio [4]	0.019 [-]	
blockage correction [5]	1.000 [-]	
average WindGuard reference [6]	12.6 1/s (NRG #40)	
present WindGuard reference [7]	12.44 1/s	

Umgebungsbedingungen
Test conditions

air temperature	19.7 °C	± 1.0 K
air pressure	1013.5 hPa	± 1.0 hPa
relative air humidity	44.5 %	± 2.5 %

Dateiinformation
File info

Anmerkungen
Remarks -

Auswertesoftware
Software version 4.0

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

Dieser Kalibrierschein wurde elektronisch erzeugt
This calibration certificate has been generated electronically

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

Seite 3
Page

09/7560
DKD-K-36801
12/2009

Kalibrierergebnis:
Result:

Test Item (1/s)	Tunnel Speed (m/s)	Uncertainty (k=2) (m/s)
5.134	4.175	0.10
7.849	6.142	0.10
10.049	8.016	0.10
12.432	9.669	0.10
14.954	11.837	0.10
17.566	13.811	0.10
20.104	15.776	0.11
18.742	14.727	0.10
16.227	12.830	0.10
13.663	10.837	0.10
11.149	8.910	0.10
8.668	6.995	0.10
6.446	5.233	0.10

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

Der Deutsche Kalibrierdienst ist Unterzeichner der multilateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine. Die weiteren Unterzeichner innerhalb und außerhalb Europas sind den Internetseiten von EA (www.european-accreditation.org) und ILAC (www.ilac.org) zu entnehmen.

The expanded uncertainty assigned to the mea-surement results is obtained by multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k = 2. it has been determined in accordance with DKD-3. The value of the measurand lies within the assigned range of values with a probability of 95%.

The DKD is signatory to the multilateral agree-ments of the European co-operation for Accredita-tion (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates.

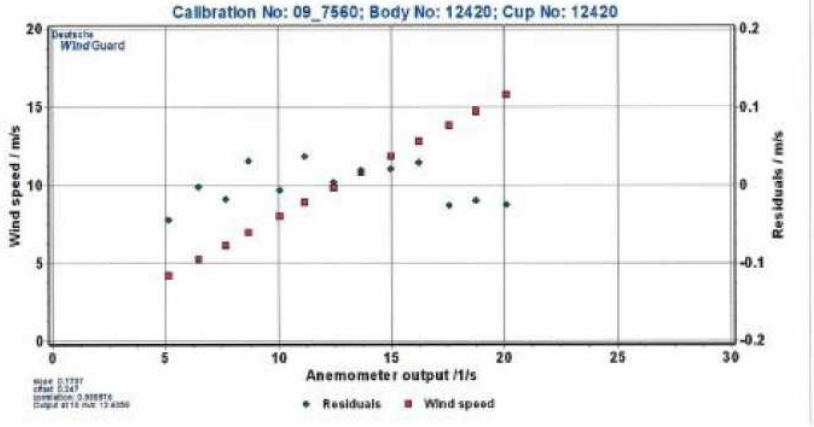
Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services GmbH
Oldenburger Str. 65
26316 Varel ; Tel. ++49 (0)4451 9515 0

Anhang
Annex

09/7560

1 Detailed MEASNET[1] Calibration Results

DKD calibration no.	09/7560
Body no.	12420
Cup no.	12420
Date	08.12.2009
Air temperature	19.7 °C
Air pressure	1013.5 hPa
Humidity	44.5 %
Linear regression analysis	
Slope	0.77365 (m/s)/(1/s) ±0.00162 (m/s)/(1/s)
Offset	0.247 m/s ±0.022 m/s
St.err(Y)	0.028 m/s
Correlation coefficient	0.999976
Remarks	no



[1]) According to MEASNET Cup Anemometer Calibration Procedure 09/1997.
Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services is accredited by MEASNET and by the Deutscher Kalibrierdienst – DKD (German Calibration Service). Registration: DKD – K – 36801

Anhang
Annex

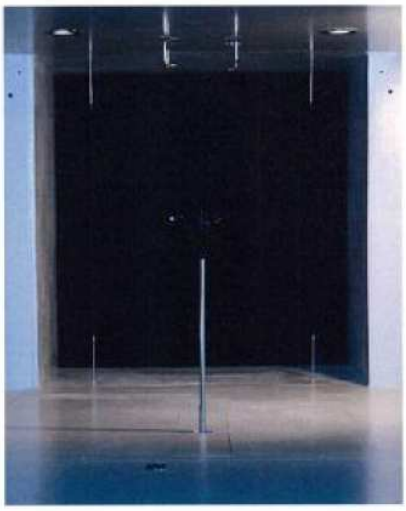
09/7560

2 Instrumentation

Pos.	Sensor	Manufa.	Identification	Year	Calibration
1	Pitot static tube	Airflow	463/8 Nr. 000142	02	06/02
2	Pitot static tube	Airflow	463/8 Nr. 000143	02	06/02
3	Pitot static tube	Airflow	463/8 Nr. 000144	02	06/02
4	Pitot static tube	Airflow	463/8 Nr. 000145	02	06/02
5	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688081	02	DWG12/07
6	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688082	02	DWG12/07
7	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688083	02	03/07
8	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688084	02	03/05
9	El. Barometer	Vaisala	100 A Nr. X2010004	02	DWG12/07
10	El. Thermometer	Galltec	KPK 1/6-ME	02	DWG12/07
11	El. Humidity sensor	Galltec	KPK 1/6-ME	02	DWG12/07
12	Wind tunnel control	-	-	-	-
13	CAN-BUS / PC	esd	-	04	05/04
14	Anemometer		-		
15	Universal Isolator	Knick	P2700 - 58285/8198430	05	01/06

Table 1 Description of the data acquisition system

3 Photo of the calibration set-up





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

4 Deviation to MEASNET procedure

The calibration procedure is in all aspects in accordance with the IEC 61400-12-1 Procedure

5 References

[1] J. Mander, D. Westermann, 12/2007 - Verfahrensanweisung DKD-Kalibrierung von Windgeschwindigkeitssensoren
[2] IEC 61400-12-1 12/2005 - Wind Turbine Power Performance Testing
[3] ISO 3966 1977 - Measurement of fluid flow in closed conduits
[4] MEASNET 09 1997 - Cup Anemometer Calibration Procedure

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

RIPRESE FOTOGRAFICHE DELLA STAZIONE ANEMOMETRICA

MONTE LINGO

CASTELVECCHIO DI ROCCA BARBENA (SV)



La Stazione vista da Nord



La Stazione vista da Est

Rel. TG082/2010-IST - Fen Energia SpA - Ordine N° OA10001719 del 07/07/2010

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

RIPRESE FOTOGRAFICHE DELLA STAZIONE ANEMOMETRICA

MONTE LINGO

CASTELVECCHIO DI ROCCA BARBENA (SV)



La Stazione vista da Sud



La Stazione vista da Ovest

Rel. TG082/2010-IST - Fen Energia SpA - Ordine N° OA10001719 del 07/07/2010

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

RIPRESE FOTOGRAFICHE DALLA STAZIONE ANEMOMETRICA
MONTE LINGO
CASTELVECCHIO DI ROCCA BARBENA (SV)



Dal punto di misura verso Nord



Dal punto di misura verso Est

Rel. TG082/2010-IST - Fen Energia SpA - Ordine N° OA10001719 del 07/07/2010

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

RIPRESE FOTOGRAFICHE DALLA STAZIONE ANEMOMETRICA

MONTE LINGO

CASTELVECCHIO DI ROCCA BARBENA (SV)



Dal punto di misura verso Sud



Dal punto di misura verso Ovest

Rel. TG082/2010-IST - Fen Energia SpA - Ordine N° OA10001719 del 07/07/2010

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

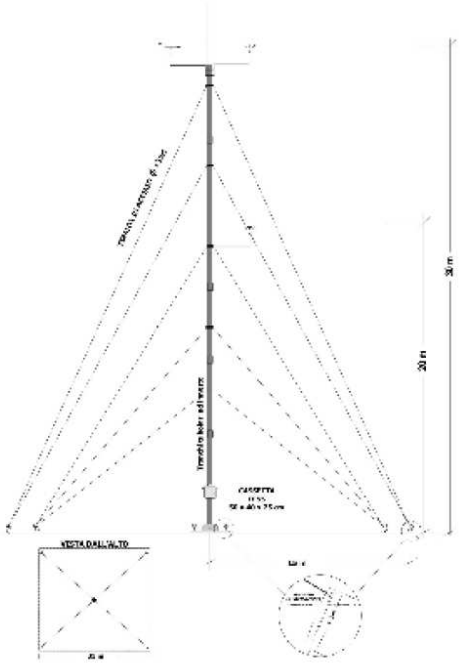
QUALIFICAZIONE DEI DATI ANEMOLOGICI DI UN SITO
Scheda della stazione anemometrica

TecnoGaia s.r.l.

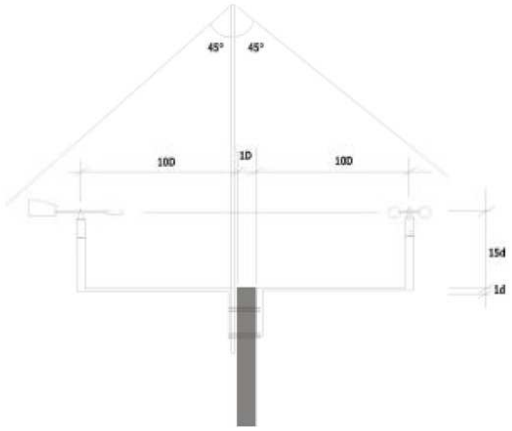
Sito: Monte Lingo	**Stazione: Monte Lingo**

Sezione E) – Caratteristiche del sostegno e disposizione dei sensori

STAZIONE ANEMOMETRICA

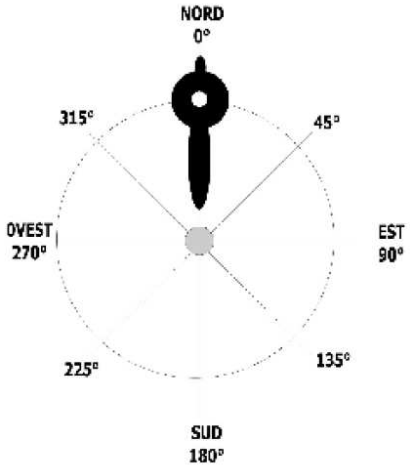


MENSOLE ANEMOMETRI E PARAFULMINE

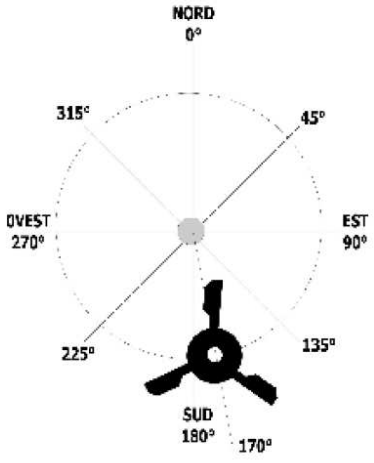


ORIENTAMENTO MENSOLE:

SENSORE DI DIREZIONE



SENSORI DI VELOCITA' A e B



Stazione anemometrica installata da: **Combini** data: **13/07/2010**

Rel. TG082/2010-IST – Fen Energia SpA - Ordine N° OA10001719 del 07/07/2010 **Scheda A-2**

QUALIFICAZIONE DEI DATI ANEMOLOGICI DI UN SITO
Scheda di verifica in laboratorio delle apparecchiature da utilizzare

TecnoGaia S.r.l.

Committente: Fen Energia	**Staz. prev.Di installaz.: 30m_20_05**

Data	Codifica documento	Archivio	Compilato da

Sezione A) – Dati identificativi delle apparecchiature

SENSORI VELOCITÀ

(A): h dal suolo **30** (m) Tipo **SWI** mod. **C3** n° matr. **09-7558** n° inven. **TG10/1750**
(B): h dal suolo **20** (m) Tipo **SWI** mod. **C3** n° matr. **09-7560** n° inven. **TG10/1752**
(C):

SENSORI DIREZIONE

(A): h dal suolo **30** (m) Tipo **NRG** mod. **200P** n° matr. n° inven. **TG10/1803**
(B):

ACQUISITORE: Tipo **SECONDWIND** mod. **NOMAD2** n° matr. **#3767** n°invent. **TG07/1094**

Sezione B) – Prova di funzionamento dei sensori

SENSORE DI VELOCITÀ (A)			SENSORE DI VELOCITÀ (B)		
VELOCITÀ DI ROTAZIONE IMPOSTATO (giri/min)	FREQUENZA IN USCITA DAL SENSORE (Hz)	VALORE DI VELOCITÀ RISCONTRATO (m/s)	VELOCITÀ DI ROTAZIONE IMPOSTATO (giri/min)	FREQUENZA IN USCITA DAL SENSORE (Hz)	VALORE DI VELOCITÀ RISCONTRATO (m/s)
140	5	**4.2**	**140**	5	**4.2**
350	12.5	**9.9**	**350**	12.5	**9.9**
705	25	**19.5**	**705**	25	**19.5**

SENSORE DI VELOCITÀ (C)			SENSORE DI DIREZIONE (A)		
VELOCITÀ DI ROTAZIONE IMPOSTATO (giri/min)	FREQUENZA IN USCITA DAL SENSORE (Hz)	VALORE DI VELOCITÀ RISCONTRATO (m/s)	POSIZIONE DELLA BANDERUOLA (° Sess.)	VALORE DI DIREZIONE ATTESO (°Sess.)	VALORE DI DIREZIONE RISCONTRATO (°Sess.)
			EST	90	**89**
			SUD	180	**179**
			OVEST	270	**269**

SENSORE DI DIREZIONE (B)			SENSORE DI DIREZIONE (C)		
POSIZIONE DELLA BANDERUOLA (° Sess.)	VALORE DI DIREZIONE ATTESO (°Sess.)	VALORE DI DIREZIONE RISCONTRATO (°Sess.)	POSIZIONE DELLA BANDERUOLA (° Sess.)	VALORE DI DIREZIONE ATTESO (°Sess.)	VALORE DI DIREZIONE RISCONTRATO (°Sess.)

Sezione C) – Prova di registrazione

Data **20/05/10** dalle:**10.00** alle:**11.00** Nome file: **200510.xls**

*Esito della verifica: **POSITIVO***

Note : _____

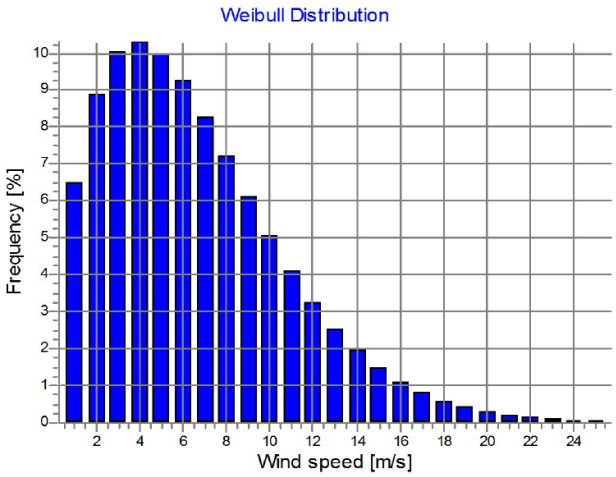
Verifica effettuata da :**BONSI** Data : **20/05/10**

Rel. TG082/2010-IST – Fen Energia SpA - Ordine N° OA10001719 del 07/07/2010 **Scheda B**

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

3.2. DISTRIBUZIONE STATISTICA DELLA VELOCITA' MEDIA AL CENTRO DELLA WIND FARM

I dati a disposizione di ambedue le stazioni di monitoraggio sono stati analizzati ed elaborati al fine di stimare le caratteristiche della risorsa eolica nella località di sviluppo dell'indagine anemometrica. A tale scopo è stata calcolata la statistica del vento con il software WindPRO utilizzando i dati di velocità e direzione del vento dei sensori presenti sulla stazione anemometrica. Di seguito è sinteticamente riportata la distribuzione statistica della velocità media del vento e l'analisi delle direzioni di provenienza ad un'altezza media di 65 m s.l.t. nel punto di installazione del Mast.



Weibull Data

Sector	A-parameter	Wind speed	k- parameter	Frequency
	[m/s]	[m/s]		[%]
0 N	10,58	9,38	2,344	40,5
1 NNE	7,41	6,61	1,689	10,8
2 ENE	2,02	1,80	1,712	1,1
3 E	1,49	1,33	1,690	0,5
4 ESE	2,22	1,97	1,832	1,3
5 SSE	4,75	4,22	2,532	13,1
6 S	4,59	4,06	2,172	17,8
7 SSW	4,17	3,69	2,060	9,1
8 WSW	1,57	1,43	1,445	0,8
9 W	1,49	1,47	1,045	0,3
10 WNW	2,67	2,49	1,248	0,4
11 NNW	10,09	8,97	2,634	4,4
All	7,35	6,59	1,580	100,0

Figura 7: Distribuzione in frequenza della velocità estrapolata a 65 m con i dati rilevati a 30 m in tutti i settori di direzione. La legenda accanto al grafico indica i parametri caratteristici stimati della distribuzione Weibull (A=parametro di scala k=parametro di forma). la velocità media rilevata è indicata nella colonna Wind speed.

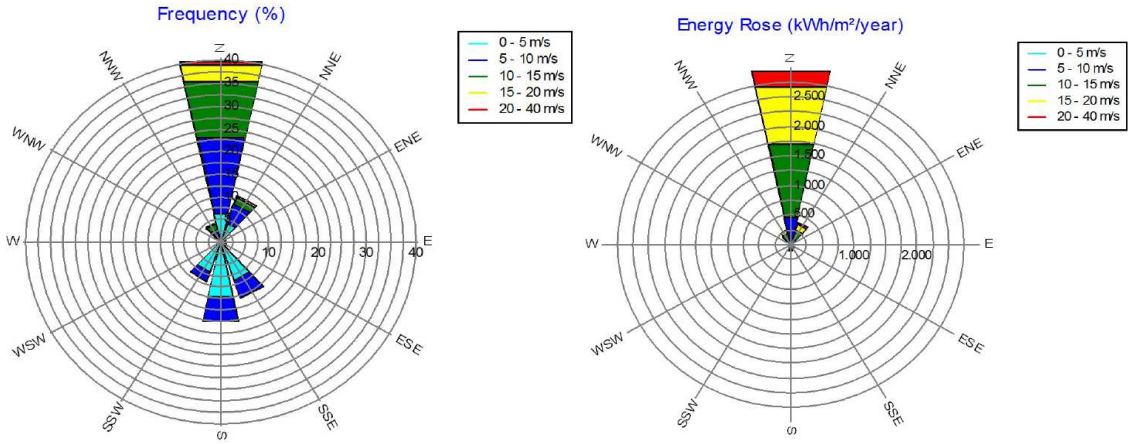


Figura 8: Frequenza percentuale ed energia dei dati del vento nei diversi settori della wind rose

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

Come si può notare, i dati indicano che il settore più ventoso e le cui frequenze sono più alte è relativo al quadrante nord che risulta essere anche il più produttivo.

L'analisi di questi dati è di fondamentale importanza per la corretta progettazione dell'impianto eolico in quanto questi dati influiscono direttamente su parametri quali, ad esempio, la disposizione degli aerogeneratori sul terreno, la mutua distanza da tenere tra le macchine per evitare perdita di produzione di energia o fenomeni di stress sulle componenti meccaniche degli aerogeneratori causati dall'effetto "scia".

La stazione anemometrica evidenzia una velocità media del sito che, nella zona di impianto, arriva a **6,5 m/s**.

La turbolenza è un parametro che fornisce un'informazione importante sulle caratteristiche fluidodinamiche della vena fluida in quanto restituisce la variabilità relativa della velocità del vento entro l'intervallo considerato. Ad esempio, un valore di turbolenza (TI) superiore a 0,18 (o equivalentemente 18%), indica un fenomeno ventoso piuttosto disturbato che potrebbe eventualmente sollecitare eccessivamente le macchine per la produzione di energia eolica ed inficiarne la produttività. In genere la turbolenza diminuisce man mano che ci si allontana dalla superficie terrestre in quanto gli ostacoli e l'orografia alterano il profilo fluidodinamico.

Per il sito in esame si riscontrano i seguenti valori, diagrammati in funzione della velocità media e delle direzioni di provenienza:

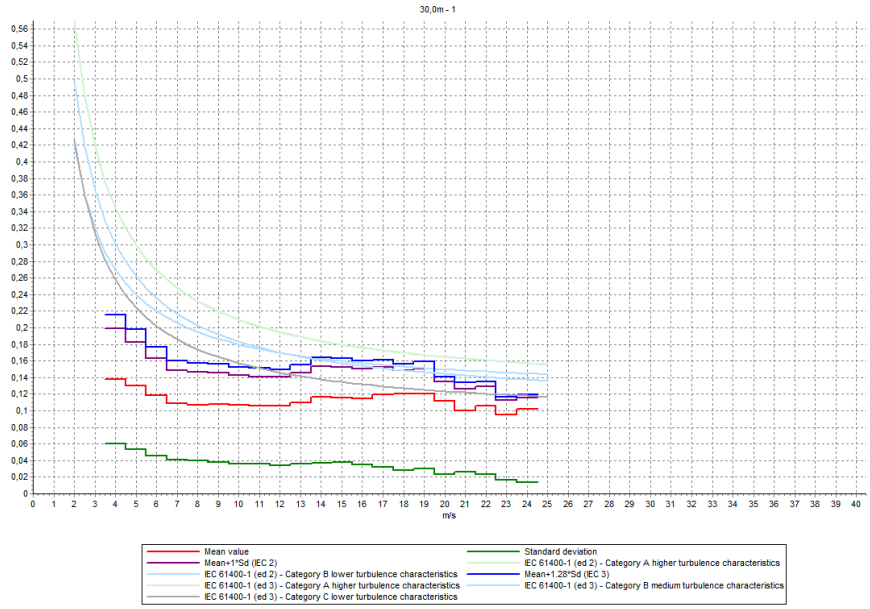


Figura 9: Raffronto dei valori percentuali della turbolenza calcolata in sito con i principali parametri di rispetto delle diverse edizioni della Norma di riferimento IEC 61400.

I parametri di turbolenza sono fortemente legati alla velocità del fluido e devono essere studiati approfonditamente per comprenderne gli effetti sull'impianto.

3.3. CLASSIFICAZIONE DEL SITO SECONDO NORMATIVA CEI ENV 61400-1 IIIed.

Per scegliere correttamente il tipo di aerogeneratore, bisogna tener conto che le turbine per installazioni "on-shore" vengono classificate in quattro differenti classi con robustezza che diminuisce al crescere del numero identificativo della classe.

Un parametro fondamentale, indicato nella normativa, che definisce tali classi di aerogeneratori è la Vref (velocità di riferimento del vento) definito come parametro base della velocità estrema del vento che è la velocità del vento con un periodo di ritorno di 50 anni calcolata su un intervallo base di 10 minuti.

La tabella che segue specifica i valori della Vref che definiscono le quattro classi degli aerogeneratori.

Tabella 1: parametri di base per la classificazione degli aerogeneratori CEI-EN 61400 2007-04

Classe di aerogeneratori		I	II	III	S
V_{ref}	(m/s)	50	42,5	37,5	Valori
A	I_{ref} (-)	0,16			specificati
B	I_{ref} (-)	0,14			dal
C	I_{ref} (-)	0,12			progettista

Nella Tab. 1, i valori di parametro si applicano all'altezza del mozzo e

V_{ref} è la velocità del vento di riferimento media su 10 min,

A indica la categoria con caratteristiche di turbolenza superiori,

B indica la categoria con caratteristiche di turbolenza medie,

C indica la categoria con caratteristiche di turbolenza inferiori e

I_{ref} è il valore atteso dell'intensità[2] della turbolenza a 15 m/s.

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

È importante sottolineare che i valori sopra indicati si applicano all'altezza del mozzo della turbina.

Per esempio un aerogeneratore progettato per la classe I, definita dalla velocità di riferimento Vref di 50 m/s, è dimensionato per resistere a climi per cui il valore estremo della velocità media (su 10 minuti) del vento all'altezza del mozzo dell'aerogeneratore, con un periodo di ricorrenza di 50 anni è inferiore o uguale alla relativa Vref di 50 m/s.

Si comprende quindi che, una volta individuato il sito di installazione, una opportuna scelta dell'aerogeneratore può essere effettuata solamente dopo il calcolo della velocità di riferimento Vref (all'altezza del mozzo della turbina) relativa al sito stesso.

Per la stima statistica della velocità di riferimento Vref di un sito occorre conoscere la distribuzione statistica della massima velocità media annuale in intervalli di dieci minuti. Tale procedura è fortemente raccomandata per la installazione di strutture speciali soprattutto laddove non ne esistano di precedenti. Per farsi un'idea di quale sia la classe del vento del sito in esame si può applicare una procedura abbreviata anch'essa suggerita da una norma IEC [Wind Energy Handbook Wiley] che consiste nel moltiplicare per 5 la velocità media annuale del sito all'altezza del mozzo.

Dai dati a disposizione, il sito in oggetto può ritenersi un sito di classe II in riferimento alla Vref; tale dato risulta confermato anche da diverse simulazioni effettuate con il software Wasp e da altri studi più accurati eseguiti nella stessa provincia.

Il parametro di turbolenza invece risulta essere abbastanza elevato con valori che sforano nella classe I.

La turbina presa in considerazione nel progetto è la TURBOWINDS T-500 di potenza nominale 500 kW installabile nell'area di progetto anche previo verifica e confronto con il fornitore.

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

4. STIMA DI PRODUCIBILITÀ

4.1. METODOLOGIA

Il programma utilizzato per le stime e le simulazione di seguito proposte, è WIND PRO con implementazione di WAsP che è uno dei principali e più completi strumenti di analisi del vento attualmente disponibile sul mercato. Il software è stato usato per la creazione dell'atlante europeo del vento che mira a stabilire la base meteorologica per la valutazione dei potenziali eolici.

Il funzionamento del software è piuttosto semplice:

- i dati di input necessari alla determinazione delle mappe eoliche sono
  - l'orografia della zona interessata,
  - i dati sul vento (velocità e direzione) di almeno un punto dell'area considerata,
  - caratteristiche di "rugosità" del terreno,
  - eventuali ostacoli
- L'output è costituito dal cosiddetto WindAtlas o atlante del vento ovvero una climatologia del vento della zona considerata con cui è possibile elaborare una mappa eolica della zona in esame e, una volta scelto il sito dove installare l'impianto eolico, è inoltre capace di calcolare la producibilità annua di una singola macchina e di una intera wind farm portando in conto le eventuali interferenze tra le pale dovute all'effetto scia e l'eventuale presenza di ostacoli che possono alterare la distribuzione del vento.

Nel dettaglio Il modello WASP è composto da un set di modelli numerici che hanno il compito di correggere le misure anemometriche al fine di ottenere una climatologia del vento della zona considerata.

Questi modelli sono:

- Il modello per la stabilità: si basa su alcune correzioni da apportare al profilo logaritmico del vento al mutare delle condizioni di stabilità atmosferica e richiede come input le medie climatologiche e gli scarti quadratici medi del flusso di calore superficiale. Il modello è derivato dalla legge di resistenza geostrofica ed il profilo del vento è derivato da una espansione del primo ordine dell'espressione del flusso di calore sensibile per condizioni di neutralità atmosferica
- Il modello per il cambio di rugosità: si basa su alcune correzioni da apportare al campo dei venti nel caso in cui il terreno non è omogeneo. In questo caso al terreno sono assegnate delle lunghezze di rugosità in modo tale che il flusso del vento, passando tra due superfici disomogenee, è calcolato da considerazioni sullo stato limite superficiale. Tale modello gioca un ruolo sostanziale nella stima di producibilità di una wind farm in quanto stabilisce quale debba essere il fattore di crescita della velocità del vento con l'altezza.

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

Risulta fondamentale dunque riprodurre in maniera rigorosa le caratteristiche di rugosità della zona in esame introducendo una mappa di rugosità del territorio.

- Il modello per l' effetto-barriera: entra in gioco considerando gli effetti di attrito causati dalla resistenza aerodinamica dovuta ad eventuali ostacoli con dimensioni variabili vicini all' anemometro o al sito eolico. Infatti è noto come in prossimità di un ostacolo, a distanze o quote comparabili con la sua altezza, il profilo del vento ne viene perturbato. Questo modello permette così di "pulire" il dato anemometrico eliminando questi effetti.
- Il modello per l' orografia: come i due precedenti, viene utilizzato per correggere i dati del vento da effetti dovuti alle disomogeneità del terreno circostante; in questo caso vengono calcolati gli effetti indotti dalle variazioni altimetriche del terreno intorno alla stazione di misura.

L'algoritmo è rappresentabile attraverso un diagramma di flusso

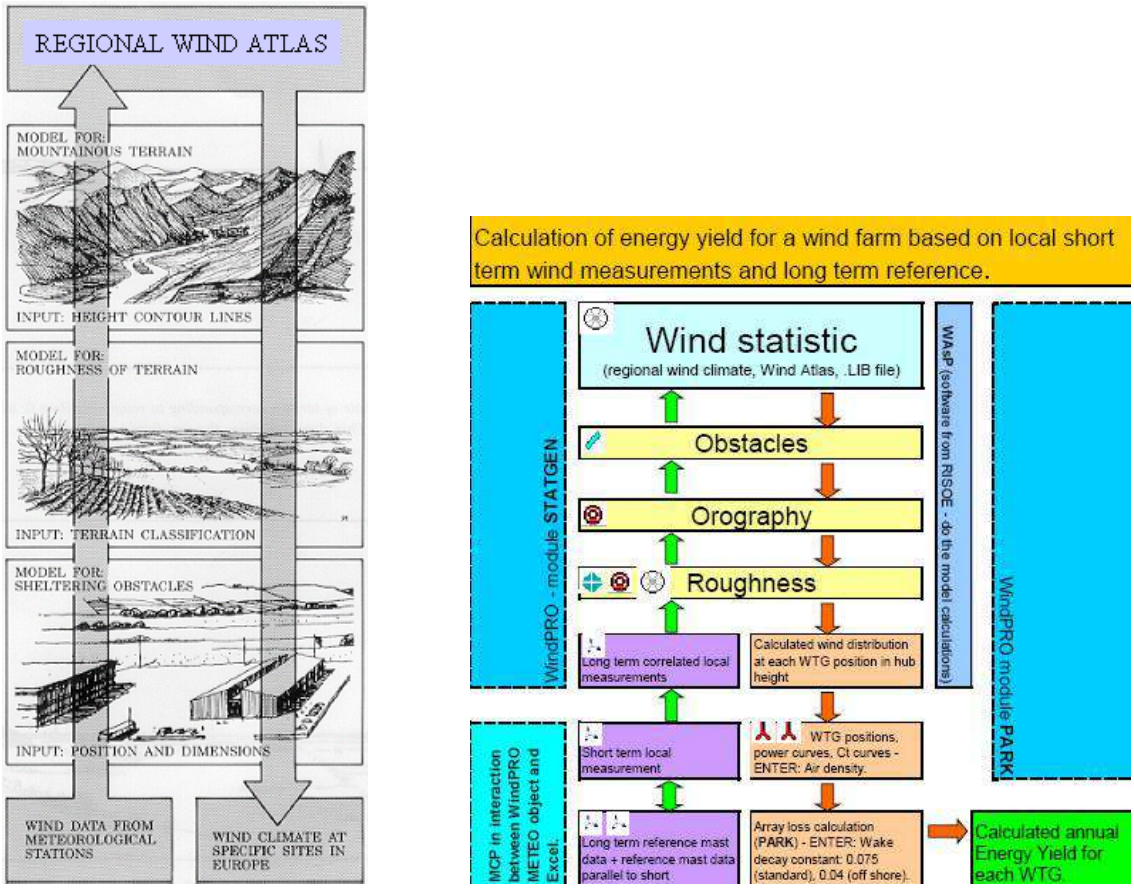


Figura 10 Diagramma di flusso del programma WAsP/Wpro

Il software WINDPRO utilizza come piattaforma di calcolo WAsP, arricchendolo di altre funzionalità di verifica e di correlazione tra i dati quali il modulo MCP (measure-correlate-

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

predict), che consente di mettere in relazione tra loro i dati di diverse stazioni di misura e sfruttare serie storiche di lungo periodo per avere una climatologia con basse incertezze.

4.2. CALCOLO DELLA PRODUZIONE ENERGIA ANNUALE (AEP)

Per il calcolo della stima di producibilità di energia elettrica annua dell'impianto eolico è stato utilizzato un aerogeneratore della TURBOWINDS T-500 di potenza nominale 500 kW con una altezza del mozzo di 65 m. Si riporta di seguito la curva di potenza certificata dalla casa produttrice in condizioni di densità dell'aria standard, e quella corretta con le caratteristiche di densità mediamente attese in sito.

Power curve

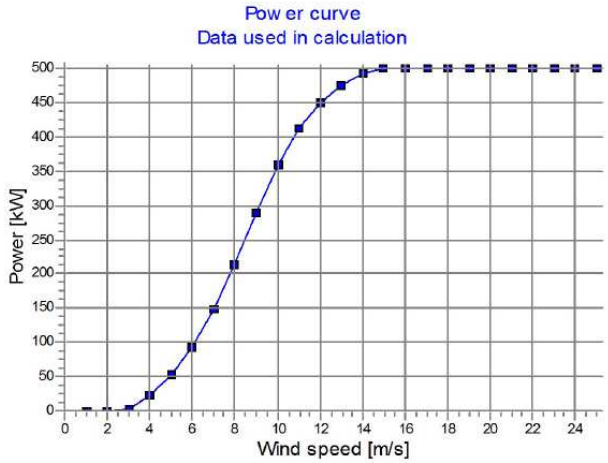
Original data from Windcat, Air density: 1,225 kg/m³

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce	Wind speed [m/s]	Ct curve
3,0	4,0	0,13	1,0	0,00
4,0	26,0	0,37	2,0	1,35
5,0	59,0	0,43	3,0	1,90
6,0	104,0	0,43	4,0	1,94
7,0	165,0	0,43	5,0	1,80
8,0	234,0	0,41	6,0	1,55
9,0	320,0	0,40	7,0	1,31
10,0	390,0	0,35	8,0	1,11
11,0	440,0	0,30	9,0	0,97
12,0	472,0	0,25	10,0	0,85
13,0	492,0	0,20	11,0	0,75
14,0	500,0	0,16	12,0	0,67
15,0	500,0	0,13	13,0	0,60
16,0	500,0	0,11	14,0	0,54
17,0	500,0	0,09	15,0	0,49
18,0	500,0	0,08	16,0	0,45
19,0	500,0	0,07	17,0	0,41
20,0	500,0	0,06	18,0	0,37
21,0	500,0	0,05	19,0	0,34
22,0	500,0	0,04	20,0	0,31
23,0	500,0	0,04	21,0	0,29
24,0	500,0	0,03	22,0	0,27
25,0	500,0	0,03	23,0	0,25
			24,0	0,23
			25,0	0,22

Power, Efficiency and energy vs. wind speed

Data used in calculation, Air density: 1,097 kg/m³ New WindPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce	Interval [m/s]	Energy [MWh]	Acc.Energy [MWh]	Relative [%]
1,0	0,0	0,00	0,50- 1,50	0,0	0,0	0,0
2,0	0,0	0,00	1,50- 2,50	0,0	0,0	0,0
3,0	1,5	0,06	2,50- 3,50	5,8	5,8	0,4
4,0	22,7	0,36	3,50- 4,50	23,8	29,6	2,3
5,0	52,8	0,43	4,50- 5,50	49,1	78,7	6,0
6,0	93,9	0,44	5,50- 6,50	74,2	152,9	11,7
7,0	149,1	0,44	6,50- 7,50	95,8	248,7	19,0
8,0	213,2	0,42	7,50- 8,50	113,8	362,5	27,7
9,0	289,1	0,40	8,50- 9,50	129,7	492,2	37,7
10,0	358,5	0,36	9,50-10,50	139,8	632,0	48,3
11,0	411,3	0,31	10,50-11,50	138,4	770,4	58,9
12,0	449,0	0,26	11,50-12,50	127,1	897,6	68,7
13,0	475,0	0,22	12,50-13,50	109,7	1.007,3	77,1
14,0	492,5	0,18	13,50-14,50	89,3	1.096,6	83,9
15,0	500,0	0,15	14,50-15,50	68,5	1.165,1	89,1
16,0	500,0	0,12	15,50-16,50	49,9	1.215,0	92,9
17,0	500,0	0,10	16,50-17,50	34,6	1.249,6	95,6
18,0	500,0	0,09	17,50-18,50	23,1	1.272,7	97,4
19,0	500,0	0,07	18,50-19,50	14,7	1.287,4	98,5
20,0	500,0	0,06	19,50-20,50	9,0	1.296,4	99,2
21,0	500,0	0,05	20,50-21,50	5,3	1.301,7	99,6
22,0	500,0	0,05	21,50-22,50	2,9	1.304,6	99,8
23,0	500,0	0,04	22,50-23,50	1,6	1.306,2	99,9
24,0	500,0	0,04	23,50-24,50	0,8	1.307,0	100,0
25,0	500,0	0,03	24,50-25,50	0,3	1.307,3	100,0



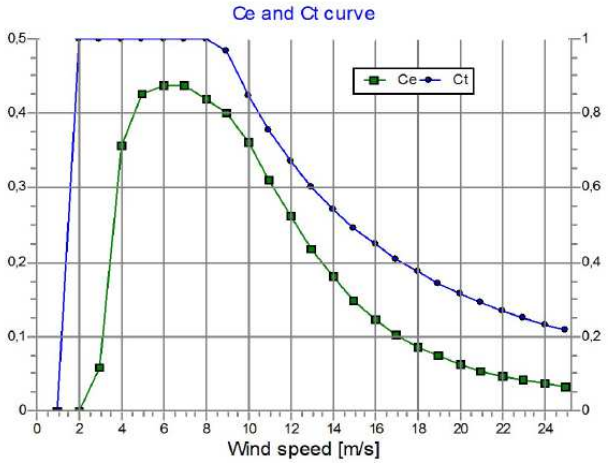


Figura 11: Curva di potenza della turbina di progetto

Le figure di seguito riportate mostrano la posizione di installazione degli aerogeneratori su stralcio cartografico IGM 1:50000, 1:25000 e su ortofoto (visualizzazione 3D da Google Earth):

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

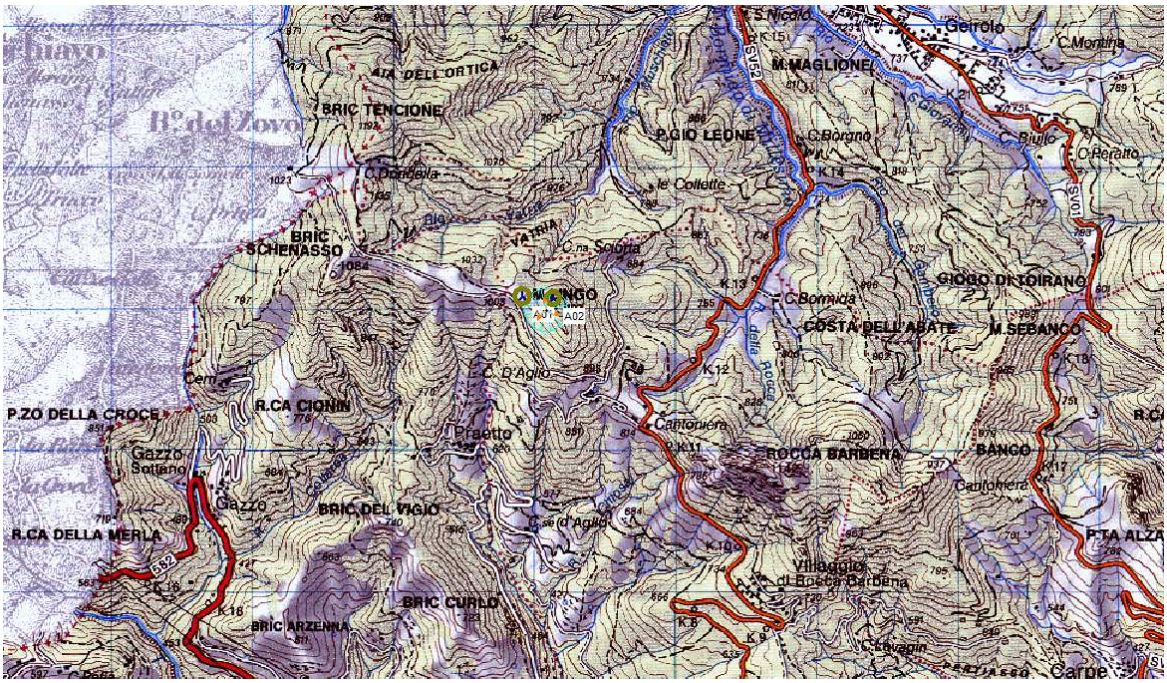


Figura 12: Layout del parco eolico su stralcio cartografico IGM 1:50000.

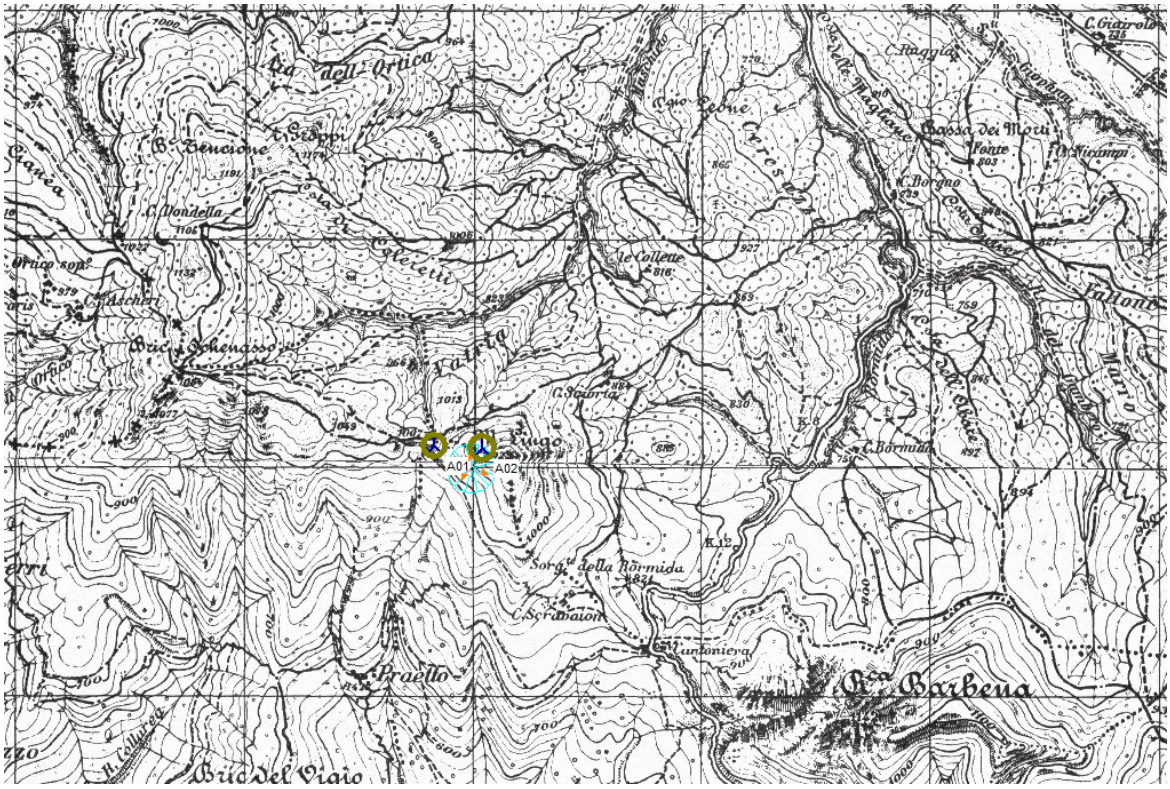


Figura 13: Layout del parco eolico su stralcio cartografico IGM 1:25000.

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

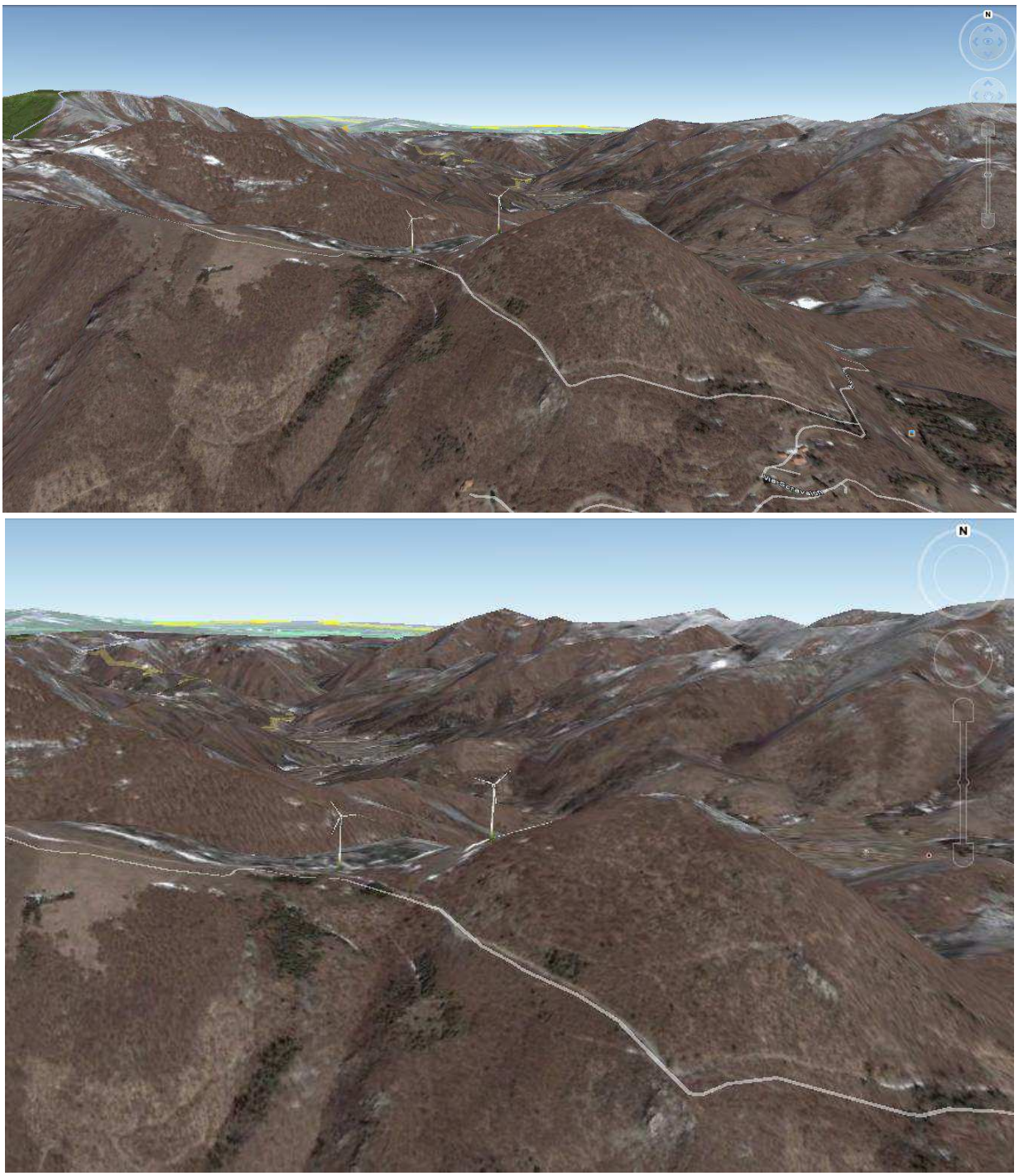


Figura 14: - Layout - visualizzazione 3D su Google Earth –. Dall'immagine è apprezzabile l'ottimale esposizione alla vena fluida che risulta essere proveniente quasi totalmente dal settore Nord (stesso orientamento delle immagini proposte). Dalle immagini è possibile intuire il canale di percorrenza del vento proveniente da Nord e l'orientamento degli aerogeneratori nei confronti di tale settore.

La simulazione è stata elaborata con il software Wind Pro ed è stato necessario tener conto del deficit produttivo dovuto alla densità dell'aria leggermente inferiore al valore standard di riferimento. I risultati sono mostrati sinteticamente nel report e nella tabella seguente:

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

Tabella 2: Report elaborazione della producibilità annua del parco eolico di progetto

Wake Model	N.O. Jensen (RISØ/EMD)

Calculation Settings

Air density calculation mode	Individual per WTG
Result for WTG at hub altitude	1,094 kg/m³ to 1,097 kg/m³
Air density relative to standard	89,3 %
Hub altitude above sea level (asl)	1.063,8 m to 1.092,0 m
Annual mean temperature at hub alt.	10,1 °C to 10,3 °C
Pressure at WTGs	889,6 hPa to 892,7 hPa

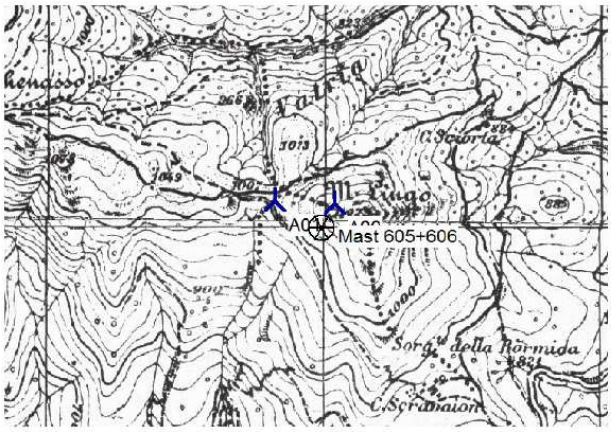
Wake Model Parameters

From angle [°]	To angle [°]	Terrain type	Wake Decay Constant
-180,0	180,0	Open farmland	0,075

Wake calculation settings

Angle [°]			Wind speed [m/s]		
start	end	step	start	end	step
0,5	360,0	1,0	0,5	30,5	1,0

Wind statistics	IT Mast 605+606 All Data INTEGRAZ.-7 - 1 30,00 m.wws
Regional Correction Factor	0,93
WAsP version	WAsP 10 for Windows RVEA0151 1, 5, 5, 0
WAsP parameters	Non-default WAsP parameters - detailed information at the end of "Main results"



Key results for height 65,0 m above ground level

Terrain	GB1 East	North	Name of distribution		Wind energy [kWh/m²]	Mean wind speed [m/s]	Equivalent roughness
Mast 605+606	1.428.930	4.890.848	Mast 605+606	WAsP (WAsP 10 for Windows RVEA0151 1, 5, 5, 0)	3.303	6,8	0,4

Calculated Annual Energy for Wind Farm

WTG combination	Result PARK [MWh/y]	Result-10,0% [MWh]	GROSS (no loss) Free WTGs [MWh/y]	Park efficiency [%]	Specific results¤) Capacity factor [%]	Mean WTG result [MWh/y]	Full load hours [Hours/year]	Mean wind speed @hub height [m/s]
Wind farm	2.618,1	2.356,3	2.623,5	99,8	26,9	1.178,1	2.356	6,5

¤) *Based on Result-10,0%*

Calculated Annual Energy for each of 2 new WTGs with total 1,0 MW rated power

	Terrain	WTG type Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Power curve Creator	Name	Annual Energy Result [MWh]	Result-10,0% [MWh]	Park Efficiency [%]	Mean wind speed [m/s]
A01	Mast 605+606	Yes	TURBOWINDS	T500-500	500	48,0	65,0	EMD	Level 0 - - T500-48 - 03-2011	1.307,3	1.177	99,8	6,46
A02	Mast 605+606	Yes	TURBOWINDS	T500-500	500	48,0	65,0	EMD	Level 0 - - T500-48 - 03-2011	1.310,8	1.180	99,8	6,48

WTG siting

	GB1 East GB1	North	Z [m]	Row data/Description
A01 New	1.428.762	4.890.947	998,8	A01
A02 New	1.428.977	4.890.935	1.027,0	A02

Non-default WAsP parameters:

WAsP parameter	Minimum	Maximum	Default	Current value
Offset heatflux over land	-200,0000	200,0000	-40,0000	0,0000

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

Tabella 3: Valori di producibilità annua degli aerogeneratori di progetto

Site	Loc. Est [m]	Loc. Nord [m]	Modello turbina	Potenza [KW]	Altitudine s.l.m. [m]	Alt. mozzo s.l.t. [m]	AEP [GWh]	Perdite scia [%]	Net AEP - 10% [GWh]	Vm mozzo [m/s]	Ore equiv. [MWh/MW]
A1	1428762	4890947	TURBOWINDS T500	500	998,8	65,0	1,307	0,10	1,177	6,46	2353
A2	1428977	4890935	TURBOWINDS T500	500	1027,0	65,0	1,311	0,20	1,180	6,48	2359
MEAN VALUES								**0,20**	**1,178**		**2356**
TOTAL				**1000**			**2,618**		**2,356**		

I dati relativi alle produzione delle singole macchine evidenziano una buona scelta della disposizione delle turbine in quanto le perdite dovute all'effetto scia sono pressoché nulle attestandosi su valori nell'ordine dello 0,2%.
La media di ore di funzionamento annue alla potenza nominale **supera le 2300 ore/anno (2356 ore/anno)**, rispettando così ampiamente le prescrizioni della Delibera della Giunta Regionale n° 551 del 23/05/08 pubblicata nel Bollettino Ufficiale della Regione Liguria n° 25 del 18/06/08 che prevedono la producibilità specifica non inferiore alle 1700 ore equivalenti.

E' evidente che la previsione ha un grado di incertezza tanto maggiore quanto più limitato è l'arco temporale interessato dall'analisi, nel senso che, se volessimo stimare la velocità media del vento del prossimo mese o della prossima settimana si stimerebbe un numero con un grado di incertezza elevato; il carattere di stagionalità e quindi di incertezza della risorsa eolica è tanto più ridotto quanto maggiore è l'arco temporale cui ci si riferisce.
Le più recenti pubblicazioni del settore reputano l'oscillazione sui valori di velocità media nell'arco temporale di un anno intorno ad un valore del 6% mentre l'oscillazione sui valori di velocità media riferiti ad una media di dieci anni è invece di circa il 2%. Utilizzando questi valori per ridurre i valori medi di velocità del vento ed ipotizzando un processo Gaussiano è stata valutata la deviazione standard del valore medio di produttività dell'impianto.
Le incertezze afferenti alla variabile velocità sono state opportunamente riportate in incertezza energetica tramite un fattore di sensitività calcolato attraverso il software WindPRO per lo specifico sito.
In base alla catena di misura presente in sito, al modello di simulazione impostato è stata calcolata una incertezza su base energetica pari al 16.2 % su base annua e 10,2 % su base decennale.
Con le incertezze calcolate è possibile inoltre valutare le probabilità di superamento di un assegnato valore di produzione (calcolo dei percentili) come riportato nella tabella seguente:

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

Tabella 4: calcolo valori percentili P50-P75-P90

Base Period for BP		*P50*	*P75*	*P90*
1 Year	MWh	2356	2119	1906
	Hours [MWh/MW]	2356	2119	1906
10 Years	MWh	2356	2193	2046
	Hours [MWh/MW]	2356	2193	2046

Le probabilità di superamento di producibilità sono state calcolate su base:

annua: tali probabilità da prendere a riferimento per comprendere il peggio che ci si può attendere in un anno particolarmente sfortunato dal punto di vista della risorsa eolica

decennale : tali probabilità sono da prendere in considerazione per proiezioni di calcolo di rientro economico (business plan).

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it

5. CONCLUSIONI

L'elaborazione dati delle stazioni anemometriche installate al centro della zona di progetto, portano ad evidenziare **una velocità media del sito che, nella zona di impianto, si attesta essere nell'intorno di 6,4 m/s** a 65 m sul livello del terreno.

Come si evince dai dati di producibilità del sito, con l'installazione di turbine TURBOWINDS T500 da 500 kW di potenza, gli aerogeneratori superano in media le **2356 ore** di funzionamento all'anno generando un'energia netta di **2,356 GWh**, che rende molto valida la realizzazione del parco eolico da un punto di vista tecnico-economico. Dai dati puntuali rilevati dai sensori installati sulla stazione anemometrica, risulta inoltre che l'impianto entra in funzione quasi tutti giorni dell'anno; infatti i dati registrati indicano che per tutti i giorni in cui è stato possibile monitorare esiste un intervallo di tempo sufficiente all'avvio ed al funzionamento delle macchine.

TEN PROJECT Srl Via A. De Gasperi n° 61, San Giorgio del Sannio (BN) Tel.+39 0824 1901290/1 Fax: +39 0824 1901299 mail: info@tenproject.it