MINERVINO WIND SRL
Società con Unico Socio
Via Chiese, n. 72 - 20126 Milano - Italia

Stima di producibilità dell'intervento di integrale ricostruzione dell'impianto eolico di Minervino

andrea fiocchi
28.07.2023 17:03:41
GMT+01:00

00	10/07/2023	Prima emissione	A.LOMBARDI	L.TERZI	L.TERZI	
Rev.	***Date***	***Descrizione***	***Redatto***	***Controllato***	***Approvato***	***Validato***

+39 02 32 90 31
+39 02 32 90 32 00
minervinowind@legalmail.it

REA Milano 1704627
Reg. Imp. Milano, C.F. e P.IVA 06642571001
Cap. Sociale Euro 1.700.000,00 i.v.

INDICE

Premessa 3
1. Descrizione dell'area 4
2. Clima 4
3. Campagna anemometrica 5
3.1. Strumentazione utilizzata 5
3.2. Sintesi anemologica dei dati rilevati 5
4. Storicizzazione dei dati rilevati 6
5. Stima della Producibilità 7
5.1. Analisi del layout 8
5.2. Perdite 8
5.3. Analisi delle incertezze 9
ALLEGATI 10
Report installazione 11
Coordinate layout d'impianto (UTM WGS84) 12
Curve di potenza degli aerogeneratori considerati 13
Descrizione software utilizzato (Windsim) 15

MINERVINO WIND SRL
Società con Unico Socio
Via Chiese, n. 72 - 20126 Milano - Italia

Premessa

La presente documentazione costituisce parte integrante dell'intervento di integrale ricostruzione di un parco eolico sito in agro di Minervino Murge (BT), attualmente di proprietà di Minervino Wind srl.

Ad oggi l'impianto è composto da 9 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 2 MW_e (modello Repower MM82), ed è collegato alla rete elettrica nazionale tramite la sottostazione 380/150kV denominata "Andria Terna", ubicata nel comune di Andria (BT).

La società proponente è interessata ad intraprendere un progetto di Integrale Ricostruzione (repowering) che consiste nello smantellamento degli aerogeneratori esistenti e nella installazione di n. 5 aerogeneratori, di potenza pari a 7,2 MW per una potenza complessiva di nuova installazione di 36 MW,

Il punto di connessione alla rete sarà il medesimo di quello ove risulta connesso l'impianto eolico oggi in esercizio

La presente relazione di producibilità fa quindi riferimento al progetto di integrale ricostruzione.

1. Descrizione dell'area

L'area attualmente occupata dal parco eolico, composto da 9 turbine MM82 di potenza unitaria 2MW, è localizzata in Provincia di Barletta-Andria-Trani, delimitata a nord dalla strada provinciale SP 155 e a sud dalla strada provinciale SP 234. L'area si presenta ad un'altitudine media di 455m slm. Per le nuove macchine che costituiranno il repowering dell'impianto sono state scelte 5 posizioni in prossimità delle turbine oggi in esercizio.

Fig. 1 - Localizzazione dell'area

2. Clima

Sono riportate qui di seguito come riferimento le variabili climatiche registrate presso la stazione meteo di Minervino Murge.

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	5.9	6.3	9.4	12.9	17.5	22.4	25.1	25	20	15.8	11.4	7.1
Temperatura minima (°C)	2.3	2.3	4.9	7.8	11.9	16.4	19	19.2	15.3	11.6	7.7	3.7
Temperatura massima (°C)	10.2	10.9	14.5	18.2	22.9	28	30.9	31	25.1	20.9	15.8	11.2
Precipitazioni (mm)	59	56	65	65	47	37	27	23	48	56	61	65
Umidità(%)	77%	74%	70%	66%	60%	52%	46%	49%	62%	72%	75%	78%
Giorni di pioggia (g.)	7	7	7	8	6	5	3	3	6	6	6	7
Ore di sole (ore)	5.8	6.4	8.0	9.6	11.4	12.5	12.7	11.8	9.6	7.6	6.5	5.8

3. Campagna anemometrica

Dalla costruzione del parco eolico esistente è stata installata una torre anemometrica che anche attualmente sta registrando dati:

code	altezze e strumenti (m)	Quota s.l.m. (m)	inizio dati	fine dati	X UTM33WGS84	Y UTM33WGS84
MIN8	79,5aa 77,5aa 75,5bbth 37,5 aa 35,5bb	453	09/12/2010	Attiva	596775	4550407
a anemometro, b banderuola, t termometro, p barometro, h igrometro						

3.1. Strumentazione utilizzata

Tutti i sensori di velocità (anemometri) sono provvisti di certificato di taratura.

L'orientamento e la dimensione dei supporti della torre seguano le indicazioni contenute nello standard internazionale IEA 1999 *Wind monitoring Recommendations*, e nello standard internazionale IEC 61400-12 *Wind Turbine Power performance testing.*

La torre è stata sottoposta a controlli periodici ed è stato redatto un registro delle manutenzioni per tenere traccia di ogni attività intrapresa su di essa.

Si riporta negli Allegati il report di installazione.

3.2. Sintesi anemologica dei dati rilevati

I dati registrati dalla torre anemometrica MIN8 sono stati validati ed elaborati al fine di ricavare i parametri anemologici rappresentativi del sito.

Parametri anemologici

Vengono riassunti nei grafici seguenti i parametri anemologici di maggior rilievo per l'altezza di misura registrati da dicembre 2010 a giugno 2023.

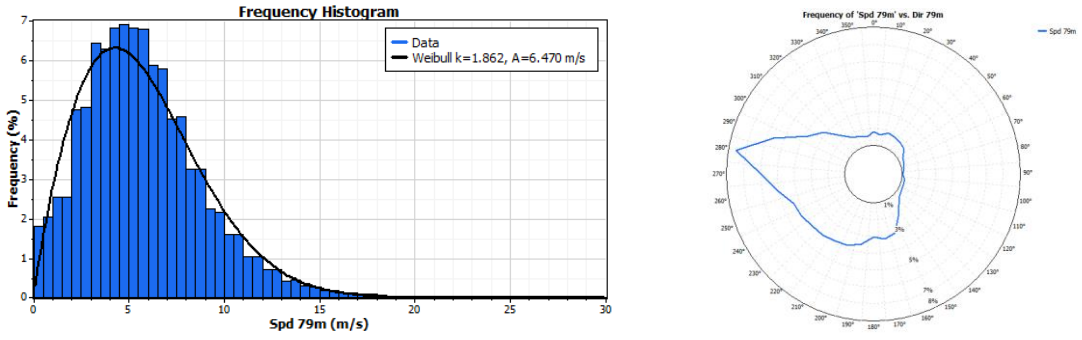


Fig. 2 distribuzione di frequenza, frequenza per direzione.

Disponendo sulla torre anemometrica di sensori di velocità a varie altezze, è stato calcolato nel punto della torre anemometrica il coefficiente medio di accrescimento verticale del vento (windshear). Il valore medio di windshear nel punto MIN8 risulta essere pari a 0.13.

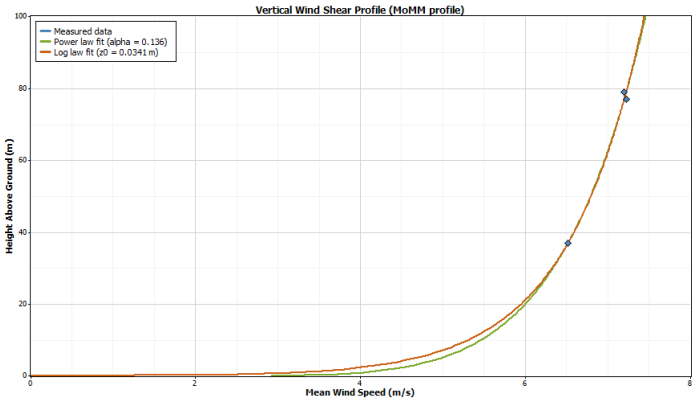


Fig. 3 profilo verticale del vento di MIN8

Nel periodo della campagna di misura di MIN8, in base allo Standard IEC 61400-1 terza edizione (2005), l'intensità della turbolenza media registrata a 15m/s è 9.1%.

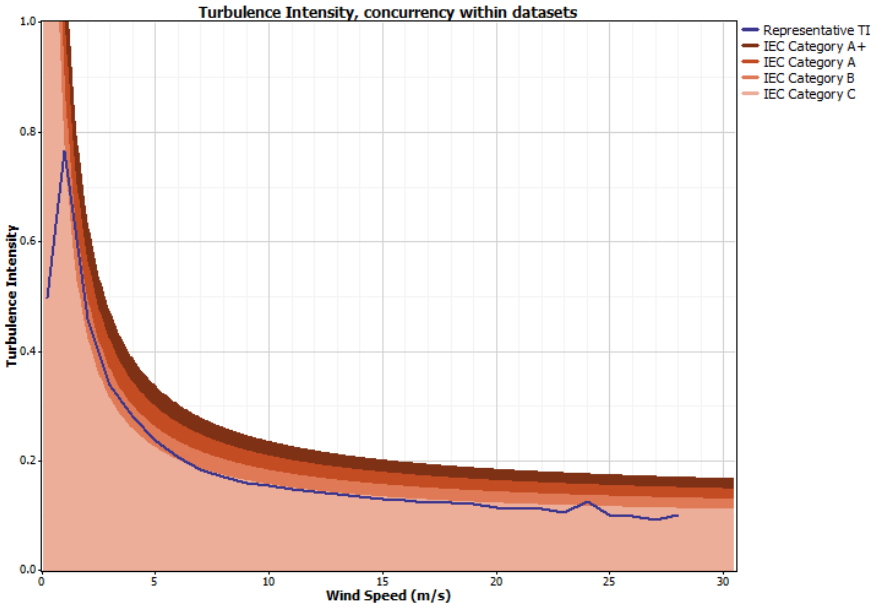


Fig. 4 turbolenza per velocità in MIN8

4. Storicizzazione dei dati rilevati

Dalla serie storica misurata, lunga più di 12 anni, è stato ricavato l'anno medio rappresentativo di tutto il periodo di misura. La velocità media annua a 79m è di 5.75m/s

5. Stima della Producibilità

Tra i modelli di aerogeneratori che meglio si adattano alle caratteristiche anemologiche del sito, si è scelto di effettuare la stima di producibilità con il seguente:

Produttore	Modello	Potenza	Diametro rotore (m)	Altezza torre (m)
Vestas	V172 – 7.2	7.2MW	172	115

Tramite l'utilizzo del software di simulazione fluidodinamica CFD Windsim è stato ricostruito il campo di vento a diverse altezze dal suolo per valutare la produzione al netto degli effetti scia di ciascuno dei modelli qui sopra elencati e studiare eventuali criticità ad esso legate.

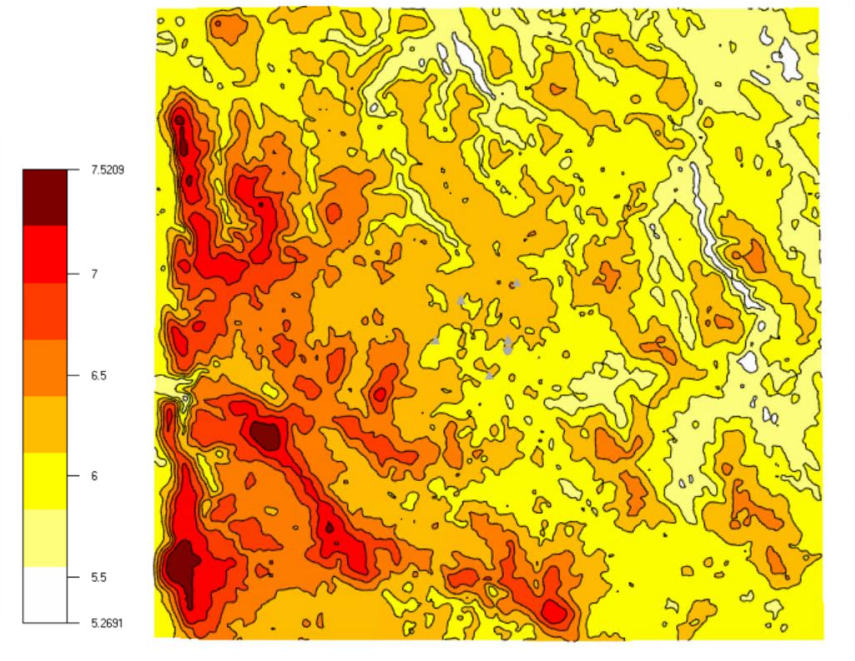


Fig.5 Mappa del vento a 115m dal suolo (m/s) con layout d'impianto e torre anemometrica

5.1. Analisi del layout

Il layout proposto localizza le 5 nuove turbine in un'area con una buona ventosità nei pressi di posizioni attualmente occupate dagli aerogeneratori in esercizio.

Fig6. Layout del parco eolico con torri anemometriche e rosa delle energie di lungo periodo

L'analisi effettuata tramite le simulazioni svolte con Windsim non ha evidenziato effetti scia o turbolenze anomale.

5.2. Perdite

Si riportano di seguito le perdite medie stimate per l'intero parco eolico

perdite per effetto scia	**4.7%**
perdite elettriche	**3.0%**
perdite per condizioni ambientali	**0.4%**
disponibilità aerogeneratore	**3.5%**
Totale	**11.6 %**

Le perdite per scia sono state stimate utilizzando Windsim, le perdite elettriche sono state calcolate utilizzando i dati di progetto, la disponibilità degli aerogeneratori è stata desunta dalle prassi di mercato.

Non sono state considerate nel presente studio perdite dovute alla mancata disponibilità della rete elettrica (manutenzione sottostazione, guasti elettrodotto, fuori servizio Terna), degradazioni della curva di potenza negli anni, mentre si sono tenute in considerazione le interazioni con altri parchi eolici in esercizio o in costruzione nelle immediate vicinanze.

5.3. Analisi delle incertezze

Nella tabella seguente vengono riportati le principali cause che possono far discostare la stima di produzione dal suo valor medio (P50). Questi fattori di incertezza sono stati valutati considerando un periodo di 10 anni e combinati tra loro assumendo che siano indipendenti tra loro.

Accuratezza della misura del vento	**5.6%**
Storicizzazione delle misure	**3.8%**
Variabilità futura della velocità media annuale del vento	**3.0%**
Modello di calcolo	**5.0%**
Perdite per effetti scia	**1.4%**
Perdite elettriche	**1.3%**
Perdite per cause ambientali	**1.0%**
Availability	**3.5%**
Garanzia sulla curva di potenza	**3.0%**
TOTALE	**10.3%**

Applicando le perdite considerate alla produzione lorda dell'impianto e tenendo conto della analisi delle incertezze si può così stimare la produzione dell'impianto:

	GWh
Produzione netta	78.6
Produzione netta (P75_10_anni)	73.1
Produzione netta (P90_10 anni)	68.2

MINERVINO WIND SRL
Società con Unico Socio
Via Chiese, n. 72 - 20126 Milano - Italia

ALLEGATI

+39 02 32 90 31
+39 02 32 90 32 00
minervinowind@legalmail.it

REA Milano 1704627
Reg. Imp. Milano, C.F. e P.IVA 06642571001
Cap. Sociale Euro 1.700.000,00 i.v.

MINERVINO WIND SRL
Società con Unico Socio
Via Chiese, n. 72 - 20126 Milano - Italia

Report installazione

+39 02 32 90 31
+39 02 32 90 32 00
minervinowind@legalmail.it

REA Milano 1704627
Reg. Imp. Milano, C.F. e P.IVA 06642571001
Cap. Sociale Euro 1.700.000,00 i.v.

COMMITTENTE

SORGENIA S.p.A.
Via Vincenzo Viviani, 12
20124 Milano

STAZIONE ANEMOMETRICA DI

MINERVINO MURGE (BT) H 80

LOCALITÁ

CODICE STAZIONE

MIN8

Gestione stazione anemometrica
Allegati alla pratica operativa

ALLEGATO A 1 alla pratica operativa

Rapporto di prima installazione stazione

Stazione Anemometrica di	**MINERVINO MURGE (BT) H 80**
Codice Stazione	**MIN8**

SITO

Località					
Reticolo **UTM**	Map datum: **WGS 84**	Altitudine: **qt. s.l.m. 536**	Zone: **33 T**	Longitudine X: EST **0596775**	Latitudine Y: NORD **4550407**

Suolo	Prevalenza Terra	Misto Terra-Roccia	Prevalenza Roccia
		X	

Terreno	Incolto	Seminativo	Frutteto	Abitativo	Industriale	Pascolo
	X					

Vegetazione	Assente	Brullo	Macchia	Foresta	Alberi Sparsi
	X				

Morfologia	Pianura	Collina	Fondovalle	Altopiano	Sommità	Crinale
	X					

STRUMENTI

Descrizione	Matricola	Tipo	Orientamento direzioni	Orientamento supporti sensori	Lunghezza supporti sensori
Sensore Velocità m 79,50	**145522**	**NRG #40C**	**----**	**0**	**220 cm**
Sensore Velocità m 79,50	**0908918**	**THIES**	**----**	**180°**	**220 cm**
Sensore Velocità m 77,50	**145523**	**NRG #40C**	**----**	**0°**	**350 cm**
Sensore Velocità m 77,50	**07100791**	**THIES**	**----**	**180°**	**350 cm**
Sensore Velocità m 37,50	**145524**	**NRG #40C**	**----**	**0°**	**350 cm**
Sensore Velocità m 37,50	**0908920**	**THIES**	**----**	**180°**	**350 cm**
Sensore Direzione m 75,50	**----**	**NRG #200P**	**0°**	**180°**	**350 cm**
Sensore Direzione m 75,50	**1008388**	**THIES**	**0°**	**0°**	**350 cm**
Sensore Direzione m 35,50	**----**	**NRG #200P**	**0°**	**180°**	**350 cm**
Sensore Direzione m 35,50	**1008387**	**THIES**	**0°**	**0°**	**350 cm**
Sensore Pressione a m	**----**	**----**			
Sensore Umidità a m 75,50	**----**	**NRG RH05**			
Sensore Temp. a m 75,50	**----**	**NRG #110S**			
Logger	**09402**	**Nomad 2 GSM**			
Luce di Segnalazione	~~**SI**~~	**NO**			

Memory Card	**Compact Flash Card**	
Torre tipo	**Autoportante Carl-C 80 m**	**Altezza: m 80**
Cavo schermato tripolare	**Cavo UL Style 3×20 AWG**	**Metri: m 230**
Cavo schermato bipolare	**Cavo UL Style 2×20 AWG**	**Metri: m 400**
Calata in rame per scarico a terra	**Gialloverde Ø 16**	**Metri: m 85**
Captatore di fulmini	**Asta + captatore di rame**	**Metri: m 3.00**
Dispersore di terra	**N. 2 puntazze in acciaio ramato**	**Metri: m 1.50×2**

MONTAGGIO

Installatori	**EURO SERVICE GROUP S.r.l.**	
Installazione	Data: **01/12/2010**	
Avvio Logger	Data: **01/12/2010**	Ora: **17.11.00**
Verifica corretta installazione e registrazione (Allegato A 6)	~~**SI**~~	**NO**

Data: **01/12/2010**	Responsabile Montaggio: **Claudio Domino**	Domino Claudio
	Responsabile Euro Service Group S.r.l.: **Geom. Giuseppe Russo**	Giuseppe Russo
	Responsabile Gestione:	

ALLEGATO A 2 alla pratica operativa

Rapporto di prima installazione stazione

Stazione Anemometrica di	**MINERVINO MURGE (BT) H 80**
Codice Stazione	**MIN8**

COMPONENTI STRUTTURALI

Descrizione	Fornitore	Note
Torre Autoportante 80 m	**Carl-C**	
n. 12 supporti sensori	**ESG**	
n. 1 calata in rame per scarico a terra	**ESG**	
n. 1 dispersore di terra	**ESG**	
n. 1 captatore di fulmini in rame	**ESG**	

Note:

MONTAGGIO

Installatori	**EURO SERVICE GROUP S.r.l.**		
Installazione	Data: **01/12/2010**		
Avvio Logger	Data: **01/12/2010**	Ora: **17.11.00**	
Verifica corretta installazione e registrazione (Allegato A 6)		**SI**	**NO**

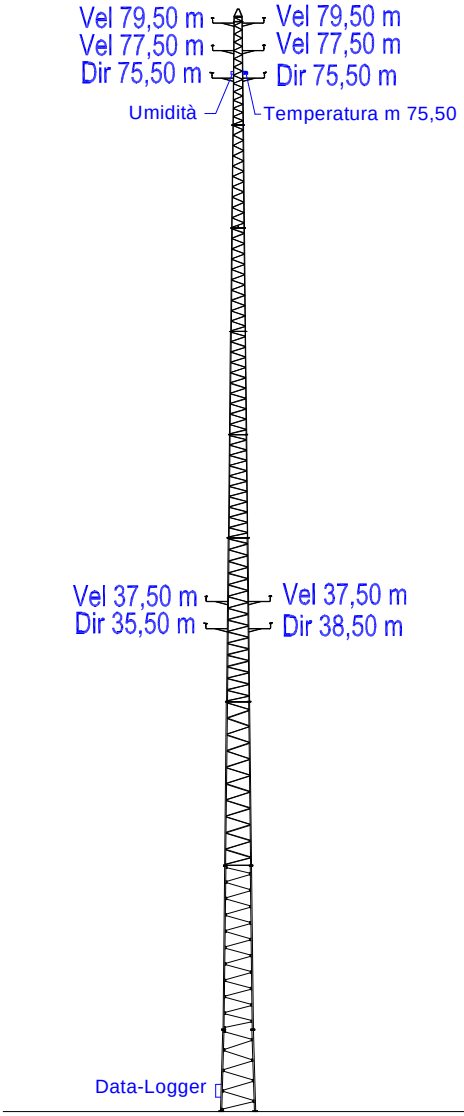
Data: **01/12/2010**		
	Responsabile Montaggio: **Claudio Domino**	Domino Claudio
	Responsabile Euro Service Group S.r.l.: **Geom. Giuseppe Russo**	Giuseppe Russo
	Responsabile Gestione:	

ALLEGATO A 3 alla pratica operativa

Rapporto di prima installazione stazione

Stazione Anemometrica di	**MINERVINO MURGE (BT) H 80**
Codice Stazione	**MIN8**

TORRE M 80

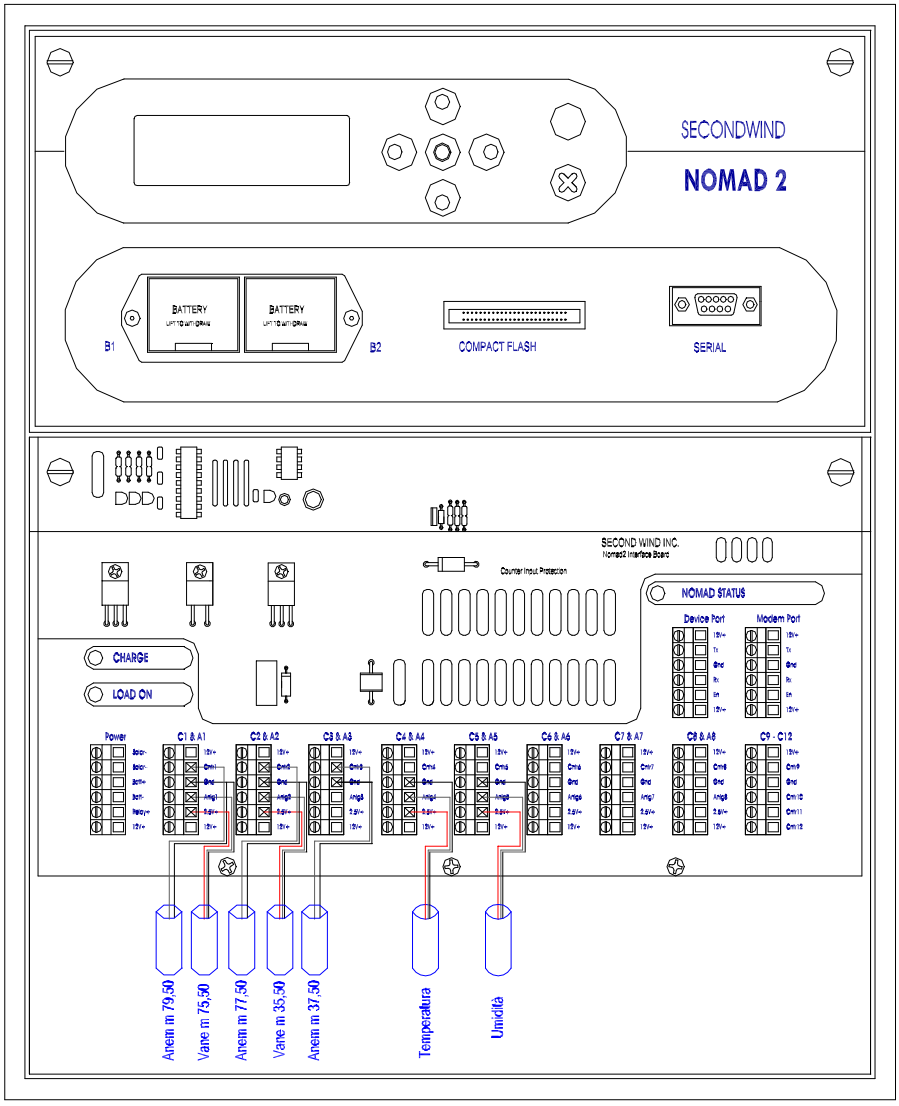


Data: **01/12/2010**	Firma dell'operatore: **Claudio Domino**

ALLEGATO A 4 alla pratica operativa

Rapporto di prima installazione stazione

Stazione Anemometrica di	**MINERVINO MURGE (BT) H 80**
Codice Stazione	**MIN8**



Data: **01/12/2010**	Firma dell'operatore: **Claudio Domino**

ALLEGATO A 5/1 alla pratica operativa

Rapporto di prima installazione stazione

Stazione Anemometrica di	**MINERVINO MURGE (BT) H 80**
Codice Stazione	**MIN8**

Immagine Satellitare del Sito

Data: **01/12/2010**	Firma dell'operatore: **Claudio Domino**

ALLEGATO A 5/2 alla pratica operativa

Rapporto di prima installazione stazione

Stazione Anemometrica di	**MINERVINO MURGE (BT) H 80**
Codice Stazione	**MIN8**

Foto del sito prima dell'intervento

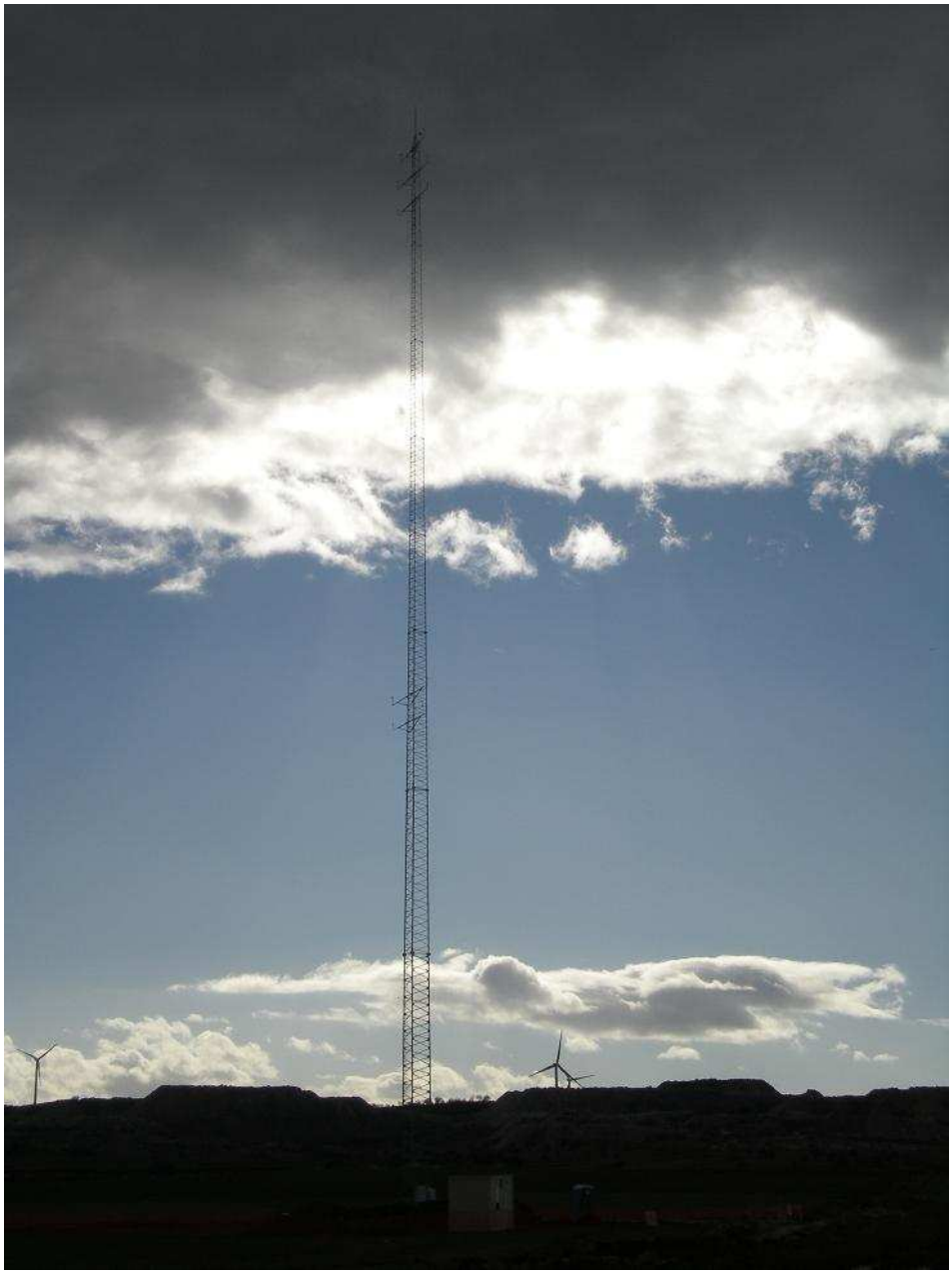
Data: **01/12/2010**	Firma dell'operatore: **Claudio Domino**

ALLEGATO A 5/3 alla pratica operativa

Rapporto di prima installazione stazione

Stazione Anemometrica di	**MINERVINO MURGE (BT) H 80**
Codice Stazione	**MIN8**

Foto del sito dopo l'intervento



Data: **01/12/2010**	Firma dell'operatore: **Claudio Domino**

ALLEGATO A 5/4 alla pratica operativa

Rapporto di prima installazione stazione

Stazione Anemometrica di	**MINERVINO MURGE (BT) H 80**
Codice Stazione	**MIN8**

Vista N

Vista NE

Vista E

Vista SE

Data: **01/12/2010**	Firma dell'operatore: **Claudio Domino**

ALLEGATO A 5/5 alla pratica operativa

Rapporto di prima installazione stazione

Stazione Anemometrica di	**MINERVINO MURGE (BT) H 80**
Codice Stazione	**MIN8**

Vista S

Vista SO

Vista O

Vista NO

Data: **01/12/2010**	Firma dell'operatore: **Claudio Domino**

ALLEGATO A 6 alla pratica operativa

Verifica prima installazione

Stazione Anemometrica di	**MINERVINO MURGE (BT) H 80**
Codice Stazione	**MIN8**

N°codice sensore di velocità a m 79,50	**145522**
N°codice sensore di velocità a m 79,50	**0908918**
N°codice sensore di velocità a m 77,50	**145523**
N°codice sensore di velocità a m 77,50	**07100791**
N°codice sensore di velocità a m 37,50	**145524**
N°codice sensore di velocità a m 37,50	**0908920**
N°codice sensore di direzione a m 75,50	**----**
N°codice sensore di direzione a m 75,50	**1008388**
N°codice sensore di direzione a m 35,50	**----**
N°codice sensore di direzione a m 35,50	**1008387**
N°codice sensore di umidità a m 75,50	**----**
N°codice sensore di temperatura m 75,50	**----**
N°codice logger **Nomad 2 GSM**	**----**

Verifica Struttura	**C**	**NC**
Verifica ancoraggi		
Tensione degli stralli		
Linearità della torre	**X**	
Perpendicolarità della torre	**X**	
Controllo parafulmine	**X**	
Controllo dei supporti	**X**	
Controllo angolo di direzione	**X**	
Verifica Trasmissione Dati		
Test e-mail	**X**	
Prova collegamento		
Copertura GSM	**45%**	

Verifica Strumentazione Elettrica		**C**	**NC**	**Note**
Controllo orario e data		**X**		
ora e data logger	ora attuale			
17.11.00 01/12/2010	**17.11.00**			
Controllo voltaggio batterie		**X**		**B1 = 9.50 V; B2 = 9.50 V; P = 12.30 V;**
Controllo presenza segnale canale C1-A1		**X**		
Controllo presenza segnale canale C2-A2		**X**		
Controllo presenza segnale canale C3-A3		**X**		
Controllo presenza segnale canale A4		**X**		
Controllo presenza segnale canale		**X**		
Controllo presenza segnale canale				
Controllo luce di segnalazione		**X**		
Controllo allacciamento cavi elettrici		**X**		
Controllo sensore di velocità a m 79,50 (NRG)		**X**		**14.00 m/s** velocità all'inserimento della scheda
Controllo sensore di velocità a m 77,50 (NRG)		**X**		**13.30 m/s** velocità all'inserimento della scheda
Controllo sensore di velocità a m 37,50 (NRG)		**X**		**12.90 m/s** velocità all'inserimento della scheda
Controllo sensore di velocità a m				**m/s** velocità all'inserimento della scheda
Controllo sensore di velocità a m				**m/s** velocità all'inserimento della scheda
Controllo sensore di direzione a m 75,50 (NRG)		**X**		**219°** direzione all'inserimento della scheda
Controllo sensore di direzione a m 35,50 (NRG)		**X**		**220°** direzione all'inserimento della scheda
Controllo sensore di direzione a m				direzione all'inserimento della scheda
Controllo sensore di direzione a m				direzione all'inserimento della scheda
Controllo sensore di pressione a m				**mB** pressione all'inserimento della scheda
Controllo sensore di umidità a m 75,50		**X**		**71.449 %** umidità all'inserimento della scheda
Controllo sensore di temperatura a m 75,50		**X**		**16.40 ℃** temperatura all'inserimento della scheda
Controllo della Memory Card		**X**		**100% - 559** days left

LEGENDA: C = CONFORME ÷ NC = NON CONFORME

Note aggiuntive:

I sensori Thies sono collegati ad altro data-logger a cui ESG non ha accesso
Tel. 348 4863907

Data: **01/12/2010**	Firma dell'operatore: **Claudio Domino**

ALLEGATO A 7 alla pratica operativa

Rapporto di prima installazione stazione

Stazione Anemometrica di	**MINERVINO MURGE (BT) H 80**
Codice Stazione	**MIN8**

RACCOMANDAZIONI IMPORTANTI

È buona norma eseguire un controllo periodico della torre e delle fondazioni.

Non eseguire alcuna riparazione in condizioni di forte vento.

Si raccomanda la revisione periodica della struttura nelle zone di alta concentrazione di salinità (zone costiere) e zone con ambienti corrosivi.

È importante che le installazioni e le manutenzioni delle torri vengano valutate ed eseguite solo da personale specializzato

Data: **01/12/2010**	Firma dell'operatore: **Claudio Domino**

ALLEGATO A 8 alla pratica operativa

Rapporto di prima installazione stazione

Stazione Anemometrica di	**MINERVINO MURGE (BT) H 80**
Codice Stazione	**MIN8**

CERTIFICATO DI QUALITÁ

PLC Srl
ISPEZIONI
VERIFICHE
CERTIFICAZIONI

00198 Roma
Via Ancona, 21
Tel. 06.85.35.28.30
Fax 06.85.30.09.69
www.plcert.com
E.mail: info@plcert.com
Iscr. R.E.A. 1074660
C.F. / P.IVA 08118891004

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

SGQ N°059 A - SGA N° 040 D

Membro di MLA EA per gli schemi di accreditamento SGQ, SGA, PRD, PRS, ISP e LAB, di MLA IAF per gli schemi di accreditamento SGQ, SGA, SSI, FSM e PRD e di MRA ILAC per lo schema di accreditamento LAB

Signatory of EA MLA for the accreditation schemes QMS, EMS, PRD, PRS, INSP and TL, of IAF MLA for the accreditation schemes QMS, EMS, ISMS, FSMS and PRD, and of ILAC MRA for the accreditation scheme TL

SISTEMA GESTIONE QUALITÀ

CERTIFICATO N° 453/A/2008

Si attesta che il Sistema di Gestione per la Qualità di:

EURO SERVICE GROUP
SERVIZI PER L'ENERGIA RINNOVABILE

EURO SERVICE GROUP S.R.L.
Via Airella, 49 – 82020 San Giorgio La Molara (BN)

Applicato nell'Unità Operativa sita in
S.S. 212 km 9 – Zona Industriale – 82020 Pietrelcina (BN)

È conforme ai requisiti della norma
UNI EN ISO 9001:2008
E valutato secondo le prescrizioni del documento SINCERT RT - 05

Relativamente al seguente campo applicativo:
Progettazione, fornitura, assemblaggio, installazione, manutenzione, rimozione di torri anemometriche e relativa strumentazione. Elaborazione ed analisi dei dati del vento.

Classificazione EA: 28 - 35

Data 1° emissione	**2008-06-03**
Data di aggiornamento	**2010-05-20**
Data di scadenza	**2011-06-02**

La Direzione
Dott.ssa Antonella De Vitis

La presente certificazione si intende riferita agli aspetti gestionali dell'impresa nel suo complesso ed è utilizzabile ai fini della qualificazione delle imprese di costruzione ai sensi dell'articolo 8 della legge 11 Febbraio 1994 e successive modificazioni e del DPR 25 Gennaio 2000, N° 34.

La validità del presente certificato è subordinata a sorveglianza periodica e al riesame completo del sistema di gestione aziendale con periodicità triennale.

Riferirsi al Manuale della Qualità per i dettagli delle esclusioni dei requisiti della Norma ISO 9001:2008 e per i processi affidati in outsourcing.
Per informazioni puntuali e aggiornate circa eventuali variazioni intervenute nello stato della certificazione di cui al presente certificato, si prega di contattare PLC S.r.l. ai recapiti a lato riportati.

Data: **01/12/2010**	Firma dell'operatore: **Claudio Domino**

OTECH ENGINEERING INC

ANEMOMETER CALIBRATION REPORT

Test Date: 19 May 2010 Revision No: 0

630 Peña Drive, Suite 800
Davis, CA 95618-7726
Office: (530) 757-2264
http://www.otechwind.com

Customer Information
NRG Systems, Inc.
110 Riggs Road
Hinesburg, VT 05461
USA

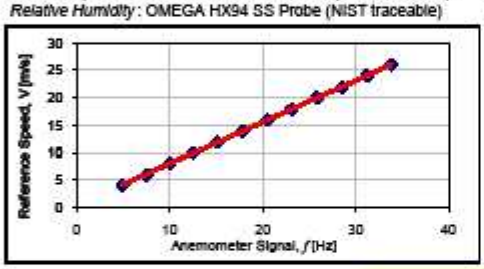
Instrument Under Test (IUT)
Model No: NRG #40 Sine
Serial No: 179500145522
Output: Sine Wave
IUT Power: 0 VDC
Heater Power: 0 VDC
Mount Diameter: 12.7 mm
Test Procedure: OTECH-CP-001

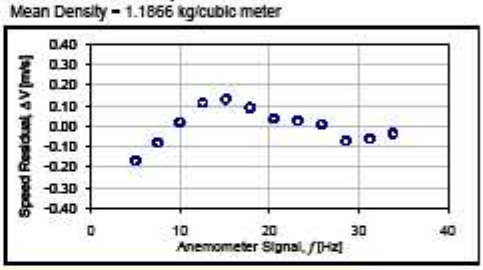
Wind Tunnel Test Facility
Otech Tunnel ID: WT2B
Type: Eiffel (open circuit, suction)
Test Section Size: 0.61 m x 0.61 m x 1.22 m
Manufacturer: Engineering Laboratory Design, Inc.

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 Analysis

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 = 101,673 Pa
Mean Ambient Temperature = 24.1 deg C
Mean Relative Humidity = 40.4% RH
Mean Density = 1.1866 kg/cubic meter



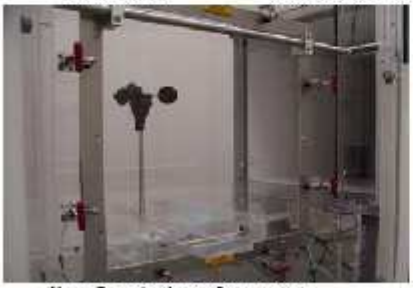


Transfer Function Test Results: V [m/s] = 0.757 f [Hz] + 0.40

Regression Parameters

r = 0.99993 std. err. estimate = 0.0921 m/s
slope = 0.757 m/s per Hz std. err. slope = 0.00292 m/s per Hz
offset = 0.40 m/s std. err. offset = 0.05217 m/s

Reference Speed [m/s]	Anemometer Output [Hz]	Residual [m/s]	Ref. Speed Uncertainty
3.988	4.961	-0.168	0.486%
7.971	9.976	0.018	0.472%
11.968	15.106	0.130	0.487%
15.955	20.494	0.037	0.479%
19.967	25.830	0.008	0.467%
23.975	31.214	-0.062	0.470%
25.976	33.823	-0.037	0.475%
21.961	28.568	-0.072	0.480%
17.955	23.150	0.025	0.485%
13.975	17.809	0.089	0.493%
9.993	12.520	0.113	0.491%
5.990	7.490	-0.080	0.488%



Note: Generic photo of test set-up

Approved by: Adam Havner, Lab Manager

OTECH ENGINEERING INC

ANEMOMETER CALIBRATION REPORT

Test Date: 19 May 2010 Revision No: 0

630 Peña Drive, Suite 800
Davis, CA 95618-7726
Office: (530) 757-2264
http://www.otechwind.com

Customer Information
NRG Systems, Inc.
110 Riggs Road
Hinesburg, VT 05461
USA

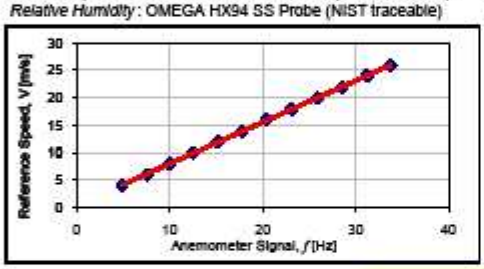
Instrument Under Test (IUT)
Model No: NRG #40 Sine
Serial No: 179500145523
Output: Sine Wave
IUT Power: 0 VDC
Heater Power: 0 VDC
Mount Diameter: 12.7 mm
Test Procedure: OTECH-CP-001

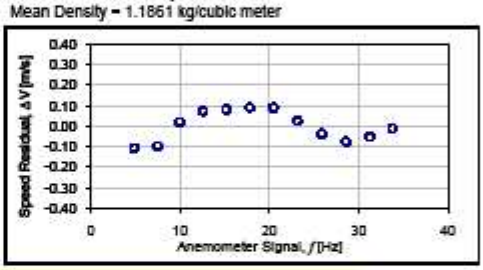
Wind Tunnel Test Facility
Otech Tunnel ID: WT2B
Type: Eiffel (open circuit, suction)
Test Section Size: 0.61 m x 0.61 m x 1.22 m
Manufacturer: Engineering Laboratory Design, Inc.

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 Analysis

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 = 101,683 Pa
Mean Ambient Temperature = 24.2 deg C
Mean Relative Humidity = 40.4% RH
Mean Density = 1.1861 kg/cubic meter



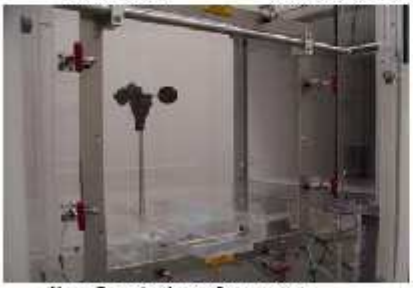


Transfer Function Test Results: V [m/s] = 0.757 f [Hz] + 0.42

Regression Parameters

r = 0.99995 std. err. estimate = 0.0778 m/s
slope = 0.757 m/s per Hz std. err. slope = 0.00246 m/s per Hz
offset = 0.42 m/s std. err. offset = 0.05245 m/s

Reference Speed [m/s]	Anemometer Output [Hz]	Residual [m/s]	Ref. Speed Uncertainty
3.988	4.863	-0.107	0.496%
7.970	9.957	0.020	0.479%
11.966	15.155	0.083	0.470%
15.963	20.428	0.090	0.482%
19.961	25.878	-0.037	0.494%
23.979	31.209	-0.053	0.483%
25.963	33.776	-0.011	0.474%
21.957	28.566	-0.075	0.470%
17.941	23.125	0.026	0.473%
13.974	17.797	0.091	0.486%
9.985	12.549	0.073	0.500%
5.993	7.498	-0.097	0.492%



Note: Generic photo of test set-up

Approved by: Adam Havner, Lab Manager

This document reports that the above IUT was tested at Otech Engineering, Inc., a wind tunnel laboratory accredited in accordance with the recognised International Standard ISO/IEC 17025:2005 (Certificate number CL-126). This accreditation demonstrates technical competence for a defined scope and the operation of a laboratory quality management system (refer joint ISO-ILAC-IAF Communique dated January 2009). Uncertainties estimated at 95 % confidence level. This report shall not be reproduced except in full, without written approval from Otech Engineering, Inc.

IAS ACCREDITED

References available upon request.

179500145523_2010-05-19.pdf

OTECH ENGINEERING INC

ANEMOMETER CALIBRATION REPORT

Test Date: 19 May 2010 Revision No: 0

630 Peña Drive, Suite 800
Davis, CA 95618-7726
Office: (530) 757-2264
http://www.otechwind.com

Customer Information
NRG Systems, Inc.
110 Riggs Road
Hinesburg, VT 05461
USA

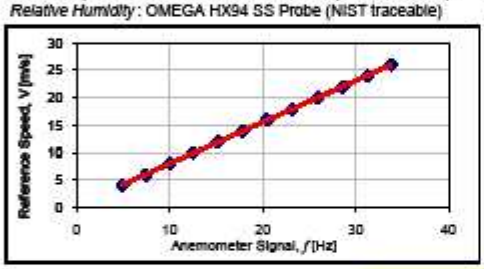
Instrument Under Test (IUT)
Model No: NRG #40 Sine
Serial No: 179500145524
Output: Sine Wave
IUT Power: 0 VDC
Heater Power: 0 VDC
Mount Diameter: 12.7 mm
Test Procedure: OTECH-CP-001

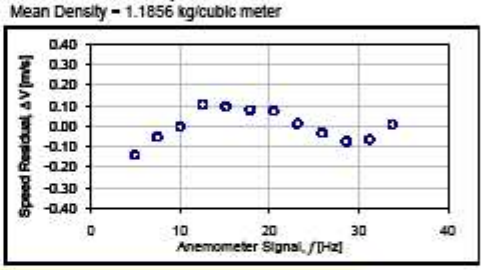
Wind Tunnel Test Facility
Otech Tunnel ID: WT2B
Type: Eiffel (open circuit, suction)
Test Section Size: 0.61 m x 0.61 m x 1.22 m
Manufacturer: Engineering Laboratory Design, Inc.

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 Analysis

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 = 101,682 Pa
Mean Ambient Temperature = 24.3 deg C
Mean Relative Humidity = 40.5% RH
Mean Density = 1.1856 kg/cubic meter



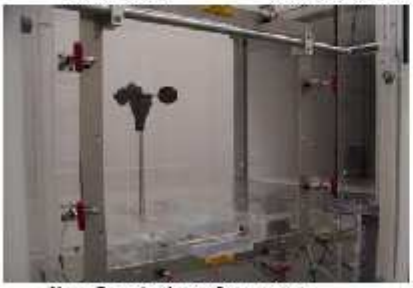


Transfer Function Test Results: V [m/s] = 0.756 f [Hz] + 0.42

Regression Parameters

r = 0.99994 std. err. estimate = 0.0812 m/s
slope = 0.756 m/s per Hz std. err. slope = 0.00257 m/s per Hz
offset = 0.42 m/s std. err. offset = 0.05473 m/s

Reference Speed [m/s]	Anemometer Output [Hz]	Residual [m/s]	Ref. Speed Uncertainty
3.989	4.906	-0.141	0.512%
7.973	9.993	-0.003	0.478%
11.964	15.143	0.095	0.496%
15.956	20.450	0.074	0.478%
19.968	25.897	-0.034	0.486%
23.973	31.236	-0.065	0.482%
25.977	33.791	0.007	0.480%
21.963	28.591	-0.075	0.477%
17.945	23.162	0.012	0.484%
13.973	17.820	0.079	0.475%
9.985	12.510	0.106	0.470%
5.992	7.440	-0.054	0.497%



Note: Generic photo of test set-up

Approved by: Adam Havner, Lab Manager

DEUTSCHER KALIBRIERDIENST DKD

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

Deutsche WindGuard *The Wind Professionals*

Deutsche WindGuard
Wind Tunnel Services GmbH
Varel

Deutscher Akkreditierungs Rat DAR
DKD-K- 36801

10/5176
DKD-K-36801
07/2010

Kalibrierschein
Calibration Certificate

Kalibrierzeichen
Calibration label

Gegenstand *Object*	4.3350.10.000
Hersteller *Manufacturer*	Thies Clima D-37083 Göttingen
Typ *Type*	4.3350.10.000
Fabrikat/Serien-Nr. *Serial number*	Body: 07100791 Cup: 07100791
Auftraggeber *Customer*	Thies Clima D-37083 Göttingen
Auftragsnummer *Order No.*	VT10462
Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines *Number of pages of the certificate*	3
Datum der Kalibrierung *Date of calibration*	05.07.2010

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.

Stempel *Seal*	Datum *Date*	Leiter des Kalibrierlaboratoriums *Head of the calibration laboratory*	Bearbeiter *Person in charge*
Deutscher Kalibrierdienst DKD-K-36801	05.07.2010	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

10/5176
DKD-K-36801
07/2010

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]	230 cm²
diameter of mounting pipe [3]	34 mm
blockage ratio [4]	0.023 [-]
blockage correction [5]	1.000 [-]

Umgebungsbedingungen
Test conditions

air temperature	27.3 °C	± 0.2 K
air pressure	1017.8 hPa	± 0.3 hPa
relative air humidity	47.6 %	± 2.0 %

Akkreditierung
Accreditation
08 / 2009

Anmerkungen
Remarks
-

Auswertesoftware
Software version
5.0

[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
Anmerkung: Aufgrund der speziellen Konstruktion der Messstrecke ist keine Korrektur nötig.
Remark: Due to the special construction of the test section no blockage correction is necessary

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

10/5176
DKD-K-36801
07/2010

Kalibrierergebnis:
Result:

Test Item (1/s)	Tunnel Speed (m/s)	Uncertainty (k=2) (m/s)
81.764	4.134	0.05
123.240	6.122	0.05
161.488	7.992	0.05
199.972	9.825	0.05
241.535	11.795	0.05
282.972	13.759	0.05
323.757	15.727	0.05
302.103	14.682	0.05
262.272	12.780	0.05
220.162	10.801	0.05
180.148	8.870	0.05
140.110	6.967	0.05
102.664	5.157	0.05

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.

Anhang
Annex

10/5176

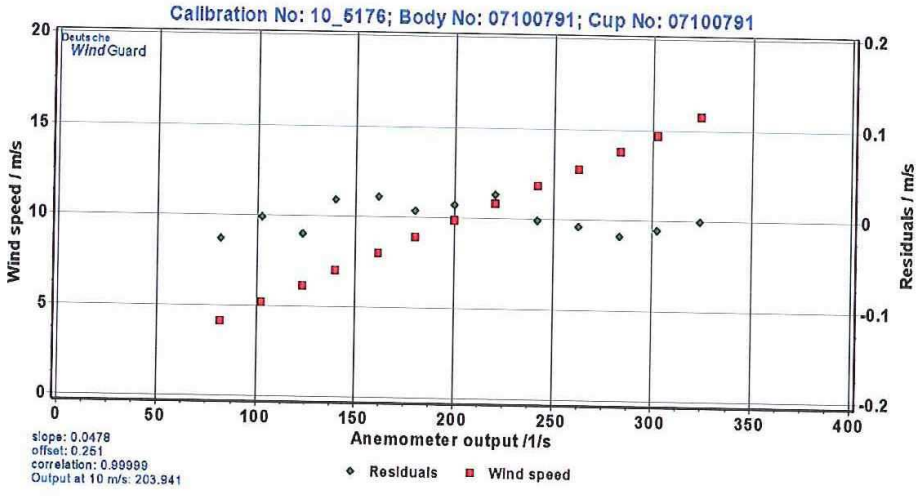
1 Detailed MEASNET[1] Calibration Results

DKD calibration no.	10/5176
Body no.	07100791
Cup no.	07100791
Date	05.07.2010
Air temperature	27.3 °C
Air pressure	1017.8 hPa
Humidity	47.6 %

Linear regression analysis

Slope	0.04780 (m/s)/(1/s) ±0.00006 (m/s)/(1/s)
Offset	0.251 m/s ±0.014 m/s
St.err(Y)	0.016 m/s
Correlation coefficient	0.999990

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

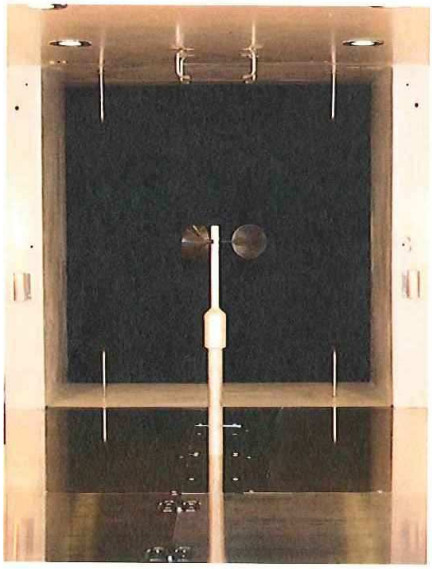
2 Instrumentation

Pos.	Sensor	Manufa.	Identification	Year
1	Pitot static tube	Airflow	483/8 Nr. 000142	02
2	Pitot static tube	Airflow	483/8 Nr. 000143	02
3	Pitot static tube	Airflow	483/8 Nr. 000144	02
4	Pitot static tube	Airflow	483/8 Nr. 000145	02
5	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688081	02
6	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688082	02
7	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688083	02
8	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688084	02
9	El. Barometer	Vaisala	100 A Nr. X2010004	02
10	El. Thermometer	Galltec	KPK 1/6-ME	02
11	El. Humidity sensor	Galltec	KPK 1/6-ME	02
12	Wind tunnel control	-	-	-
13	CAN-BUS / PC	esd	-	04
14	Anemometer		-	
15	Universal Isolator	Knick	P2700 - 98430	05

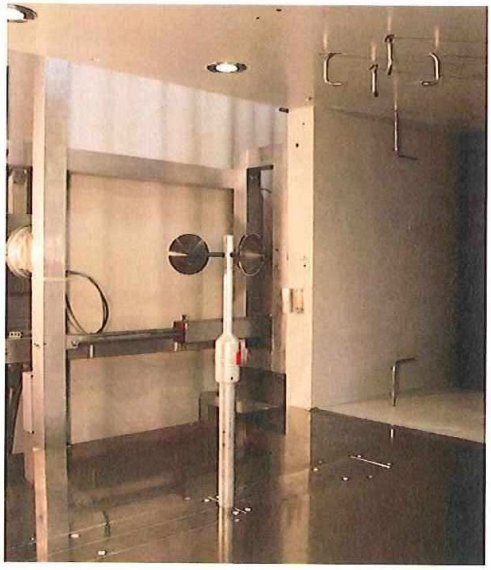
Table 1 Description of the data acquisition system

Remark: Last Re-accreditation see page 2

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] D. Westermann, 2009 - 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

DEUTSCHER KALIBRIERDIENST DKD

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

Deutsche WindGuard
Wind Tunnel Services GmbH
Varel

Deutscher Akkreditierungs Rat DAR
DKD-K- 36801

08_3480
DKD-K-36801
09.2008

Kalibrierschein
Calibration Certificate

Kalibrierzeichen
Calibration label

Gegenstand *Object*	Anemometer
Hersteller *Manufacturer*	Thies Clima D-37083 Göttingen
Typ *Type*	4.3350.10.000
Fabrikat/Serien-Nr. *Serial number*	Body: 0908920 Cup: 0908920
Auftraggeber *Customer*	RePower Systems AG D 25813 Husum
Auftragsnummer *Order No.*	VT08358
Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines *Number of pages of the certificate*	3
Datum der Kalibrierung *Date of calibration*	17.09.2008

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.

Stempel *Seal*	Datum *Date*	Leiter des Kalibrierlaboratoriums *Head of the calibration laboratory*	Bearbeiter *Person in charge*
Deutscher Kalibrierdienst DKD-K- 36801	17.09.2008	Dipl. Phys. D. Westermann	Tech. Ass. U. Tolle

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

Seite 2
Page

08_3480
DKD-K-36801
09.2008

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]	230 cm²	
diameter of mounting pipe [3]	34 mm	
blockage ratio [4]	0.023 [-]	
blockage correction [5]	1.000 [-]	
average WindGuard reference [6]	203.8 1/s (Thies First Class)	
present WindGuard reference [7]	204.1 1/s	

Umgebungsbedingungen
Test conditions

air temperature	24.5 deg	± 1.0 K
air pressure	1024.4 hPa	± 1.0 hPa
relative air humidity	41.4 %	± 2.5 %

Dateiinformation
File info C:\ak\aktuell\08_3480.kor

Anmerkungen
Remarks -

Auswertesoftware
Software version 3.0

[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

Anhang
Annex

08_3480

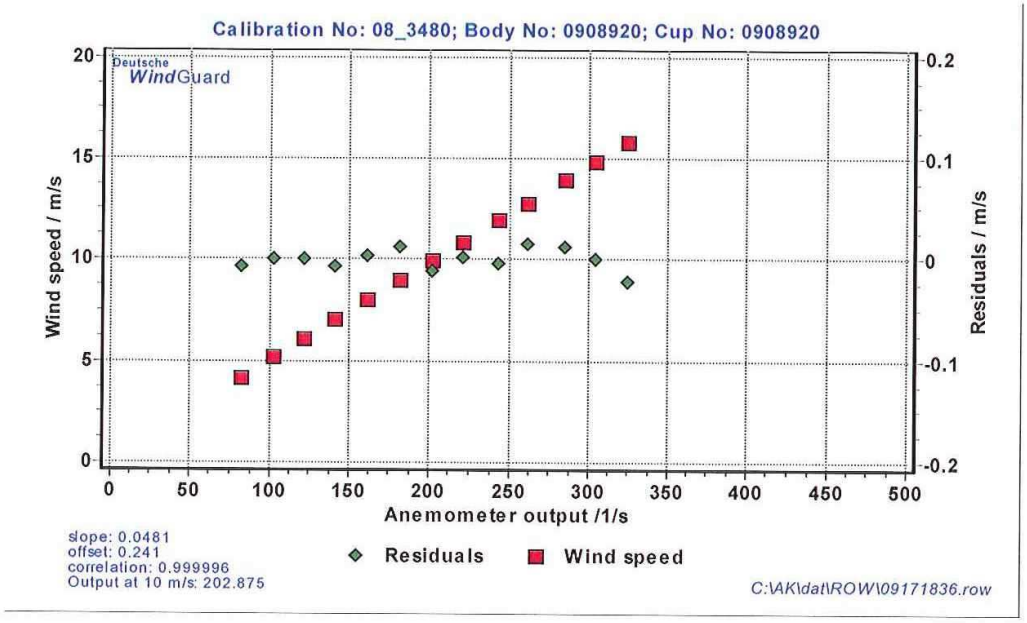
1 Detailed MEASNET[1] Calibration Results

DKD calibration no.	08_3480
Body no.	0908920
Cup no.	0908920
Date	17.09.2008
Air temperature	24.5 deg
Air pressure	1024.4 hPa
Humidity	41.4 %

Linear regression analysis

Slope	0.04810 (m/s)/(1/s) ±0.00004 (m/s)/(1/s)
Offset	0.241 m/s ±0.009 m/s
St.err(Y)	0.007 m/s
Correlation coefficient	0.999996

Remarks no



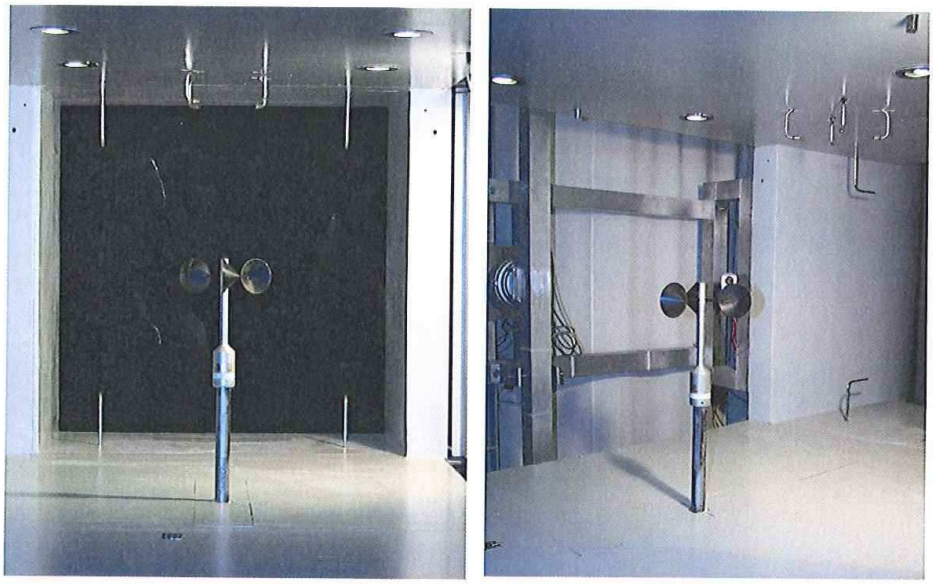
[1]) According to MEASNET Cup Anemometer Calibration Procedure 09/1997.
Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services is accredited by MEASNET and by the Deutscher Kalibrierdienst – DKD (German Calibration Service). Registration: DKD – K – 36801

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	03/05
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

DEUTSCHER KALIBRIERDIENST DKD

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

Deutsche WindGuard
Wind Tunnel Services GmbH
Varel

Deutscher Akkreditierungs Rat
DAR
DKD-K- 36801

08_3478
DKD-K-36801
09.2008

Kalibrierzeichen
Calibration label

Kalibrierschein
Calibration Certificate

Gegenstand *Object*	Anemometer
Hersteller *Manufacturer*	Thies Clima D-37083 Göttingen
Typ *Type*	4.3350.10.000
Fabrikat/Serien-Nr. *Serial number*	Body: 0908918 Cup: 0908918
Auftraggeber *Customer*	RePower Systems AG D 25813 Husum
Auftragsnummer *Order No.*	VT08358
Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines *Number of pages of the certificate*	3
Datum der Kalibrierung *Date of calibration*	17.09.2008

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	17.09.2008	Dipl. Phys. D. Westermann	Tech. Ass. U. Tolle

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

Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services GmbH

08_3478
DKD-K-36801
09.2008

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]	230 cm²	
diameter of mounting pipe [3]	34 mm	
blockage ratio [4]	0.023 [-]	
blockage correction [5]	1.000 [-]	
average WindGuard reference [6]	203.8 1/s (Thies First Class)	
present WindGuard reference [7]	204.1 1/s	

Umgebungsbedingungen
Test conditions

air temperature	24.8 deg	± 1.0 K
air pressure	1024.1 hPa	± 1.0 hPa
relative air humidity	43.8 %	± 2.5 %

Dateiinformation
File info
C:\ak\aktuell\08_3478.kor

Anmerkungen
Remarks
-

Auswertesoftware
Software version
3.0

[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

Seite 3
Page

08_3478
DKD-K-36801
09.2008

Kalibrierergebnis:
Result:

Anzeige Pruefling	Stroemungs-geschwindigkeit	Erweiterte Messunsicherheit
1/s	m/s	m/s
82.759	4.200	0.10
122.294	6.111	0.10
161.530	8.010	0.10
201.883	9.949	0.10
243.499	11.946	0.10
284.860	13.947	0.10
324.956	15.852	0.11
304.551	14.865	0.10
261.761	12.822	0.10
221.079	10.863	0.10
182.003	8.969	0.10
141.391	7.035	0.10
102.831	5.167	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.

Anhang
Annex

08_3478

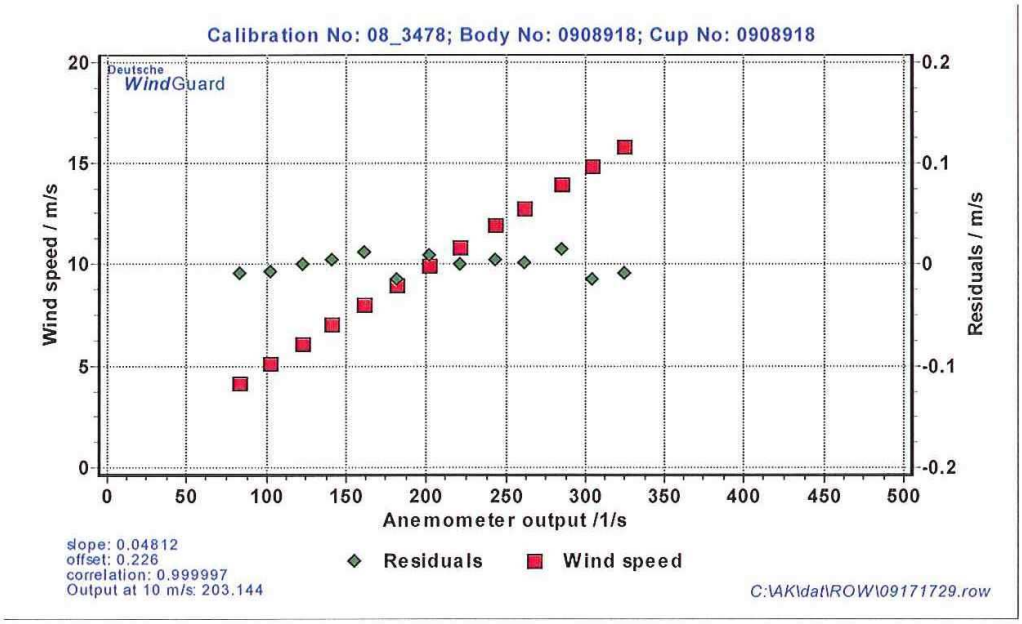
1 Detailed MEASNET[1] Calibration Results

DKD calibration no.	08_3478
Body no.	0908918
Cup no.	0908918
Date	17.09.2008
Air temperature	24.8 deg
Air pressure	1024.1 hPa
Humidity	43.8 %

Linear regression analysis

Slope	0.04812 (m/s)/(1/s) ±0.00004 (m/s)/(1/s)
Offset	0.226 m/s ±0.008 m/s
St.err(Y)	0.006 m/s
Correlation coefficient	0.999997

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

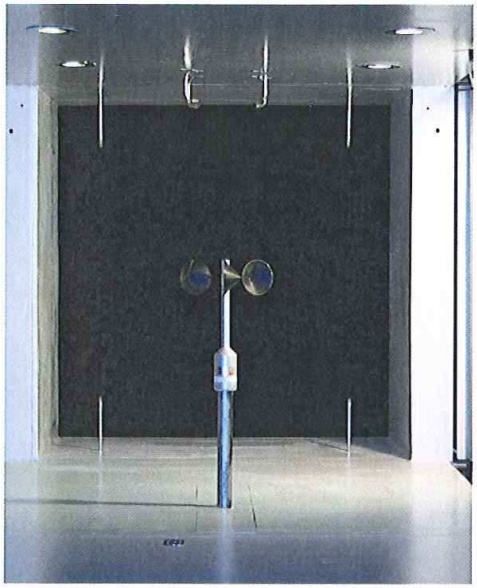
08_3478

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	03/05
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

MINERVINO WIND SRL
Società con Unico Socio
Via Chiese, n. 72 - 20126 Milano - Italia

Coordinate layout d'impianto (UTM WGS84)

	Est	Nord	Quota (slm)
MM_01	596941	4551622	449
MM_02	595947	4551324	439
MM_03	595496	4550603	452
MM_04	596785	4550607	448
MM_05	596453	4549969	465

+39 02 32 90 31
+39 02 32 90 32 00
minervinowind@legalmail.it

REA Milano 1704627
Reg. Imp. Milano, C.F. e P.IVA 06642571001
Cap. Sociale Euro 1.700.000,00 i.v.

MINERVINO WIND SRL
Società con Unico Socio
Via Chiese, n. 72 - 20126 Milano - Italia

Curve di potenza degli aerogeneratori considerati

+39 02 32 90 31
+39 02 32 90 32 00
minervinowind@legalmail.it

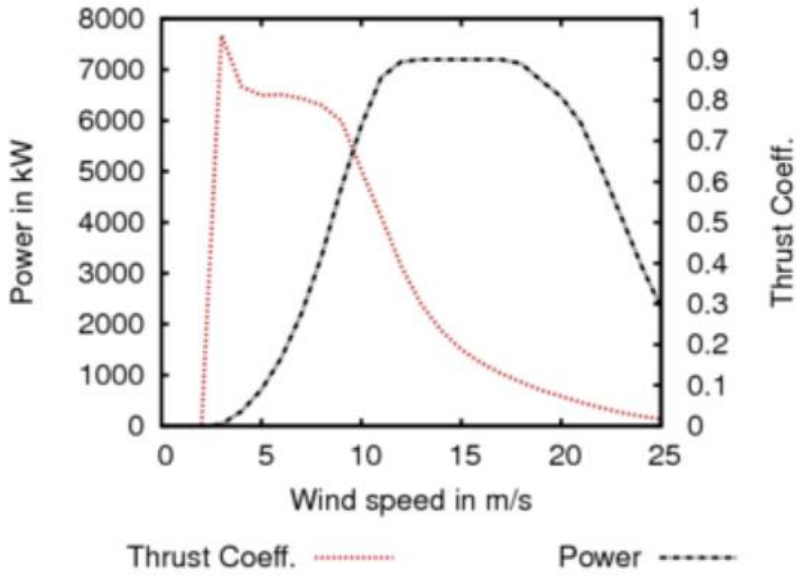
REA Milano 1704627
Reg. Imp. Milano, C.F. e P.IVA 06642571001
Cap. Sociale Euro 1.700.000,00 i.v.

MINERVINO WIND SRL

Società con Unico Socio
Via Chiese, n. 72 - 20126 Milano - Italia

Turbine: Vestas V172 - nominal effect (kW): 7200 - air density (kg/m^3): 1.225

Bin velocity (m/s)	Power (kW)	Thrust coeff. (-)
0.0	0.0	0.000
1.0	0.0	0.000
2.0	0.0	0.000
3.0	32.0	0.960
4.0	288.0	0.834
5.0	715.0	0.812
6.0	1340.0	0.814
7.0	2203.0	0.805
8.0	3324.0	0.788
9.0	4685.0	0.750
10.0	5904.0	0.628
11.0	6854.0	0.513
12.0	7160.0	0.392
13.0	7200.0	0.299
14.0	7200.0	0.235
15.0	7200.0	0.188
16.0	7200.0	0.155
17.0	7200.0	0.129
18.0	7124.0	0.108
19.0	6789.0	0.088
20.0	6472.0	0.073
21.0	5946.0	0.058
22.0	5069.0	0.045
23.0	4121.0	0.033
24.0	3169.0	0.024
25.0	2328.0	0.017



+39 02 32 90 31
+39 02 32 90 32 00
minervinowind@legalmail.it

REA Milano 1704627
Reg. Imp. Milano, C.F. e P.IVA 06642571001
Cap. Sociale Euro 1.700.000,00 i.v.

MINERVINO WIND SRL
Società con Unico Socio
Via Chiese, n. 72 - 20126 Milano - Italia

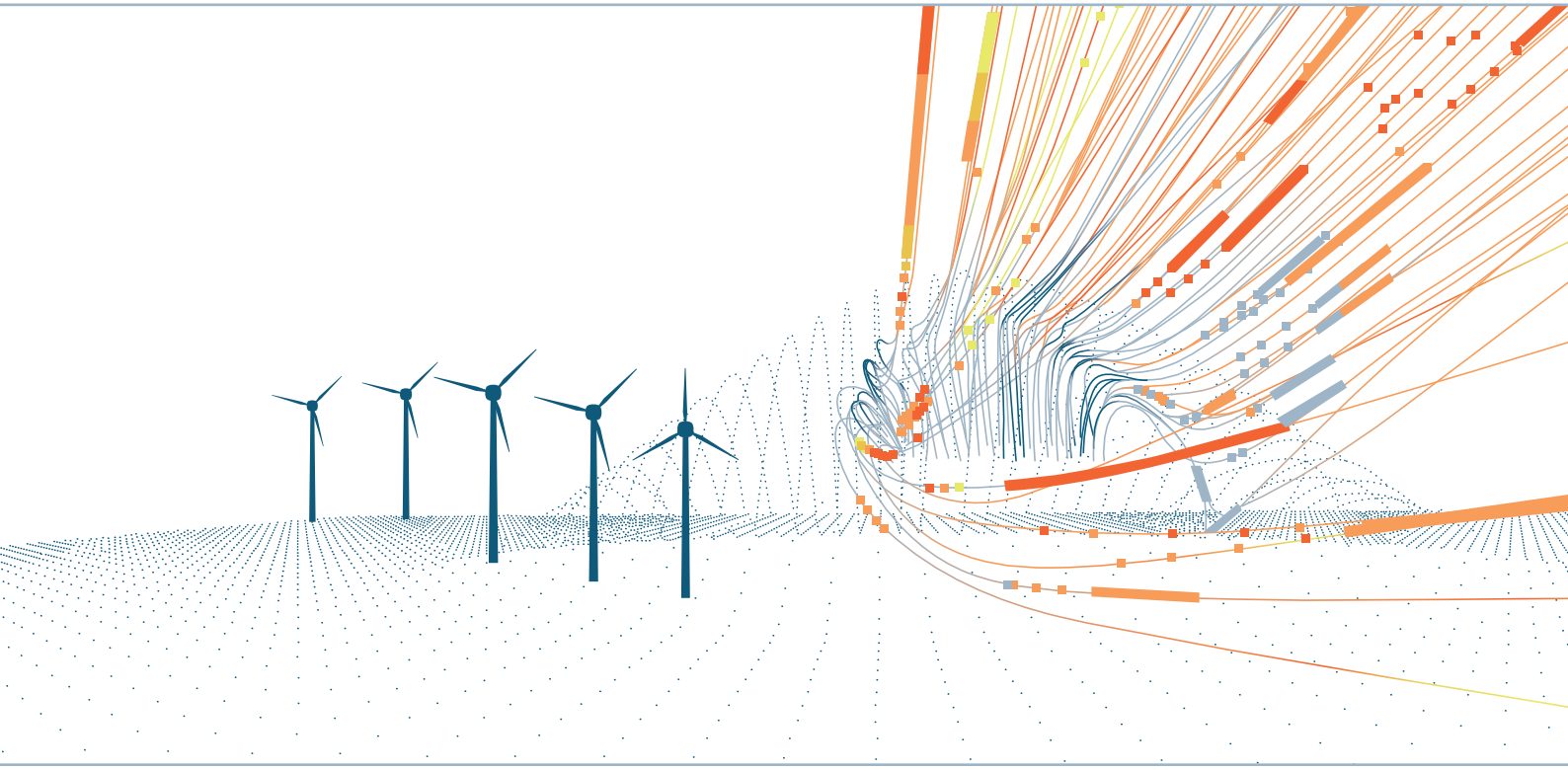
Descrizione software utilizzato (Windsim)

+39 02 32 90 31
+39 02 32 90 32 00
minervinowind@legalmail.it

REA Milano 1704627
Reg. Imp. Milano, C.F. e P.IVA 06642571001
Cap. Sociale Euro 1.700.000,00 i.v.

WIND IS WIND POWER

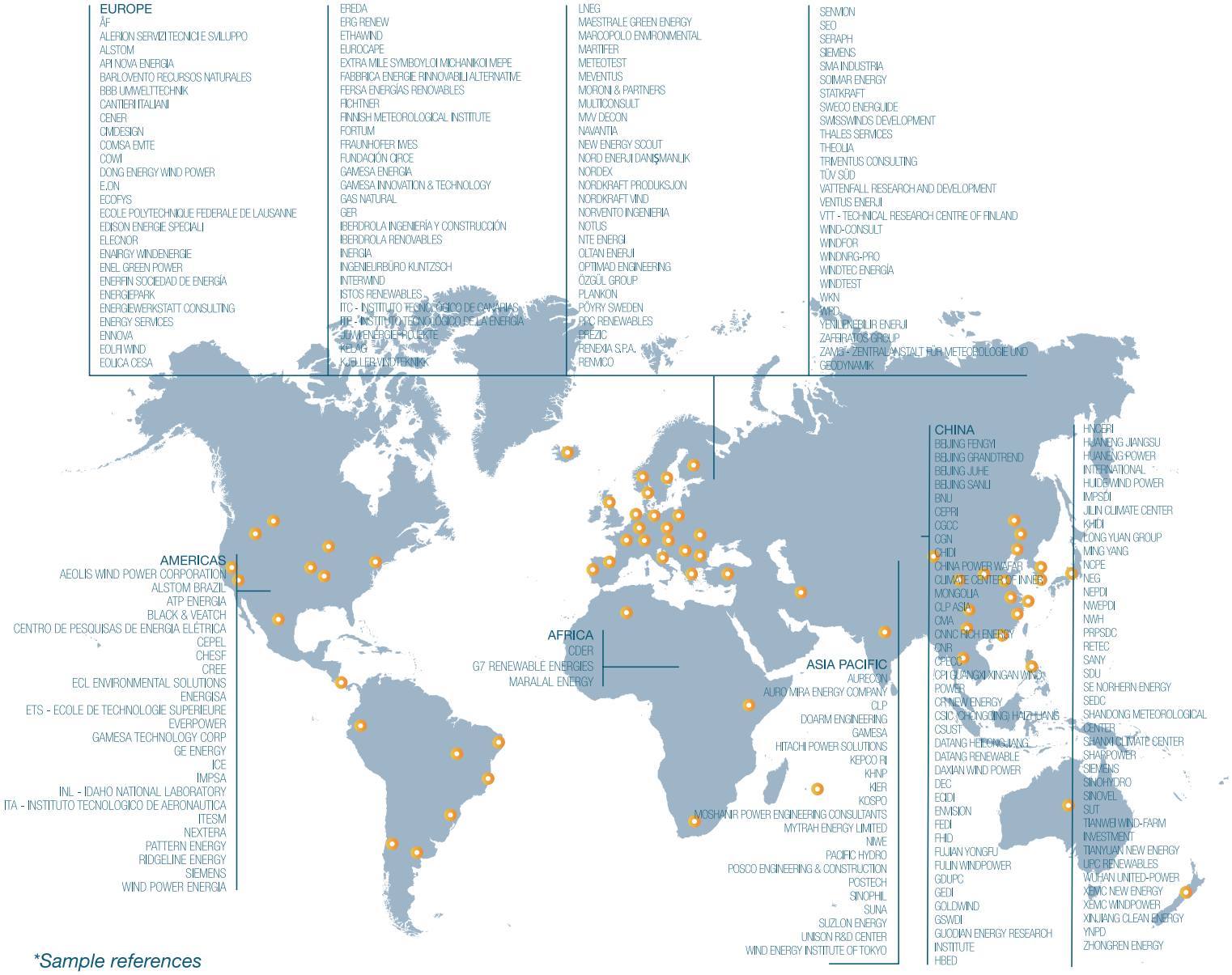
KNOWLEDGE



SOFTWARE

windsim

Software | Consulting | Forecasting



**Sample references*

FROM WINDSIM
MANAGEMENT

ARNE REIDAR GRAVDAHL
CTO & Founder

JOHN OLAF RØMMA
CEO

SUSTAINABILITY – The obvious choice

The idea of sustainability stems from the concept of sustainable development set forth at the World's first Earth Summit in Rio in 1992. Today sustainability is a part of everyone's vocabulary. Sustainable development meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs. We are proud of working towards a sustainable energy supply - The obvious choice for the future.

THE VALUE OF WINDSIM
FOR WIND PROJECTS

WindSim delivers accurate and proven simulation software and consulting services that help the wind energy industry worldwide design and operate more profitable wind farms.

- Maximize production and wind farm performance while minimizing risk, downtime and maintenance cost.
- Using WindSim from early concept evaluation, through engineering to operation, secures overall capital and operating cost effectiveness.
- Successful design and operation of wind farms rely on detailed understanding of the wind field. WindSim provides solutions through accurate modeling of true dynamics.
- Advanced simulations maximizing energy production for every type of terrain, from the simplest to the roughest locations.

YOUR PARTNER
IN WIND ASSESSMENT.
MAXIMIZE PRODUCTION
AND WIND FARM PERFORMANCE

WHILE MINIMIZING RISK, DOWNTIME AND MAINTENANCE COST.

CFD

THE VALUE OF COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

Many comparisons have been carried out between CFD and the traditional linear tools in wind energy assessment. It is widely proven that linear tools very often give less accurate wind speed estimations compared to CFD tools, especially in complex terrain. Identifying areas with high wind speeds is vital to maximizing energy production. A 10% increase in wind speed can give a 30% increase in Annual Energy Production. The fundamental equations of fluid flow consist of a set of non-linear partial differential equations, the so-called Navier-Stokes equations. These equations are known to be difficult to solve due to their non-linear nature. Nevertheless, in numerous flow situations—and in various industries over many years—CFD reproduces the measured flow patterns and is therefore considered a proven method. CFD can take all the different effects of turbulence, variable density, topography, and vegetation into account using fundamental equations.

WINDSIM

HOW DOES IT WORK

WindSim software has a user-friendly modular structure that makes it easy to use and interpret. First, you start off with the terrain module; this generates a 3D model of the area around your wind farm based on elevation and roughness data. You can model forested areas and physical objects such as buildings, to include the influence these have on the wind field. The next step is the Wind Fields module, where the wind database is generated. This module simulates how the terrain and other factors affect local wind conditions. In the Objects module, you decide on placement of turbines and measurement points. This is done in a fully interactive 3D interface, which makes it easy to get a visual layout of the wind farm from different angles.
The overview of flow variables you get in the Result Module, here you can inspect all of the variables like wind speed, direction shifts, turbulent intensity and wind shear. The wind resource map forms the basis for the energy optimization and is established by weighting the wind database against measurements. The final step is the Energy module where you can calculate the Annual Energy Production for each turbine in the wind farm, as well as compare alternative park layouts and wake losses.

WE HAVE BEEN WORKING ON

MAKING UNCERTAINTY CERTAIN

SOFTWARE LIST

WINDSIM

WindSim is a powerful Wind Farm Design Tool (WFDT) based on CFD and has been the thought leader in the application of CFD techniques for the worldwide wind energy industry for more than ten years. The software is used for the design of wind farms both onshore and offshore, maximizing Annual Energy Production while taking the site and terrain constraints into account. The software combines advanced numeric processing with compelling 3D visualization in a user-friendly interface.

WINDSIM EXPRESS

WindSim Express makes CFD based micro-siting a simple three step procedure. First, name your project. Second, load your turbine position and measurement data. Finally, set the resolution of the numerical model. That's all. WindSim Express automatically download a terrain model of the area of interest and runs the simulations.

REMOTE SENSING CORRECTION TOOL

Remote sensing techniques based on SODAR and LIDAR are gaining more traction in the wind sector than ever before. Our customers enjoy a considerable advantage using remote sensing, by sampling data over a large area and measuring vertical profiles at the turbine locations. The Remote Sensing Correction Tool allows you to further leverage remote sensing data for maximum levels of accuracy.

OFFSHORE

Offshore wind farm layouts are traditionally designed using engineering wake models. WindSim includes three thoroughly used engineering models and the advanced Actuator Disk method. By using the state of the art Actuator Disk method during the design phase you will increase your overall profitability by calculating with higher accuracy the wind flow conditions within your farm.

MULTIPLE CORE UTILIZATION

With Multiple Core Utilization, you can run 2,4 or 36 computations simultaneously enabling you to speed up individual simulations by e.g. running several sectors at the same time, or to simulate several wind projects at the same time. The software automatically checks available memories to optimize the computing processes.

WIND ATLAS

Wind Atlas enables you to perform wind mapping over large areas like regions or countries by combining several WindSim projects enabling generation of a large wind resource map with high accuracy.

CLIENT SERVER / CLOUD

Allows you to run very large number of simultaneous computations by optimizing the use of your available internal servers or using world-wide commercial cloud services.

PARK OPTIMIZER

Park Optimizer uses WindSim simulations plus new optimization techniques to help you interactively design IEC-compliant wind farm layouts. You can include costs and revenues to maximize the wind park profitability with respect to park size finding an optimum number of turbines and location of each turbine.

EXTREME WIND ASSESSMENTS

WindSim Extreme Wind Assessments enables optimal engineering of structural designs such as solar racking systems for commercial and utility-scale projects, reducing CAPEX and risk. In some countries, extreme wind conditions are specified in the national building codes but in regions with limited wind data, such as developing countries, it is not specified increasing engineering uncertainty. WindSim provides accurate wind conditions for areas of interest by transferring reference wind conditions to the area of interest using its advanced CFD based flow modelling software providing accurate basic extreme wind conditions and 3-second wind gust predictions.

WindSim pioneered the use of CFD (Computational Fluid Dynamics) technology to optimize wind turbine placement, and offers CFD software, training, independent technical and engineering services to the wind industry. Headquartered in Norway, and with a global presence in over 20 countries, WindSim has for a long time been the thought leader and expert on CFD within the wind industry.

SOFTWARE LIST

POWER FORECASTING

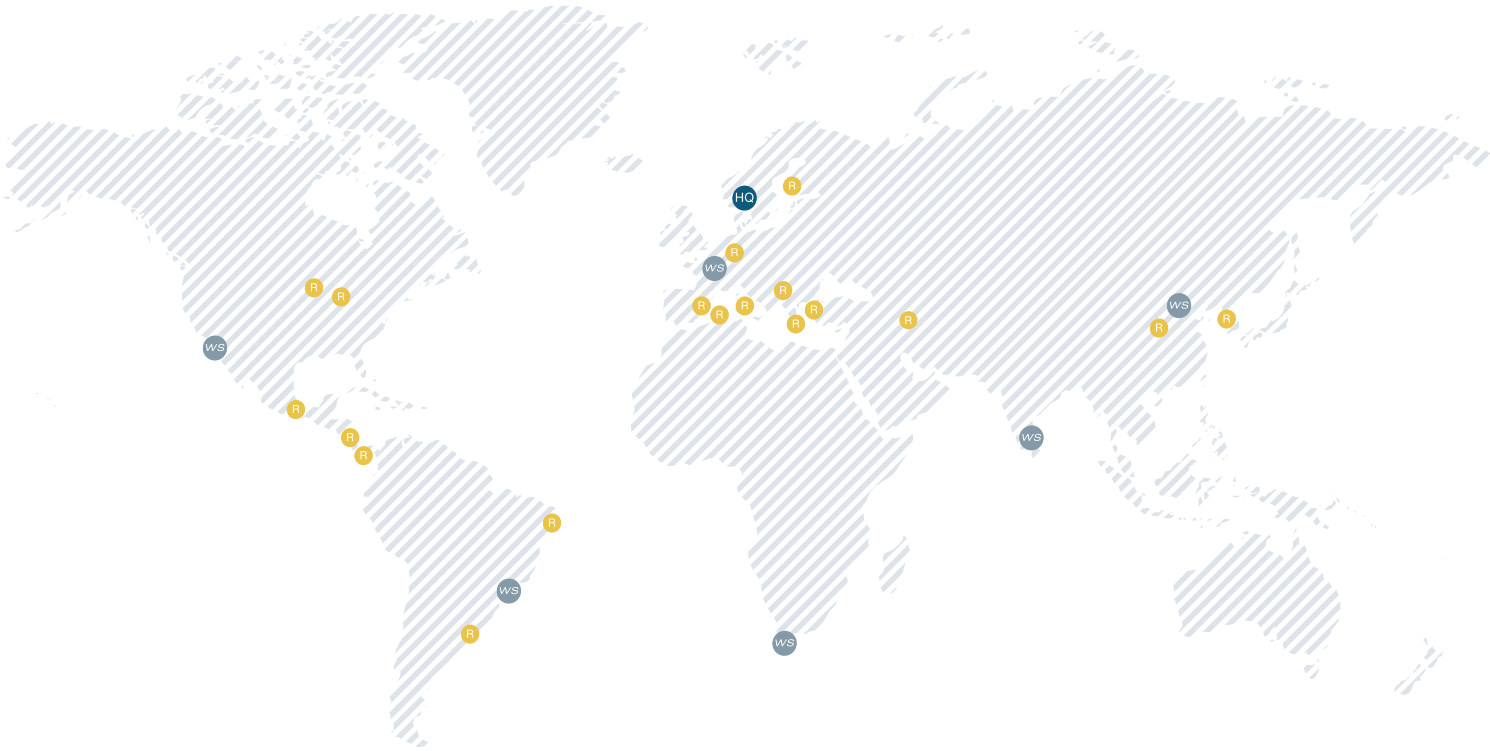
WindSim Power Forecasting is available as web based application providing precise prediction of the intraday or day ahead power forecasts. Numerical Weather Prediction data and online (SCADA) data is used for training Artificial Neural Network solutions and to run CFD simulations which gives statistical and deterministic forecasts for the next days for trading purposes and maintenance planning.

POWER LINE OPTIMIZATION

Power Line provides a CFD based three-dimensional flow model for the transmission line area transferring the measurements from the weather stations along the transmission line onto the whole length of the transmission line, providing an end-to-end high fidelity monitoring solution. Knowing the wind speed and direction at every span, extreme environmental wind conditions can be detected or the conductor thermal capacity can be calculated very precisely and the capacity of the line can be increased through Dynamic Line Rating.

WINDSIM SOFTWARE SUITE

WIND PROJECT TIME SPAN



Argentina | Brazil | Canada | China | Costa Rica | Finland | Germany | Greece | India | Italy | Korea | Mexico | Norway | Serbia | South Africa | Spain | Turkey | USA

CONTACT US

WindSim AS
Fjordgaten 13, 3125 Tønsberg, Norway
+47 33 38 18 00

WindSim Americas
Westlake Park Place, 2945 Townsgate Road, Suite 200, Westlake Village, California 91361 United States of America
+1 805 216 0785

WindSim Brasil
Marble Tower, Av. das Nações Unidas, 14.171 15º andar, Vila Gertrudes, São Paulo – SP 04794-000, Brasil
+55 11 5095 3430

WindSim China
No. 101 Shaoyang Beili Chaoyang District 100029 Beijing, China
+86 186 1029 1570

WindSim India
RMZ Millenia Park II - 4B 6th Floor 143 Dr MGR Road, Kandanchavady Chennai 600 096, India
+91 98 4032 2786

WindSim Sub-Saharan Africa
16th Floor Norton Rose House Riebeeck Street, Cape Town, 8000, South Africa
+27 79 367 2593

info@windsim.com | sales@windsim.com | consulting@windsim.com | **www.windsim.com**