

- biogas ●
- biometano ●
- eolico ●
- fotovoltaico ●
- efficienza energetica ●
- waste to chemical ●

A.5 - Studio Anemologico

Progetto definitivo

PARCO EOLICO POTENZA

Comuni di Potenza (PZ) e Picerno (PZ)

Località "Poggi di San Michele"

N. REV.	DESCRIZIONE	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO
a	Emissione	Andreas Wolf Ciavarra	Salvatore Leggeri	Vincenzo Pace

IT/EOL/E-POTE/PDF/C/RS/06a
 04/08/2023
 Via Ivrea, 70 (To) Italia
 T +39 011.9579211
 F +39 011.9579241
 asja.potenza@pec.it

asja | Potenza

GLOREN
 Engineering
 GLOREN S.r.l.
 Via F. Parri, 40 - 75100 Matera
 Tel/Fax 0835.1975109 - glorensr@gmail.com

1	INTRODUZIONE	3
2	DESCRIZIONE PROGETTO	3
2.1	Inquadramento geografico	3
3	ANEMOMETRIA	4
3.1	Stazione Anemometrica	4
3.2	Elaborazione dei dati anemometrici	5
3.3	Analisi Dati Vento	6
3.4	Analisi Anemometrica	9
3.4.1	Wind Shear	9
4	CONFIGURAZIONE DELL'IMPIANTO.....	10
4.1	Aerogeneratore	11
5	CALCOLO DELLA RESA ENERGETICA	13
5.1	Simulazione con WAsP 12	13
5.1.1	La modellazione del terreno	14
5.1.2	Risultati della simulazione con WAsP 12.....	15
5.1.3	Stima della producibilità reale dell'impianto P50	16
5.1.4	Livelli di eccedenza e calcolo P75 e P90	16
5.1.5	Calcolo della densità volumetrica annua Ev	18
5.2	Simulazione con WindSim 12.....	18
5.2.1	Modellazione del terreno.....	18
5.2.2	Producibilità netta dell'impianto.....	19
5.2.3	Stima della producibilità reale dell'impianto P50	20
5.2.4	Livelli di eccedenza e calcolo P75 e P90	20
5.2.5	Calcolo della densità volumetrica annua Ev	20
6	CONFRONTO DELLE ANALISI E CONCLUSIONE	21
7	ALLEGATI	22

1 INTRODUZIONE

ASJA Ambiente Italia S.p.A. è una società attiva nello sviluppo, realizzazione e gestione di impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili. Nel settore eolico, la società ha maturato un'esperienza ventennale comprovata dallo sviluppo e realizzazione di circa 180 MW.

La presente relazione ha lo scopo di quantificare e valutare la risorsa eolica del progetto in sviluppo in agro di Potenza. Il valore di produzione è stato stimato con l'utilizzo dei software WAsP e WindSim, combinando i dati vento con l'orografia e la rugosità del terreno e considerando tutti i possibili fattori di perdita, come l'effetto scia tra le turbine.

2 DESCRIZIONE PROGETTO

2.1 Inquadramento geografico

L'impianto eolico proposto è localizzato sul versante orientale della regione Basilicata, a circa 5 km, in direzione Nord-Ovest, dal comune di Potenza (Figura 1). Gli aerogeneratori in progetto si trovano su un'area ad un'altitudine media di 1100 m s.l.m.



Figura 1. Individuazione dell'area di impianto

3 ANEMOMETRIA

3.1 Stazione Anemometrica

La stazione anemometrica utilizzata per l'analisi del vento e le stime di producibilità è costituita da una torre anemometrica (TA), installata in data 03/05/2012, localizzata nella località di Poggi San Michele (PZ). La TA, individuata dal codice stazione 036 e nominata "Poggi San Michele", è caratterizzata da una struttura tralicciata con sostegno strallato con un'altezza massima di 60 m, con sensori di velocità e direzione, regolarmente calibrati e certificati, posizionati accoppiati ad altezze di 10, 20, 30, 40, 50 e 60 m (Figura 2). Le caratteristiche dei bracci di sostegno dei sensori, nonché di tutta la componentistica ancillare (parafulmine, ecc.), rispettano le prescrizioni imposte dallo standard internazionale previsto dall' IEA (International Energy Agency).

Per una descrizione completa della stazione anemometrica, si rimanda all'allegato 2 "Report di Installazione Anemometro e certificati di calibrazione" emesso dalla ditta installatrice.

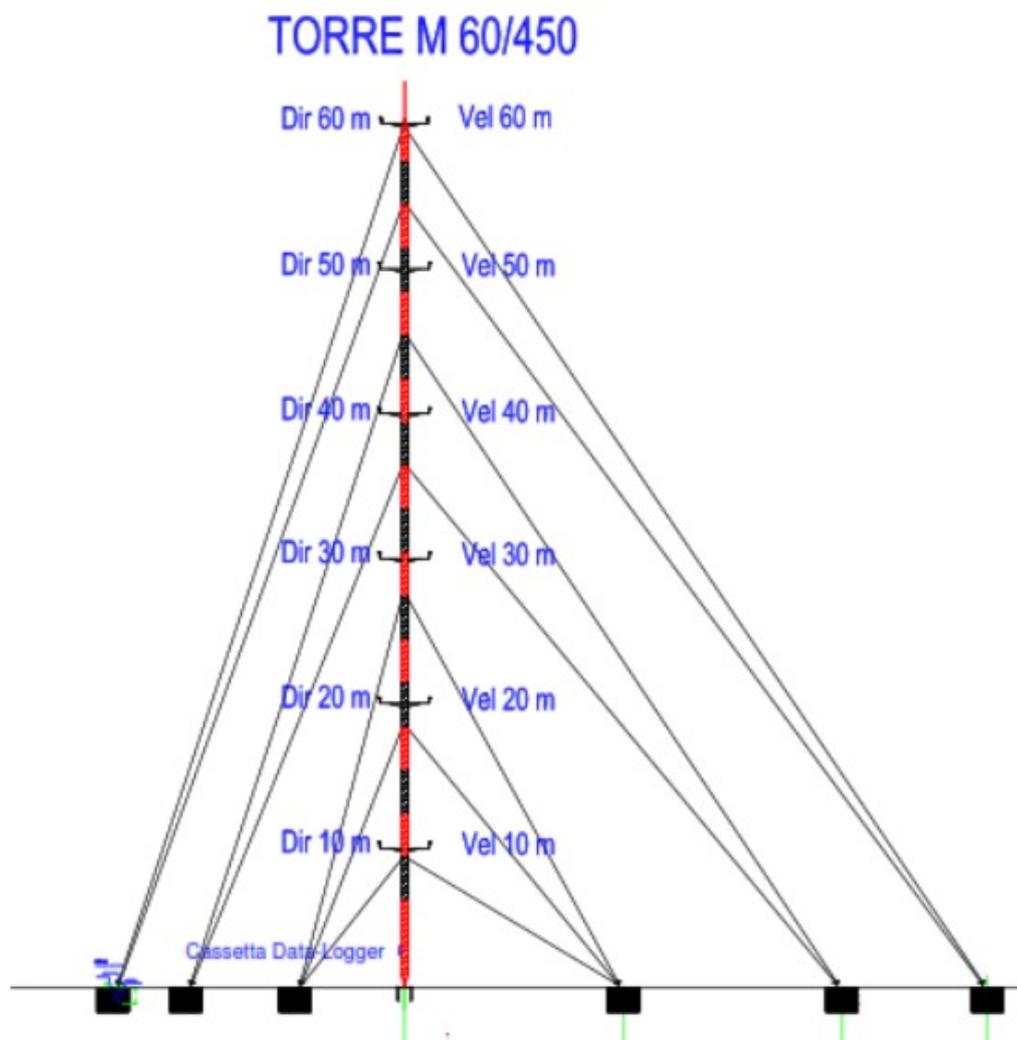


Figura 2. Profilo della TA installata con individuazione dei sensori a 10,20,30,40,50 e 60 m

La Tabella 1 riporta la descrizione della torre anemometrica e della sua componentistica, mentre la Tabella 2 riporta le coordinate del punto di installazione espresse nel sistema WGS84.

Caratteristiche Tecniche TA 1004	
Descrizione	Tipo
Anemometro 60 m	NRG #40C
Anemometro 50 m	NRG #40C
Anemometro 40 m	NRG #40C
Anemometro 30 m	NRG #40C
Anemometro 20 m	NRG #40C
Anemometro 10 m	NRG #40C
Banderuola 60 m	NRG #200P
Banderuola 40 m	NRG #200P
Banderuola 30 m	NRG #200P
Banderuola 20 m	NRG #200P
Banderuola 10 m	NRG #200P
Data Logger	Nomad 2 GSM
Torre	Idnamic 60/450
Cavo schermato tripolare	Cavo UL Style 3x20 AWG
Cavo schermato bipolare	Cavo UL Style 2x20 AWG
Calata in rame per scarico a terra	Gialloverde
Captatore di fulmini	Asta + captatore di rame
Dispersore di terra	N. 2 puntazze in acciaio ramato

Tabella 1. Elenco dei componenti della TA

Sistema di coordinate	UTM-WGS84 33 Coordinate metriche	UTM-WGS84 33 Coordinate geografiche
Est/Longitudine	561621	15.728859°
Nord/Latitudine	4500121	40.649647°
Altitudine [m]	1205	1205

Tabella 2. Posizionamento della TA

3.2 Elaborazione dei dati anemometrici

Come già anticipato nel precedente paragrafo, la torre anemometrica è stata installata a maggio del 2012.

Nei tre anni di attività sono presenti due periodi in cui l'anemometro non è riuscito a registrare dati, più precisamente qualche giorno nel luglio 2012 e il mese di ottobre del 2014 restituendo una disponibilità complessiva dei dati del 97,18 %.



Figura 3. Disponibilità dati vento dell’anemometro di Potenza da maggio 2012 a settembre 2015

3.3 Analisi Dati Vento

Considerando l’intervallo di dati vento menzionato precedentemente è stata eseguita un’opportuna azione di filtraggio tramite il software *Windographer*, seguendo i criteri elencati in Tabella 3 mediante i quali è stato possibile individuare ed eliminare i dati registrati erroneamente dai sensori. In Tabella 4 è riportata la disponibilità prima e dopo il filtraggio.

Parametro di filtraggio	Criterio
Velocità orizzontale del vento	
<i>Velocità media (avg_ws)</i>	$0 < avg_ws < 30 \text{ m/s}$
<i>Deviazione Standard (Dev Std)</i>	$0 < Dev \text{ Std} < 3 \text{ m/s}$
<i>Velocità massima (V_max)</i>	$0 < V_max < 30 \text{ m/s}$
Direzione del Vento	
<i>Direzione media (avg_wd)</i>	$0^\circ < avg_wd < 360^\circ$
<i>Variazione minima in 1 hr</i>	La direzione del vento deve variare di 1° in un’ora

Tabella 3. Elenco dei criteri di filtraggio

Parametro	Disponibilità complessiva prima del filtraggio sul periodo temporale complessivo [%]	Disponibilità complessiva dopo il filtraggio e periodo temporale ridotto [%]
Velocità e Direzione a 50 m	89,53	97,77
Velocità e Direzione a 30 m	85,95	93,70

Tabella 4. Disponibilità dei dati vento

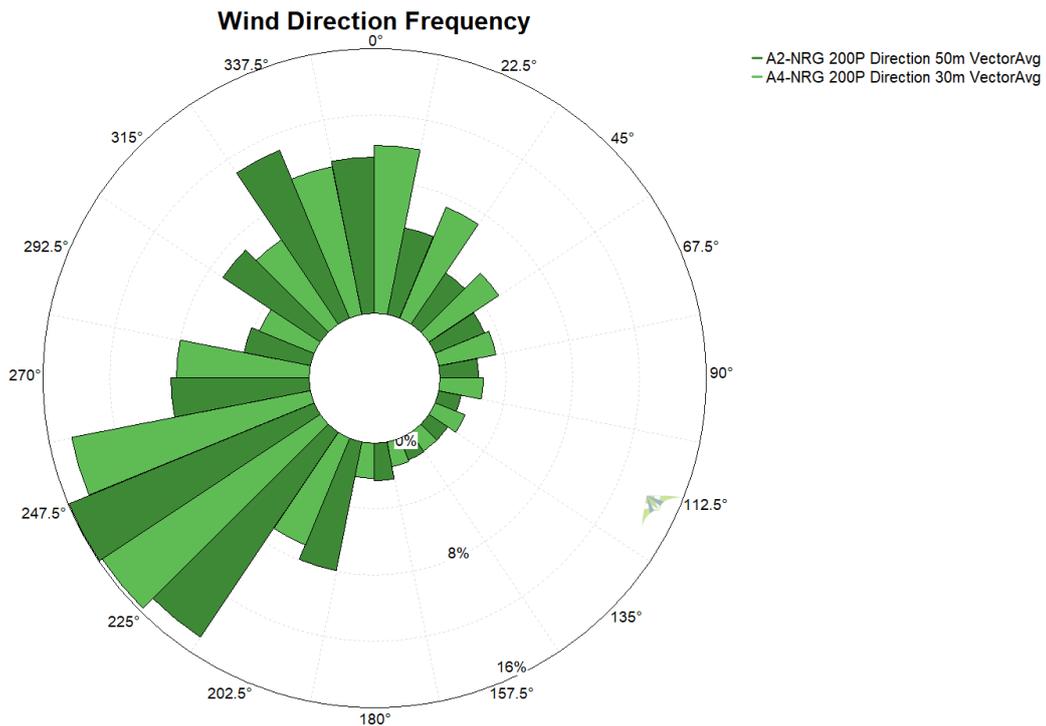


Figura 4. Rose dei venti ottenute per le altezze di 50 m (verde scuro) e 30 m (verde chiaro)

La distribuzione delle frequenze delle velocità del vento è rappresentata dalla curva di Weibull (Figura 5). Tale curva, è caratterizzata da due parametri: k , parametro di forma e A , il parametro di scala. Il primo rappresenta l'ampiezza della curva e assume un valore tra 1 e 3, mentre il secondo, espresso in m/s, è correlato con la velocità media del vento. In Figura 4 sono riportati i valori misurati dai sensori a 30 e 50 metri, suddivisi in 12 settori di direzione, mentre in Tabella 5 sono riportati gli stessi parametri di Weibull mediati per i 12 settori di direzione e la velocità media del vento. Definiti questi parametri si può generare il file di input per il software di calcolo, WASP12.

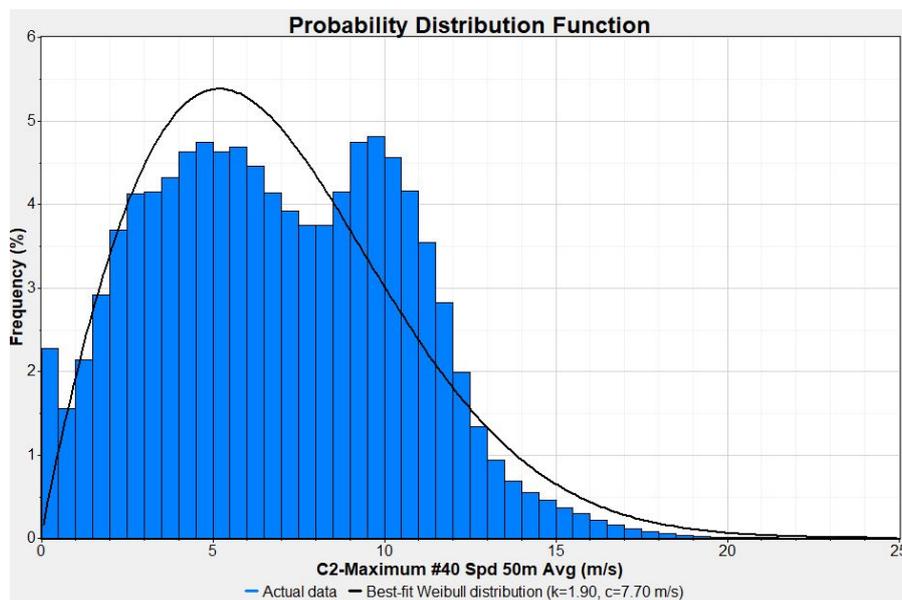


Figura 5. Distribuzione di Weibull per l'anemometro a 50 m

Altezza [m]	Weibull Parameter	345° - 15°	15° - 45°	45° - 75°	75° - 105°	105° - 135°	135° - 165°	165° - 195°	195° - 225°	225° - 255°	255° - 285°	285° - 315°	315° - 345°
H = 50	k	1,934	1,512	1,410	1,394	1,399	1,357	1,364	2,318	2,896	2,498	2,052	2,320
	A	7,307	5,572	4,325	4,251	5,339	5,002	6,269	8,668	9,968	8,544	6,543	7,423
H = 30	k	1,735	1,333	1,214	1,187	1,347	1,324	1,351	2,071	2,623	2,463	2,487	2,372
	A	5,962	5,037	4,035	3,940	4,732	4,209	4,931	7,615	9,122	7,683	5,284	6,044

Tabella 5 . Valori dei parametri di Weibull per tutte le direzioni per le due altezze di misura

	H = 30 m	H = 50 m
Weibull A	6,675	7,751
Weibull k	1,762	1,941
Velocità Media del vento [m/s]	5,984	6,911

Tabella 6. Parametri di Weibull e velocità media del vento alle altezze di 30 e 50 m

3.4 Analisi Anemometrica

3.4.1 Wind Shear

L'estrazione dei dati vento a diverse altezze permette di stimare l'evoluzione della velocità del vento tra il suolo e lo strato limite del "Surface layer", ovvero lo strato atmosferico dove il vento è influenzato dalla frizione generata dall'orografia e dalla rugosità del terreno oltre che dal gradiente di pressione e dalla forza di Coriolis.

Il fenomeno del Wind Shear può essere descritto mediante la seguente equazione

$$V_h = V_{ref} \cdot \left(\frac{h}{h_{ref}}\right)^\alpha$$

dove:

α = coefficiente di wind shear

h = velocità vento ad altezza h sls

h_{ref} = velocità vento ad altezza di riferimento $h = h_{ref}$ sls

Il coefficiente di wind shear, che interpola nel miglior modo le velocità alle altezze di 50 m e 30 m è dato da un valore di α pari a 0,215, con cui è stata determinata la velocità ad altezza del mozzo dell'aerogeneratore ($h = 115$ m) come mostrato in **Tabella 7** e rappresentato in **Figura 5**.

Altezza [m]	Velocità [m/s]
30	5,974
50	6,886
115	7,306

Tabella 7. Velocità media del vento alle diverse altezze analizzate

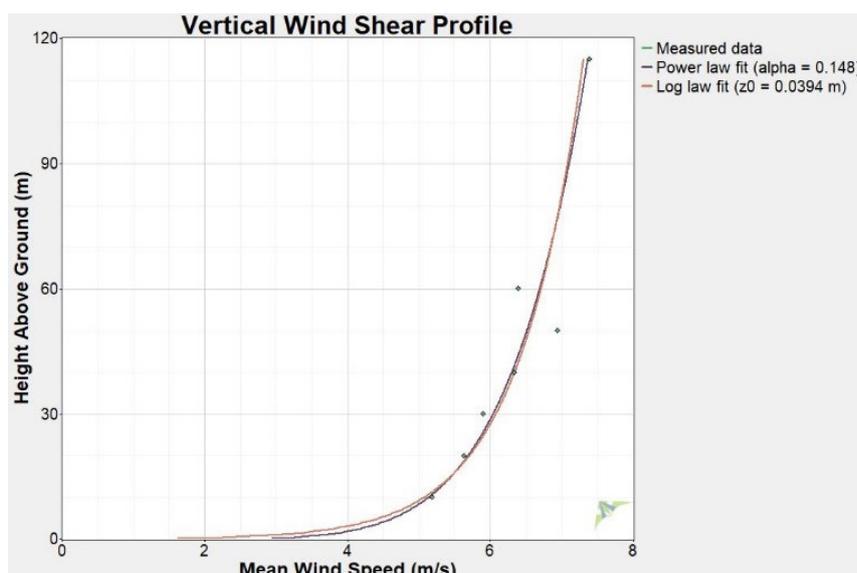


Figura 6. Schema dell'evoluzione della velocità verticale del vento (Wind Shear)

4 CONFIGURAZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto è caratterizzato da 5 aerogeneratori modello SG 170 da 6,2 MW ognuno, posizionati in maniera tale da ridurre il più possibile gli effetti scia (layout rappresentato in Figura 8). La Tabella 8 riporta le coordinate nel sistema UTM33-WGS84 di ogni singolo aerogeneratore.

Site	X UTM33-WGS84 (m)	Y UTM33-WGS84 (m)
PS01	562444	4499994
PS02	561803	4500145
PS03	561351	4500458
PS04	561217	4500964
PS05	560928	4501389

Tabella 8. Coordinate aerogeneratori SG 170 – 6.2 MW

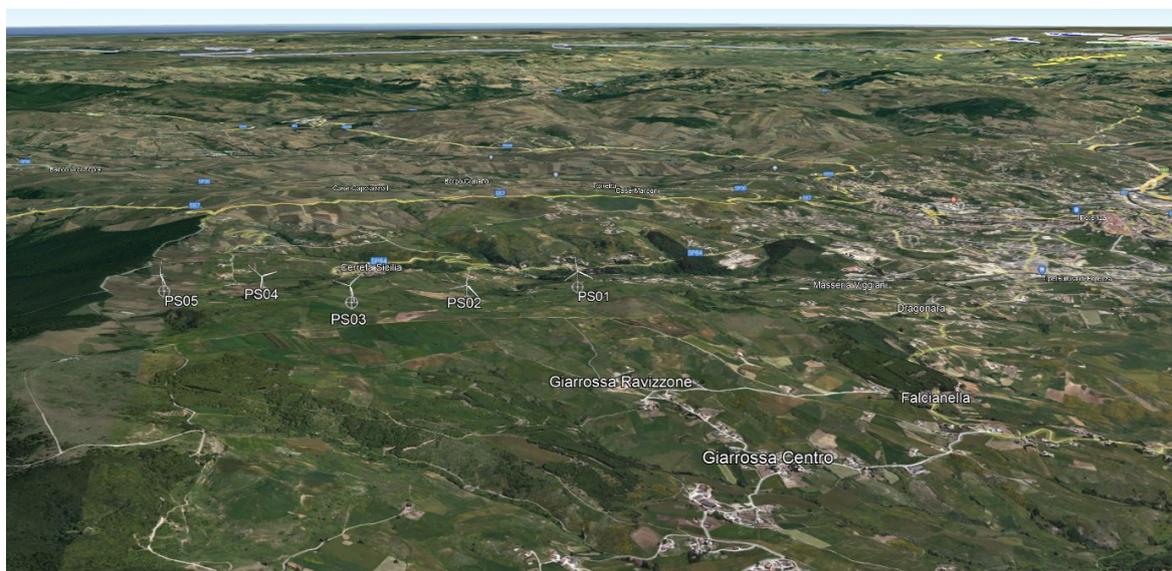


Figura 7. Layout di impianto

4.1 Aerogeneratore

In funzione all'attuale tecnologia disponibile si sono scelti aerogeneratori modello SG 170 da 6,2 MW di classe IIIA (Figura 8). I parametri dimensionali dell'aerogeneratore sono i seguenti:

- diametro rotore 170 m;
- altezza mozzo 115 m;
- altezza al tip della pala 200 m.

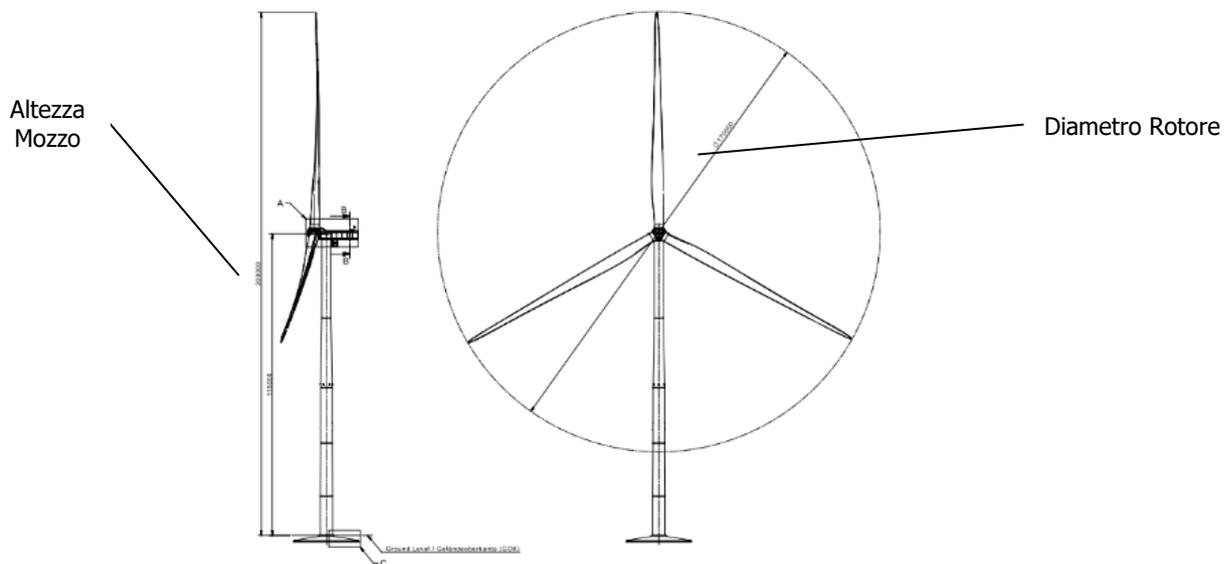


Figura 8. Aerogeneratore modello SG 170 – 6,2 MW, diametro rotore 170 m, altezza 115m

Di seguito sono elencate le principali caratteristiche dell'aerogeneratore.

ROTORE

Diametro: 170 m;
Area spazzata: 22.698 m²;
Rivoluzioni: 8,83 rpm;
Numero di pale: 3;
Senso di rotazione: Orario;
Inclinazione del rotore (Rotor Tilt): 6°;

PALE

Lunghezza: 83,5 m;
Materiale: fibra di vetro rinforzata in resina epossidica e carbone.

TORRE

Altezza Torre: 115 m;
Tipo: Torre conica tubolare;
Materiale: Acciaio;
Sezioni: 5

DATI OPERATIVI

Classe: IEC IIIa;
Potenza nominale: 6200 kW;
Velocità del vento in Cut-in: 3.0 m/s;
Velocità a potenza nominale: 11 m/s;
Velocità Cut-out: 25 m/s;
Emissioni max.: 106 dBA;

GENERATORE

Poli: 4/6;
Tipo: Asincrono;
Potenza nominale: 6200 kW;
Frequenza: 50 Hz.

MOLTIPLICATORE GIRI

Tipologia: 2 stadi epicicloidali e uno stadio parallelo;
Materiale: ghisa;
Sistema di lubrificazione: Olio in pressione;

PESI

Navicella: 103,508 t;
Torre: 394,329 t;
Mozzo: 55 t;
Singola pala: 25 t

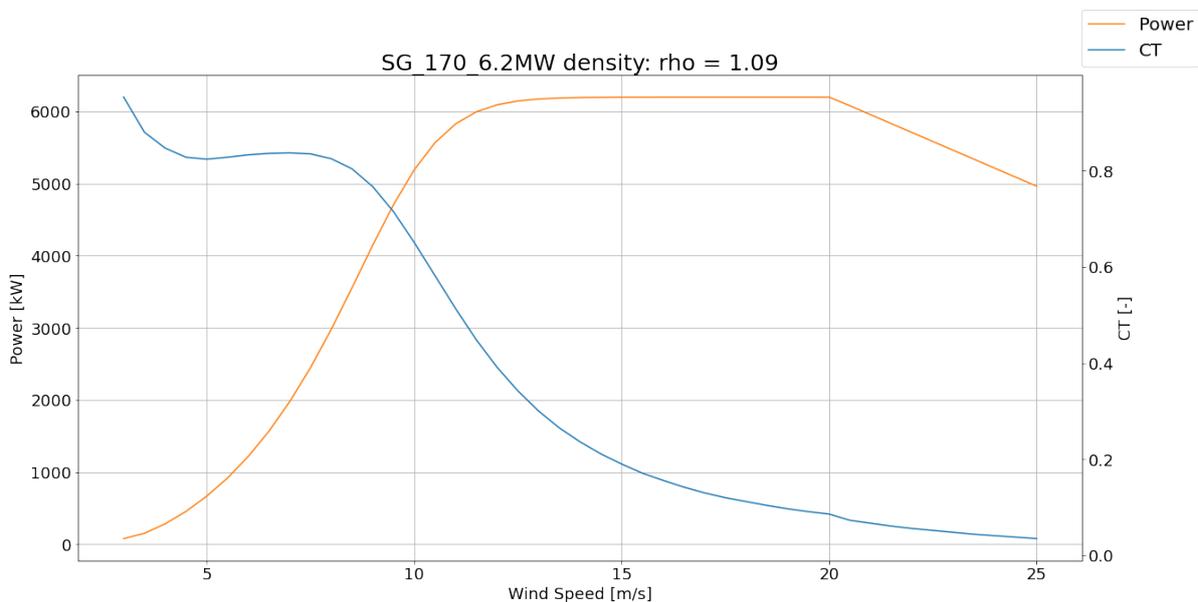


Figura 9. Curva di potenza e di thrust per l'aerogeneratore SG170 6,2 MW per il valore di densità di 1.09 kg/m³

5 CALCOLO DELLA RESA ENERGETICA

La produzione lorda dell'impianto è stata stimata tramite l'utilizzo dei seguenti software:

- WASP 12
- WindSim 12

WASP è un programma di calcolo lineare per stimare la producibilità degli impianti eolici, sviluppato da DTU Wind Energy and Energy Systems (Danimarca).

Il programma permette l'estrapolazione delle caratteristiche verticali ed orizzontali del vento e di calcolare la produzione di impianti eolici, combinando l'orografia e la rugosità del terreno con i dati vento.

WindSim è un programma basato sulla tecnica del CFD (Computational Fluid Dynamics). Per simulare la producibilità, l'intero sito viene suddiviso in una griglia in cui le equazioni di Navier-Stokes vengono applicate e risolte per ogni cella, combinando orografia, rugosità e dati vento, in modo da stimare il flusso di quest'ultimo e conseguentemente la produzione di energia dell'impianto.

I due software sono entrambi affidabili e tra i più utilizzati dagli operatori del mercato eolico a livello mondiale. WASP utilizza metodi di calcolo più semplici e restituisce risultati in tempi più brevi e trova grande applicazione in siti pianeggianti ed orograficamente semplici. WindSim, invece, è caratterizzato dall'utilizzo di algoritmi complessi che convergono ad una soluzione dopo un numero di iterazioni molto numerose che comportano un calcolo più lento. Questo software trova grande applicazione in siti montuosi ad orografia accidentata e complessa.

5.1 Simulazione con WASP 12

La stima della produzione lorda dell'impianto eolico, in questa prima simulazione, è stata effettuata con il software WASP 12.

La resa energetica di ogni turbina è stata calcolata tenendo in considerazione le perdite di scia dovute all'interferenza reciproca tra i vari aerogeneratori. Questo modello di scia si basa su equazioni empiriche lineari teorizzate da I.Katic, J.Hojstrup ed N.O. Jensen e viene comunemente chiamato Park Model.

In Figura 10 è presentata la mappa dell'intensità del vento a 115 m (altezza mozzo).

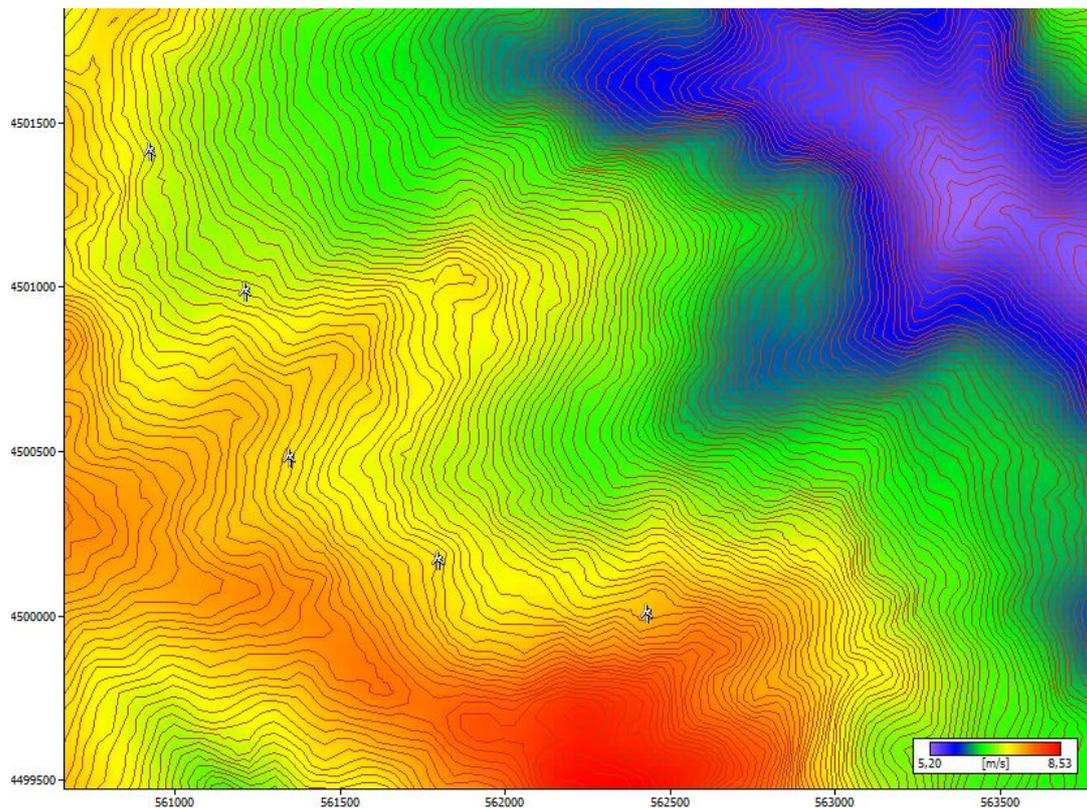


Figura 10. Mappa dell'intensità del vento ad altezza mozzo

5.1.1 La modellazione del terreno

L'area presa in esame per le simulazioni anemologiche del sito in oggetto si estende su una superficie di 2834 km² per cui è stato creato un modello che potesse rappresentare fedelmente il terreno su cui ricade l'impianto eolico proposto. L'orografia della mappa è stata modellata con l'uso del software Global Mapper, tramite la metodologia SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), utilizzando un passo per le curve di livello pari a 5 m. Per quanto riguarda la determinazione dei valori di rugosità del terreno è stato utilizzato il database CORINE 2018. Questo è un archivio di dati di origine satellitare che rappresentano la rugosità del terreno ed è prodotto da 'Copernicus', la componente di osservazione della terra del programma spaziale europeo. Una sintesi dei valori principali è riportata in Tabella 9 raffigurata in Figura 11.

L'effetto del terreno sulla vena fluida e l'evoluzione verticale di quest'ultima, viene calcolato in WAsP utilizzando la legge logaritmica riportata in seguito:

$$u_z = \frac{u_*}{\kappa} * \left[\ln \left(\frac{z-d}{z_0} \right) \right]$$

dove:

- u_z : velocità ad un'altezza z , in questo caso z coincide con l'altezza del mozzo dell'aerogeneratore
- u_* : velocità di attrito
- κ : costante di von Karman (0.41)
- z : altezza di studio, in questo caso coincide con l'altezza del mozzo dell'aerogeneratore
- d : zero plane displacement, è l'altezza in metri al di sopra del suolo dove la velocità del vento risulta essere nulla a causa della presenza di alberi e/o edifici
- z_0 : valore di rugosità applicato

Mentre gli altri valori sopra citati vengono calcolati sulla base del valore di rugosità (z_0), quest'ultimo è ottenuto sulla base del sopraccitato database CORINE 2018 e permette di includere informazioni non presenti dell'orografia del terreno, correggendo l'evoluzione del flusso del vento.

Tipologia di Terreno	Rugosità [m]
Terreno ad uso agricolo e vegetazione sparsa (in blu)	0,01 – 0,05
Paesi e Terreno ad uso agricolo non coltivato (in verde)	0,06 – 0,5
Boschi poco fitti e aree industriali (in giallo)	0,6 – 0,8
Città e foreste (in rosso)	1,2 - 1,5

Tabella 9. Descrizione dei valori di rugosità utilizzati nella simulazione

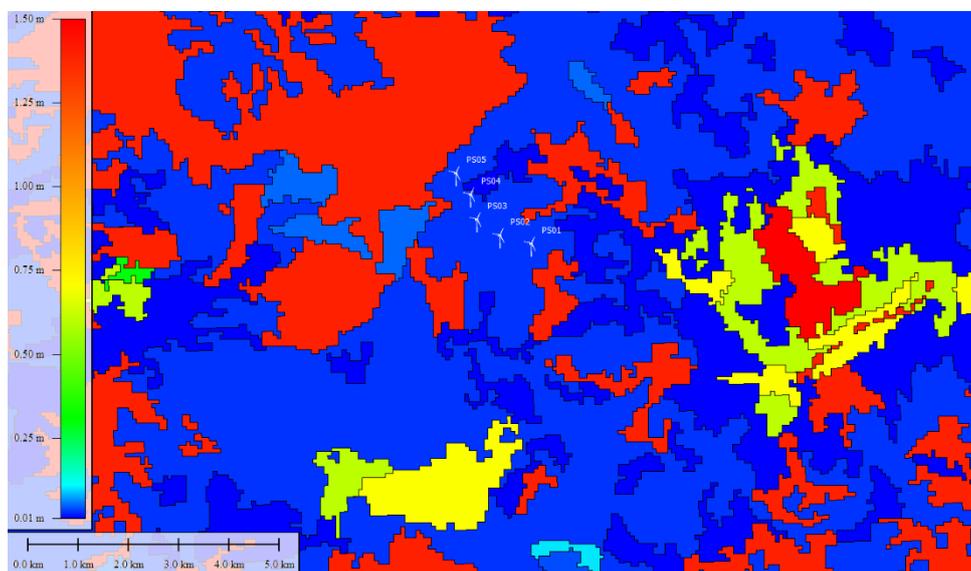


Figura 11. Individuazione delle aree rugosità sulla base del database CORINE2018

5.1.2 Risultati della simulazione con WASP 12

Una volta modellato il terreno, WASP combina il file di input dei dati vento con i dati del terreno per simulare il flusso del vento geostrofico e la producibilità del layout tenendo in conto i fattori orografia e rugosità.

Le producibilità attese delle singole turbine e dell'intero impianto, sia lorda che al netto delle perdite di scia, sono riportate nella Tabella 10.

Site	Altitudine [m]	Altezza mozzo [m]	RIX	Produzione Lorda [GWh]	Perdite di scia [%]	Produzione al netto delle perdite di scia [GWh]
PS01	1136,7	115	3,6	22,42	4,6	21,39
PS02	1160,7	115	2,7	21,20	4,3	20,29
PS03	1194,2	115	2,5	20,92	5,55	19,76
PS04	1185,4	115	2,1	19,91	4,91	18,93
PS05	1179,2	115	1,8	19,57	0,83	19,41
Somma				104,03		99,78

Tabella 10. Produzioni e perdite di scia stimate con WASP dei singoli aerogeneratori

Nella Tabella 11 si riporta la producibilità dell'impianto al netto delle perdite di scia:

Numero di turbine	5
Potenza Nominale Aerogeneratore [MW]	6,2
Potenza Nominale Installata [MW]	31
Produzione energetica annua stimata [GWh]	99,784
Numero di ore equivalenti annue	3218

Tabella 11. Produzione Impianto al netto delle perdite di scia

5.1.3 Stima della producibilità reale dell'impianto P50

La producibilità calcolata nel precedente paragrafo è da ritenersi teorica, ipotizzando un impianto in cui non ci sono perdite, fatta eccezione per quelle di scia. Ai fini del calcolo della producibilità reale di impianto, ovvero quella effettivamente messa in rete, sono stati considerati diversi fattori di perdita, come ad esempio l'efficienza elettrica dei cavi, del trasformatore e la disponibilità degli aerogeneratori.

La Tabella 12 elenca le perdite ipotizzate per l'impianto in progetto con il relativo valore assegnato. In definitiva, si stima tramite l'ausilio del tool WAT (Wind Farm Assessment Tool) del software WASP, una perdita totale pari al 10%.

Produzione energetica teorica	
Efficienza elettrica	3 %
Disponibilità aerogeneratori	3 %
Regolazione di potenza	1 %
Condizioni atmosferiche e degradazione pale	1 %
Manutenzione sottostazione	1 %
Fermo Utility	1 %
Produzione energetica annua netta stimata – P50	89,80 GWh/anno
Ore equivalenti – P50	2896
Fattore di capacità stimato	36,72 %

Tabella 12. Fattori di perdita considerati per la stima della produzione P50

Sulla base delle suddette considerazioni, si può stimare che la producibilità reale media annua dell'impianto eolico sia pari a **89,80 MWh/anno**, corrispondente a **2.896** ore equivalenti **P50**, ovvero con una probabilità di superamento pari al 50%.

5.1.4 Livelli di eccedenza e calcolo P75 e P90

Per un'analisi finale sulla produzione dell'impianto, è stato eseguito nuovamente un calcolo, tramite l'ausilio del tool WAT, sui livelli di eccedenza di produzione, cioè sulla probabilità che ha l'impianto stesso d'eccedere il numero

medio di ore equivalenti annue calcolato in precedenza. Per i progetti eolici, hanno una particolare importanza le probabilità di eccedenza al 75% e 90%, che individuano rispettivamente la produzione e di conseguenza le ore equivalenti P75 e P90.

Per determinare i livelli di eccedenza si deve fare una valutazione delle incertezze a cui è soggetto il modello virtuale, che per la sua natura di prevedere un comportamento futuro non può essere preso come una rappresentazione univoca delle condizioni reali di funzionamento dell'impianto. I parametri di incertezza utilizzati per tenere conto della natura stocastica del vento e della variazione della produzione dell'impianto sono elencati rispettivamente in Tabella 13 ed in Tabella 14

Incertezza della velocità del vento	
Misurazione del vento	4 %
Correzione del dato vento su lunga durata	2 %
Variazione annuale della ventosità	3 %
Estrapolazione verticale del modello di flusso	2 %
Estrapolazione orizzontale del modello di flusso	2 %

Tabella 13. Fattori di incertezza sulla velocità del vento considerati per la stima della produzione P75 e P90

Incertezza sulla stima dell'AEP	
Curva di potenza	4 %
Misurazione della potenza	1 %
Modellazione delle perdite di scia	3 %
Disponibilità delle turbine	2 %
Disponibilità dell'impianto	2 %
Disponibilità di rete	1 %

Tabella 14. Fattori di incertezza sulla produzione di energia considerati per la stima della produzione P75 e P90

La Tabella 15 riassume le produzioni attese e le relative ore equivalenti P50, P75 e P90.

Livello di Eccedenza	Produzione [GWh]	Ore Equivalenti
P50	89,80	2897
P75	80,72	2604
P90	72,53	2340

Tabella 15. Produzione e ore equivalenti P50, P75 e P90

5.1.5 Calcolo della densità volumetrica annua E_v

In relazione al calcolo del valore della densità volumetrica annua, citato inizialmente nel documento *PIEAR Basilicata 16.01.2010* e tenendo conto della modifica riportata nella *LR n.7 del 2014 art.27* è stato performato il computo per garantire che ogni aerogeneratore proposto sia in linea con i limiti imposti dalla Regione Basilicata. L'equazione riportata di seguito rappresenta il calcolo della densità volumetrica annua:

$$E_v = \frac{E}{18D^2H} \geq 0.15$$

Dove:

- E_v : la densità volumetrica annua
- E : l'energia prodotta annualmente (P50) da ogni singolo aerogeneratore.
- D : diametro della turbina – 170 m
- H : altezza mozzo della turbina + raggio rotore – 200 m

Site	Produzione al netto delle perdite di scia [GWh]	Produzione P50 [GWh]	$18D^2H$ [m^3]	E_v [$\frac{kWh}{m^3}$]	Ore Equivalenti (P50) per singolo aerogeneratore
PS01	21,39	19,25	104040000	0,185	3104,85
PS02	20,29	18,26	104040000	0,175	2945,17
PS03	19,76	17,78	104040000	0,171	2868,53
PS04	18,93	17,04	104040000	0,164	2748,34
PS05	19,41	17,47	104040000	0,168	2817,87
Somma	99,78	89,80			

Tabella 16. Calcolo della densità volumetrica annua E_v

Come mostrato in Tabella 16, valori della densità volumetrica per ogni aerogeneratore sono in linea con le direttive riportate in *LR n.7 del 2014 art.27*.

5.2 Simulazione con WindSim 12

In questo paragrafo si riporta lo studio per la stima di producibilità effettuato con il software WindSim 12, mantenendo le stesse proprietà dell'aria (densità dell'aria pari a $1,09 \text{ kg/m}^3$) e lo stesso modello di scia (*Npark Model*) usato per la simulazione con WAsP.

5.2.1 Modellazione del terreno

L'orografia e la rugosità utilizzate coincidono con quelle usate in WAsP 12 e riassunte nella Tabella 9, presentata precedentemente.

Per effettuare una simulazione con WindSim 12 è necessario suddividere l'intero dominio di studio in una griglia in cui il software risolve le equazioni di flusso (RANS – Reynolds Averaged Navier Stokes). Per ottimizzare la velocità di calcolo del software, mantenendo comunque una precisione elevata del risultato, è possibile creare una griglia non uniforme, caratterizzata da:

- un'area più fitta al centro, formata da un numero molto elevato di celle, in corrispondenza della zona dove verrà installato l'impianto; in quest'area il tempo di calcolo sarà più lungo e i risultati più precisi;

- un'area meno fitta nella restante parte del dominio, formata da un minor numero di celle, nella parte esterna all'impianto, meno interessante dal punto di vista della producibilità ma che si porta dietro variabili che condizionano il flusso del vento e, quindi, su larga scala anche la producibilità calcolata nell'area di impianto.

In Figura 12 è possibile individuare le regioni caratterizzate dalla griglia più e meno fitta.

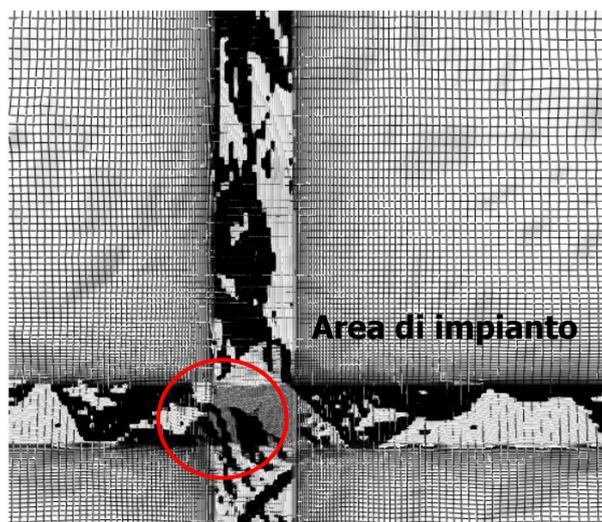


Figura 12. Griglia del terreno generata in WIndSim 12 per lo studio della produzione del sito

5.2.2 Producibilità netta dell'impianto

Dopo la fase di modellazione del terreno, il software simula il flusso di aria sui 12 settori (da 0 a 360°) considerando una velocità uniforme. Successivamente il risultato viene interpolato con i dati vento effettivi del sito oggetto di studio (come input sono stati inseriti gli stessi dati utilizzati per la simulazione con WASP 12).

La Tabella 17 mostra la produzione delle singole turbine e dell'intero impianto.

Site	Altitudine [m]	Altezza mozzo [m]	Produzione Lorda [GWh]	Perdite di scia [%]	Produzione al netto delle perdite di scia [GWh]
PS01	1136,7	115	22,24	3,77	21,40
PS02	1160,7	115	21,25	4,35	20,32
PS03	1194,2	115	20,98	6,08	19,71
PS04	1185,4	115	19,55	5,83	18,42
PS05	1179,2	115	19,68	0,55	19,57
			103,73		99,44

Tabella 17. Produzione teorica delle singole turbine e dell'intero impianto stimato tramite WindSim 12

Numero di turbine	5
Potenza Nominale Aerogeneratore [MW]	6,2
Potenza Nominale Installata [MW]	31
Produzione energetica annua stimata [GWh]	99,45
Numero di ore equivalenti annue	3208
Fattore di capacità stimato	36,62%

Tabella 18. Produzione Impianto al netto delle perdite di scia

5.2.3 Stima della producibilità reale dell'impianto P50

Anche in questo caso si è calcolata la producibilità reale al netto delle perdite di impianto. Utilizzando gli stessi valori di perdita riportati nella precedente Tabella 12 si può stimare che la producibilità reale media annua dell'impianto eolico, calcolata con il software WindSim 12, sia pari a **89,50 MWh/anno**, corrispondente a **2.887** ore equivalenti P50.

5.2.4 Livelli di eccedenza e calcolo P75 e P90

I livelli di eccedenza P75 e P90 considerando le stesse incertezze riportate in Tabella 13 e in Tabella 14. In questo caso il calcolo è stato effettuato direttamente su WindSim 12 anziché con un suo sottoprogramma. I risultati sono riportati in Tabella 19.

Livello di Eccedenza	Produzione [GWh]	Ore Equivalenti
P50	89,50	2887
P75	80,45	2596
P90	72,29	2332

Tabella 19: P50, P75 e P90 con i risultati di WindSim

5.2.5 Calcolo della densità volumetrica annua Ev

Sulla base dei già citati criteri per il calcolo della densità volumetrica riportati nel paragrafo 5.1.5, nella tabella seguente sono riportati i risultati ottenuti con WindSim.

Site	Produzione al netto delle perdite di scia [GWh]	Produzione P50 [GWh]	$18D^2H [m^3]$	Ev $\left[\frac{kWh}{m^3}\right]$	Ore Equivalenti (P50) per singolo aerogeneratore
PS01	21,40	19,26	104040000	0,185	3107
PS02	20,32	18,30	104040000	0,176	2950
PS03	19,71	17,74	104040000	0,171	2862
PS04	18,42	16,58	104040000	0,159	2674
PS05	19,58	17,62	104040000	0,169	2842
Somma	99,45	89,50			

Tabella 20. Calcolo della densità volumetrica annua Ev

6 CONFRONTO DELLE ANALISI E CONCLUSIONE

Un confronto tra i risultati ottenuti con i due software analizzati mostra come le producibilità e le ore equivalenti risultano essere molto simili. Tuttavia, i risultati ottenuti con WindSim (riportati in Tabella 21) risultano essere i più attendibili in quanto ottenuti tramite un software più adatto a terreni complessi come il sito proposto. Infine, il valore della **densità volumetrica** preso in considerazione sarà **0,172**, ottenuto facendo la media dei valori di Ev riportati nella Tabella 20.

Livello di Eccedenza	Produzione [GWh]	Ore Equivalenti
P50	89,50	2887
P75	80,45	2595
P90	72,29	2332

Tabella 21. Confronto risultati tra i software WAsP e WindSim

7 ALLEGATI



**GESTIONE STAZIONE
ANEMOMETRICA**

Codice:
Data Emissione:
Revisione:
Pagina:

DTP.08.MO
03/12
12
1 di 17

COMMITTENTE

ASJA Ambiente S.r.l.
Via Ivrea, 70
10098 Cscine Vica – Rivoli (TO)

STAZIONE ANEMOMETRICA DI
POTENZA (PZ) H 60

LOCALITÀ

CODICE STAZIONE

036

**Gestione stazione anemometrica
Allegati alla pratica operativa**

Data: 03/05/2012	Responsabile Area Tecnica: Ing. Gianfranco Tolace	
	Redattore: Geom. Antonio Zerrillo	



GESTIONE STAZIONE ANEMOMETRICA

Codice:
Data Emissione:
Revisione:
Pagina:

DTP.08.MO
03/12
12
2 di 17

ALLEGATO A 1 alla pratica operativa

Rapporto di prima installazione stazione

Stazione Anemometrica di

POTENZA (PZ) H 60

Codice Stazione

036

S I T O	Reticolo UTM	Map datum: European 1950	Altitudine: qt. s.l.m. 1205	Zone: 33 T	Longitudine X: EST 0561621	Latitudine Y: NORD 4500290	
	Reticolo UTM	Map datum: WGS 84	Altitudine: qt. s.l.m. 1205	Zone: 33 T	Longitudine X: EST 0561548	Latitudine Y: NORD 4503601	
	Suolo	Prevalenza Terra X		Misto Terra-Roccia		Prevalenza Roccia	
	Terreno	Incolto X	Seminativo	Frutteto	Abitativo	Industriale	Pascolo
	Vegetazione	Assente X		Brullo	Macchia	Foresta	Alberi Sparsi
	Morfologia	Pianura	Collina	Fondovalle X	Altopiano	Sommità	Crinale

Descrizione	Matricola	Tipo	Orientamento direzioni	Orientamento supporti sensori	Lunghezza supporti sensori
Sensore Velocità a m 60	199669	NRG #40C	----	0°	240 cm
Sensore Velocità a m 50	193010	NRG #40C	----	0°	240 cm
Sensore Velocità a m 40	193009	NRG #40C	----	0°	240 cm
Sensore Velocità a m 30	193008	NRG #40C	----	0°	240 cm
Sensore Velocità a m 20	193036	NRG #40C	----	0°	240 cm
Sensore Velocità a m 10	175740	NRG #40C	----	0°	240 cm
Sensore Direzione a m 60	----	NRG #200P	0°	180°	240 cm
Sensore Direzione a m 50	----	NRG #200P	0°	180°	240 cm
Sensore Direzione a m 40	----	NRG #200P	0°	180°	240 cm
Sensore Direzione a m 30	----	NRG #200P	0°	180°	240 cm
Sensore Direzione a m 20	----	NRG #200P	0°	180°	240 cm
Sensore Direzione a m 10	----	NRG #200P	0°	180°	240 cm
Logger	08797	Nomad 2 GSM			
Luce di Segnalazione	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>				
Memory Card	Compact Flash Card				
Torre tipo	Idnamic 60/450			Altezza: m 60	
Cavo schermato tripolare	Cavo UL Style 3x20 AWG			Metri: m 222	
Cavo schermato bipolare	Cavo UL Style 2x20 AWG			Metri: m 222	
Calata in rame per scarico a terra	Gialloverde Ø 16			Metri: m 64	
Captatore di fulmini	Asta + captatore di rame			Metri: m 3.00	
Dispersore di terra	N. 2 puntazze in acciaio ramato			Metri: m 1.50	

M O N T A G G I O	Installatori	IDNAMIC ITALIA S.r.l.			
	Installazione	Data: 03/05/2012			
	Avvio Logger	Data: 03/05/2012		Data: 16.00.00	
	Verifica corretta installazione e registrazione (Allegato A 6)	<input checked="" type="checkbox"/> SI		<input type="checkbox"/> NO	

Data: 03/05/2012	Responsabile Montaggio: Claudio Domino	
	Responsabile Area Tecnica: Ing. Gianfranco Tolace	
	Responsabile Gestione:	Firma:



GESTIONE STAZIONE ANEMOMETRICA

Codice:
Data Emissione:
Revisione:
Pagina:

DTP.08.MO
03/12
12
3 di 17

ALLEGATO A 2 alla pratica operativa

Rapporto di prima installazione stazione

Stazione Anemometrica di

POTENZA (PZ) H 60

Codice Stazione

036

C
O
M
P
O
N
E
N
T
I

S
T
R
U
T
T
U
R
A
L
I

Descrizione	Fornitore	Note
n.20 trami da ml 3,00	Idnamic	Lotti: LD0708 – LM1000
n. 1 base di ancoraggio	Idnamic	
n. supporto parafulmine	Idnamic	
n. 7 stralli compresi di cavi d'acciaio	Idnamic	
n. 63 morsetti	Idnamic	
n. 21 tenditori mm 16	Idnamic	
n. 42 grilli mm 14	Idnamic	
n. 12 supporti sensori	Idnamic	
n. 1 calata in rame per scarico a terra	Idnamic	
n. 1 dispersore di terra	Idnamic	
n. 1 captatore di fulmini in rame	Idnamic	
n. 1 cassetta per logger	Idnamic	

Note:

Si dichiara la conformità della torre alla norma IEC 61400

M
O
N
T
A
G
G
I
O

Installatori	IDNAMIC ITALIA S.r.l.		
Installazione	Data: 03/05/2012		
Avvio Logger	Data: 03/05/2012	Ora: 16.00.00	
Verifica corretta installazione e registrazione (Allegato A 6)	SI	NO	

Data:
03/05/2012

Responsabile Montaggio:

Claudio Domino

Responsabile Area Tecnica:

Ing. Gianfranco Tolace

Responsabile Gestione:

Firma:

ALLEGATO A 3/1 alla pratica operativa

Rapporto di prima installazione stazione

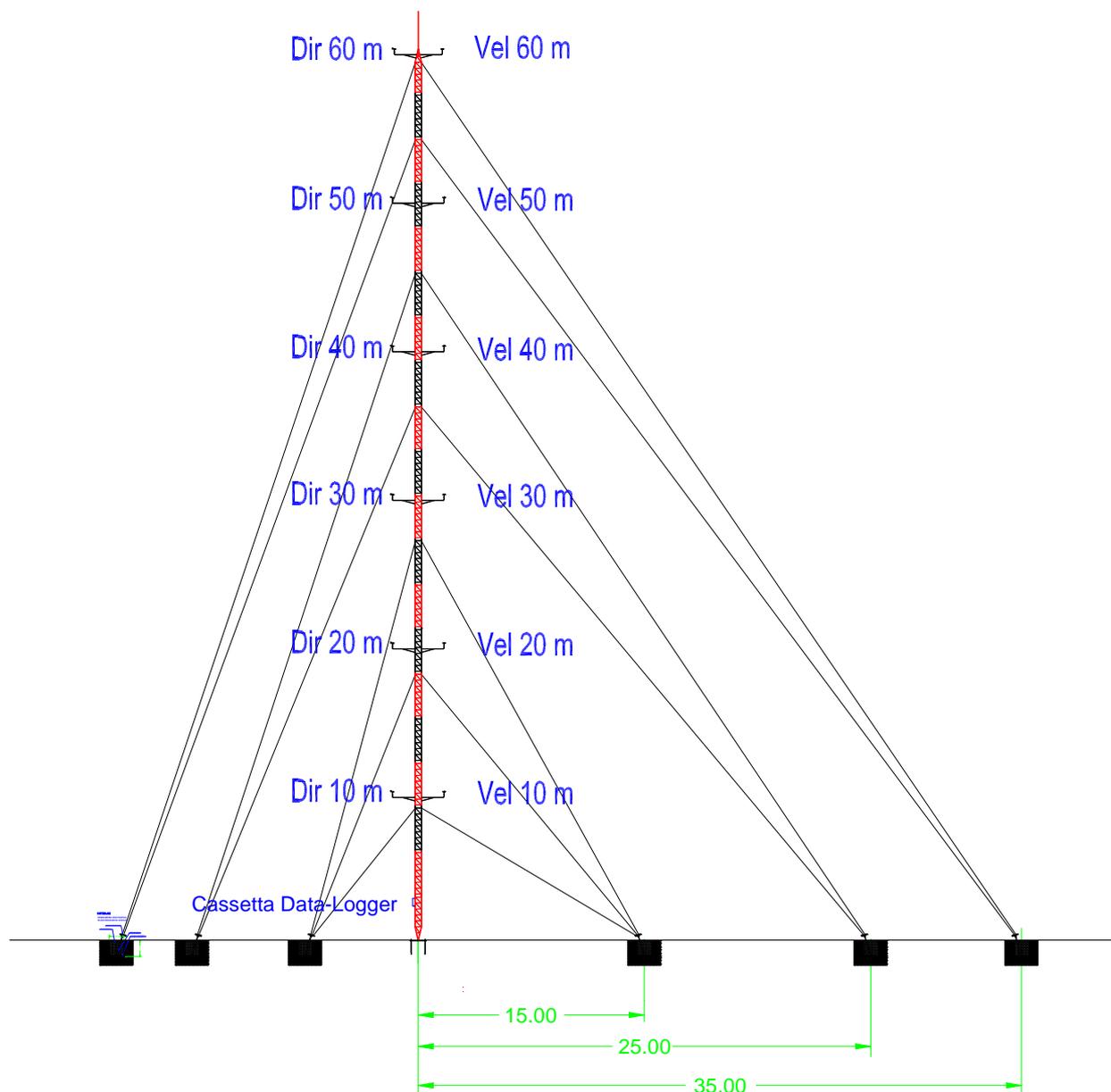
Stazione Anemometrica di

POTENZA (PZ) H 60

Codice Stazione

036

TORRE M 60/450



Data: **03/05/2012**

Firma dell'operatore: **Claudio Domino**

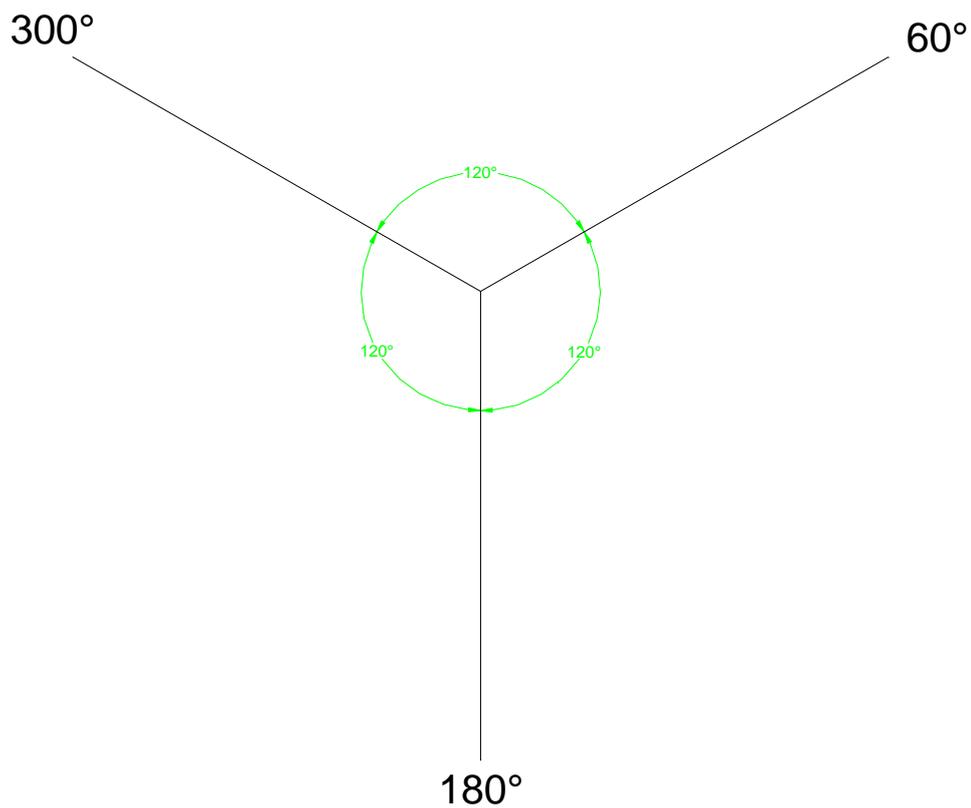
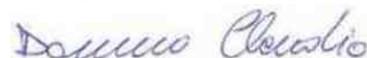
ALLEGATO A 3/2 alla pratica operativa

Rapporto di prima installazione stazione

Stazione Anemometrica di

POTENZA (PZ) H 60

Codice Stazione

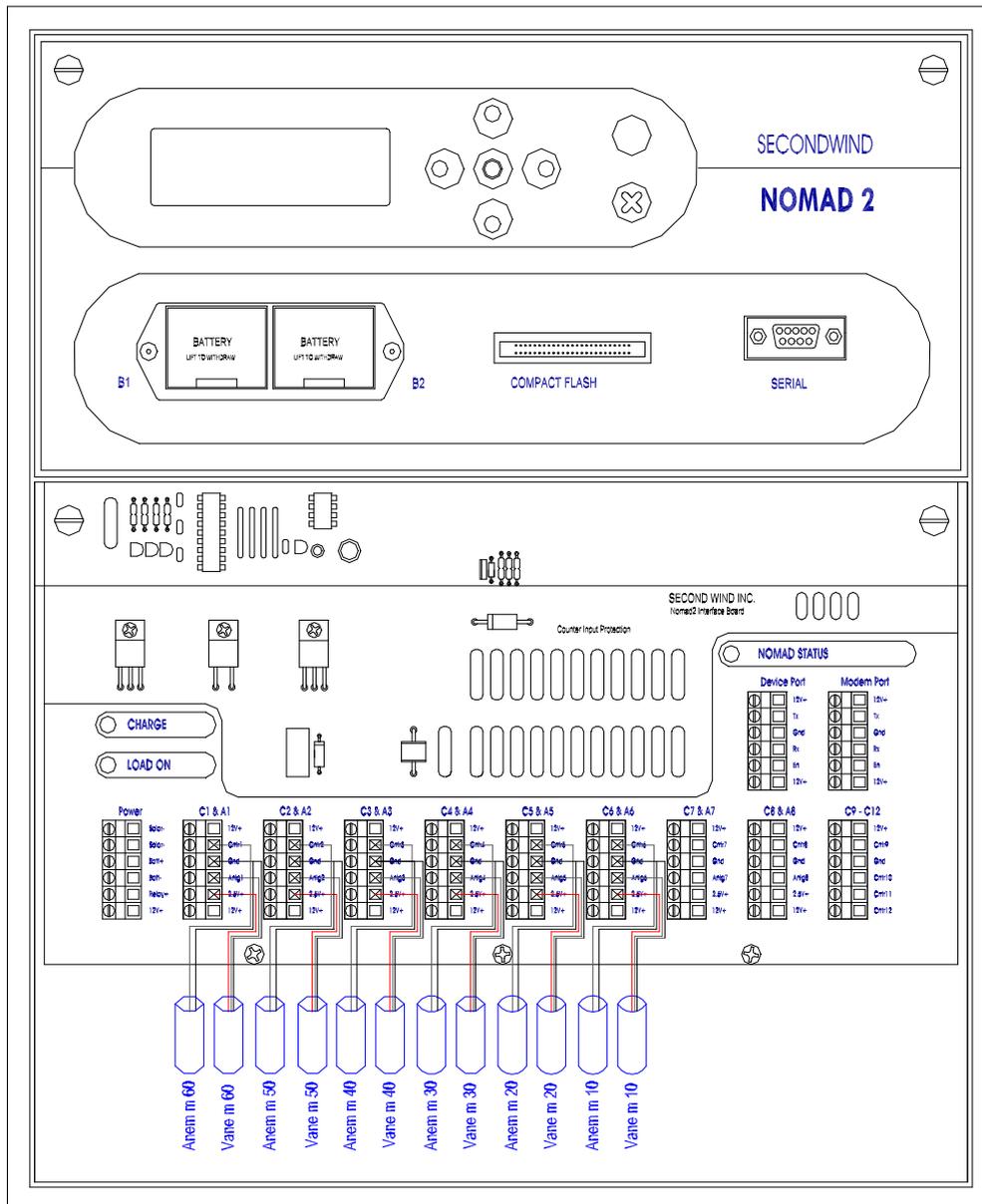
036**Orientamento Ancoraggi**Data: **03/05/2012**Firma dell'operatore: **Claudio Domino**

ALLEGATO A 4 alla pratica operativa

Rapporto di prima installazione stazione

Stazione Anemometrica di
Codice Stazione

POTENZA (PZ) H 60
036



Data: **03/05/2012**

Firma dell'operatore: **Claudio Domino**

Claudio Domino

ALLEGATO A 5/1 alla pratica operativa

Rapporto di prima installazione stazione

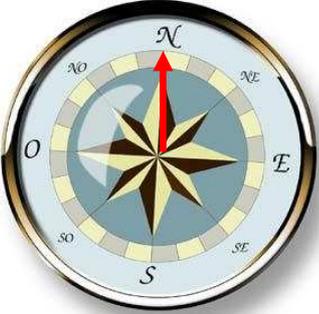
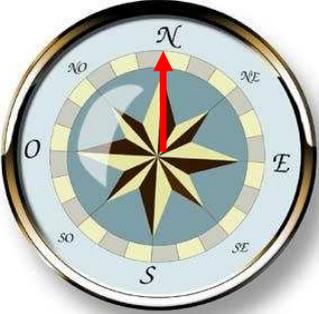
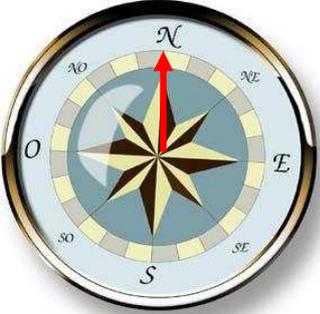
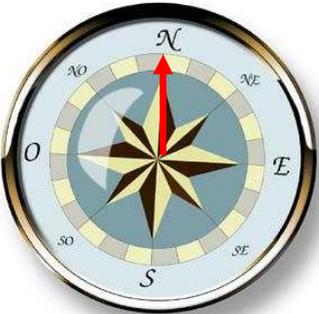
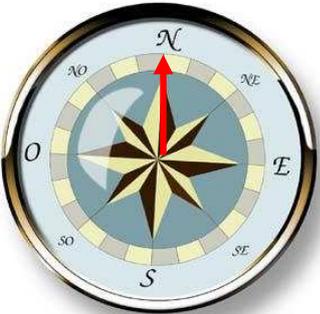
Stazione Anemometrica di

POTENZA (PZ) H 60

Codice Stazione

036

Orientamento Supporti Sensori di Velocità

VEL 60 m / 0°	VEL 50 m / 0°	VEL 40 m / 0°
		
VEL 30 m / 0°	VEL 20 m / 0°	VEL 10 m / 0°
		
VEL _ m / _ °	VEL _ m / _ °	VEL _ m / _ °
		

Data: **03/05/2012**

Firma dell'operatore: **Claudio Domino**

Claudio Domino

ALLEGATO A 5/2 alla pratica operativa

Rapporto di prima installazione stazione

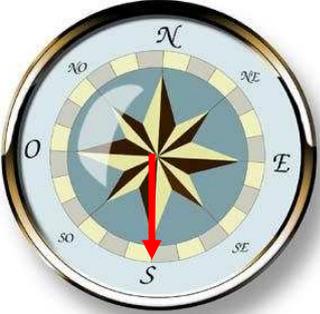
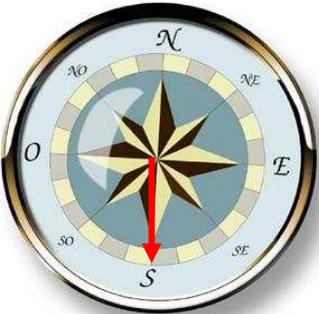
Stazione Anemometrica di

POTENZA (PZ) H 60

Codice Stazione

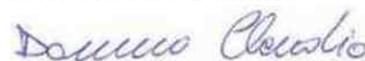
036

Orientamento Supporti Sensori di Direzione

DIR 60 m / 180°	DIR 50 m / 180°	DIR 40 m / 180°
		
DIR 30 m / 180°	DIR 20 m / 180°	DIR 10 m / 180°
		
DIR _____ m / _____ °	DIR _____ m / _____ °	DIR _____ m / _____ °
		

Data: **03/05/2012**

Firma dell'operatore: **Claudio Domino**





GESTIONE STAZIONE ANEMOMETRICA

Codice:
Data Emissione:
Revisione:
Pagina:

DTP.08.MO
03/12
12
9 di 17

ALLEGATO A 6/1 alla pratica operativa

Rapporto di prima installazione stazione

Stazione Anemometrica di

POTENZA (PZ) H 60

Codice Stazione

036

Immagine Satellitare del Sito



Data: **03/05/2012**

Firma dell'operatore: **Claudio Domino**

Claudio Domino



**GESTIONE STAZIONE
ANEMOMETRICA**

Codice:
Data Emissione:
Revisione:
Pagina:

DTP.08.MO
03/12
12
10 di 17

ALLEGATO A 6/2 alla pratica operativa

Rapporto di prima installazione stazione

Stazione Anemometrica di

POTENZA (PZ) H 60

Codice Stazione

036

Foto del sito prima dell'intervento



Data: **03/05/2012**

Firma dell'operatore: **Claudio Domino**

Claudio Domino

ALLEGATO A 6/3 alla pratica operativa

Rapporto di prima installazione stazione

Stazione Anemometrica di

POTENZA (PZ) H 60

Codice Stazione

036**Foto del sito dopo l'intervento**Data: **03/05/2012**Firma dell'operatore: **Claudio Domino**

ALLEGATO A 6/4 alla pratica operativa

Rapporto di prima installazione stazione

Stazione Anemometrica di

POTENZA (PZ) H 60

Codice Stazione

036

Vista N



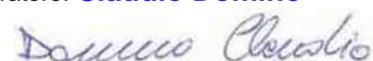
Vista NE



Vista E



Vista SE

Data: **03/05/2012**Firma dell'operatore: **Claudio Domino**

ALLEGATO A 6/5 alla pratica operativa

Rapporto di prima installazione stazione

Stazione Anemometrica di

POTENZA (PZ) H 60

Codice Stazione

036

Vista S



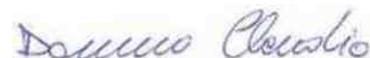
Vista SO



Vista O



Vista NO

Data: **03/05/2012**Firma dell'operatore: **Claudio Domino**



GESTIONE STAZIONE ANEMOMETRICA

Codice:
Data Emissione:
Revisione:
Pagina:

DTP.08.MO
03/12
12
14 di 17

ALLEGATO A 7 alla pratica operativa

Verifica prima installazione

Stazione Anemometrica di

POTENZA (PZ) H 60

Codice Stazione

036

N° codice sensore di velocità a m 60	199669	Verifica Struttura	C	NC
N° codice sensore di velocità a m 50	193010	Verifica ancoraggi	X	
N° codice sensore di velocità a m 40	193009	Tensione degli stralli	X	
N° codice sensore di velocità a m 30	193008	Linearità della torre	X	
N° codice sensore di velocità a m 20	193036	Perpendicolarità della torre	X	
N° codice sensore di velocità a m 10	175740	Controllo parafulmine	X	
N° codice sensore di direzione a m 60	----	Controllo dei supporti	X	
N° codice sensore di direzione a m 50	----	Controllo angolo di direzione	X	
N° codice sensore di direzione a m 40	----			
N° codice sensore di direzione a m 30	----	Verifica Trasmissione Dati		
N° codice sensore di direzione a m 20	----	Test e-mail		
N° codice sensore di direzione a m 10	----	Prova collegamento		
N° codice logger Nomad 2 GSM	08797	Copertura GSM		%

Verifica Strumentazione Elettrica	C	NC	Note
Controllo orario e data	X		
ora e data logger			ora attuale
16.00.00			03/05/2012
16.00.00			
Controllo voltaggio batterie	X		B1 = 9.50 V; B2 = 9.50 V; P = 13.60 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 C4-A4	X		
Controllo presenza segnale canale C5-A5	X		
Controllo presenza segnale canale C6-A6	X		
Controllo luce di segnalazione			
Controllo allacciamento cavi elettrici	X		
Controllo sensore di velocità a m 60	X		9.20 m/s velocità all'inserimento della scheda
Controllo sensore di velocità a m 50	X		7.90 m/s velocità all'inserimento della scheda
Controllo sensore di velocità a m 40	X		7.10 m/s velocità all'inserimento della scheda
Controllo sensore di velocità a m 30	X		6.40 m/s velocità all'inserimento della scheda
Controllo sensore di velocità a m 20	X		6.40 m/s velocità all'inserimento della scheda
Controllo sensore di velocità a m 10	X		5.60 m/s velocità all'inserimento della scheda
Controllo sensore di direzione a m 60	X		279° direzione all'inserimento della scheda
Controllo sensore di direzione a m 50	X		272° direzione all'inserimento della scheda
Controllo sensore di direzione a m 40	X		279° direzione all'inserimento della scheda
Controllo sensore di direzione a m 30	X		274° direzione all'inserimento della scheda
Controllo sensore di direzione a m 20	X		278° direzione all'inserimento della scheda
Controllo sensore di direzione a m 10	X		278° direzione all'inserimento della scheda
Controllo della Memory Card	X		100% - 342 days left

LEGENDA: C = CONFORME ÷ NC = NON CONFORME

Note aggiuntive:

Data: **03/05/2012**

Firma dell'operatore: **Claudio Domino**



GESTIONE STAZIONE ANEMOMETRICA

Codice:
Data Emissione:
Revisione:
Pagina:

DTP.08.MO
03/12
12
15 di 17

ALLEGATO A 8 alla pratica operativa

Rapporto di prima installazione stazione

Stazione Anemometrica di

POTENZA (PZ) H 60

Codice Stazione

036

RACCOMANDAZIONI IMPORTANTI

È buona norma eseguire un controllo periodico della torre anche se essa è stata studiata per un uso temporaneo e non definitivo nel suo sito d'installazione. Si consiglia di eseguire un controllo dei picchetti e della tensione dei tiranti entro il 1° mese dall'installazione e successivamente ogni tre mesi. È da tenere presente che la tensione dei cavi è soggetta a piccole variazioni in funzione del vento e della temperatura.

Non eseguire alcuna riparazione sui cavi 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: **03/05/2012**

Firma dell'operatore: **Claudio Domino**



GESTIONE STAZIONE ANEMOMETRICA

Codice:
Data Emissione:
Revisione:
Pagina:

DTP.08.MO
03/12
12
16 di 17

ALLEGATO A 9/1 alla pratica operativa

Rapporto di prima installazione stazione

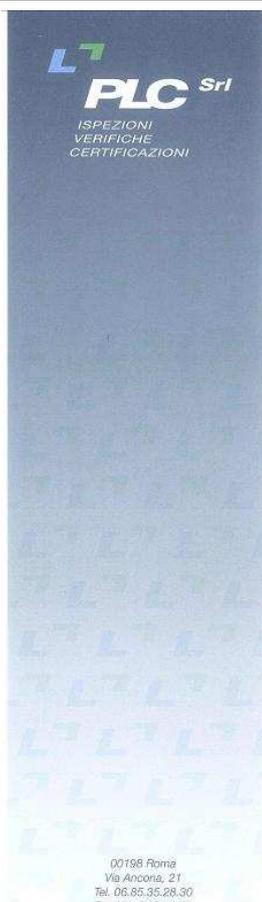
Stazione Anemometrica di

POTENZA (PZ) H 60

Codice Stazione

036

CERTIFICATO UNI EN ISO 9036:2008



SISTEMA GESTIONE QUALITÀ CERTIFICATO N° 453/A/2008

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



IDNAMIC ITALIA S.r.l.

Area PIP Strada Statale 212 km 9,00 snc – 82020 Pietrelcina (BN)

Applicato nell'Unità Operativa sita in

Area PIP Strada Statale 212 km 9,00 snc – 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 a:

settore EA Campo di applicazione:

28 (*) Progettazione, fornitura, assemblaggio,
installazione, manutenzione, rimozione
di torri anemometriche e relativa
strumentazione.

Settore EA Campo di applicazione:

35 Elaborazione ed analisi dei dati del
vento.

Data 1° emissione 2008-06-03

Data di aggiornamento 2012-01-24*

Data di scadenza 2014-06-02

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 n° 109 del 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.

* Variazione Denominazione e Sede Legale.



SGQ N°059 A - SGA N° 040 D

Membro di MLA EA per gli schemi di accreditamento:
SGQ, SGA, PISO, PISO, ISO e LAB, di MLA IAP
per gli schemi di accreditamento SGA, SGA, TSE, PISO e PISO
e di MLA LAC per lo schema di accreditamento LAC
Signatory of EA MLA for the accreditation schemes:
SGQ, SGA, PISO, PISO, ISO and LAC
of IAP ICA for the accreditation schemes:
SGQ, SGA, TSE, PISO and PISO
and of LAC ICA for the accreditation scheme TL

Data: **03/05/2012**

Firma dell'operatore: **Claudio Domino**



GESTIONE STAZIONE ANEMOMETRICA

Codice:
Data Emissione:
Revisione:
Pagina:

DTP.08.MO
03/12
12
17 di 17

ALLEGATO A 9/2 alla pratica operativa

Rapporto di prima installazione stazione

Stazione Anemometrica di

POTENZA (PZ) H 60

Codice Stazione

036

CERTIFICATO BS OHSAS 18036:2007



RINA
www.rina.org

CISQ is a member of



www.iqnet-certification.com

IQNet, the association of the world's first class certification bodies, is the largest provider of management System Certification in the world. IQNet is composed of more than 30 bodies and counts over 100 subsidiaries all over the globe.

CERTIFICATO N. OHS-806
CERTIFICATE No.

Si certifica che il Sistema di Gestione della Sicurezza e della Salute sul luogo di lavoro di
It is hereby certified that the Occupational Health and Safety Management System of

IDNAMIC ITALIA S.R.L.

S.S. 212 KM 9 AREA P.I.P. 82020 PIETRELCINA (BN) ITALIA

nelle seguenti unità operative / in the following operational units

S.S. 212 KM 9 AREA P.I.P. 82020 PIETRELCINA (BN) ITALIA
E CANTIERI OPERATIVI

è conforme alla norma
is in compliance with the standard

BS OHSAS 18001:2007

E AL DOCUMENTO SINCERT RT-12

per le seguenti attività / for the following activities:

EA 28.35

PROGETTAZIONE, ASSEMBLAGGIO, INSTALLAZIONE, MANUTENZIONE E RIMOZIONE DI TORRI
ANEMOMETRICHE E RELATIVA STRUMENTAZIONE. ELABORAZIONI ED ANALISI DEI DATI DEL VENTO.

Per informazioni sulla validità
del certificato, visitare il sito
www.rina.org

DESIGN, ASSEMBLY, INSTALLATION, MAINTENANCE AND REMOVAL OF ANEMOMETRIC TOWERS AND RELATED
INSTRUMENTATION. WIND DATA PROCESSING AND ANALYSIS.

For information concerning
validity of the certificate, you
can visit the site
www.rina.org

L'uso e la validità del presente certificato è soggetto al rispetto del documento RINA - Regolamento per la Certificazione dei Sistemi di Gestione della Sicurezza e Salute sul luogo di lavoro
The use and validity of this certificate are subject to compliance with the RINA document: Rules for the Certification of Occupational Health and Safety Management Systems

Prima emissione
First Issue 26.01.2012
Emissione corrente
Current Issue 29.02.2012
Data scadenza
Expiry Date 26.01.2015

Dott. Roberto Cavanna
(Managing Director)

RINA Services S.p.A.
Via Corsica 12 - 16128 Genova Italy

CISQ è la Federazione Italiana di
Organismi di Certificazione dei
sistemi di gestione aziendale

CISQ is the Italian
Federation of management
system Certification Bodies



552 N° 001 A 308 N° 001 G
054 N° 002 D 047 N° 001 H
050 N° 002 E 053 N° 001 C
038 N° 001 F 043 N° 002
Membro degli Accordi di Mutuo
Riconoscimento EA, IAF e ILAC
Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual
Recognition Agreements

La validità del presente certificato è subordinata a sorveglianza periodica annuale /
semestrale ed al riesame completo del sistema di gestione con periodicità triennale

The validity of this certificate is dependent on an annual / six monthly audit and on a
complete review, every three years, of the management system



www.cisq.com
Form: CISQ/001/0011

Data: **03/05/2012**

Firma dell'operatore: **Claudio Domino**



CERTIFICATE FOR CALIBRATION OF CUP ANEMOMETER

Certificate number: 11.02.3956

Date of issue: June 6, 2011

Type: NRG #40

Serial number: 179500175740

Manufacturer: NRG Systems, 110 Commerce Street, Hinesburg, Vermont 05461, USA

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

Anemometer received: May 23, 2011

Anemometer calibrated: June 5, 2011

Calibrated by: nwo

Calibration procedure: IEC 61400-12-1, MEASNET

Certificate prepared by: jsa

Approved by: Calibration engineer, soh

Calibration equation obtained: v [m/s] = $0.76119 \cdot f$ [Hz] + 0.27561

Svend Ole Hansen

Standard uncertainty, slope: 0.00132

Standard uncertainty, offset: 0.04925

Covariance: -0.0000128 (m/s)²/Hz

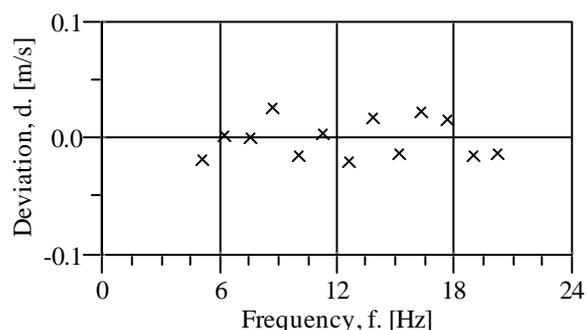
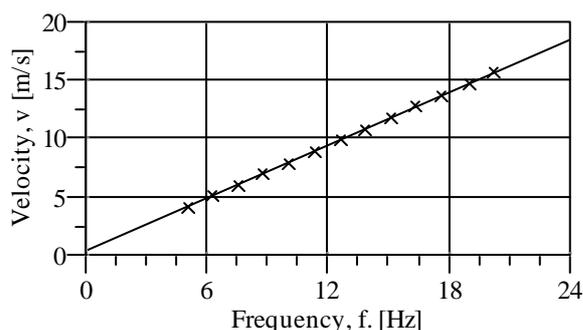
Coefficient of correlation: $\rho = 0.999990$

Absolute maximum deviation: 0.027 m/s at 6.977 m/s

Barometric pressure: 1011.1 hPa

Relative humidity: 26.6%

Succession	Velocity pressure, q [Pa]	Temperature in wind tunnel [°C]	Temperature in control room [°C]	Wind velocity, v [m/s]	Frequency, f [Hz]	Deviation, d [m/s]	Uncertainty u_c (k=2) [m/s]
2	9.64	35.9	28.1	4.126	5.0816	-0.018	0.029
4	14.58	35.8	28.1	5.073	6.2989	0.003	0.032
6	20.59	35.7	28.1	6.028	7.5554	0.001	0.037
8	27.59	35.6	28.1	6.977	8.7675	0.027	0.042
10	35.81	35.6	28.1	7.947	10.0958	-0.014	0.047
12	44.89	35.5	28.1	8.898	11.3222	0.004	0.053
13-last	55.08	35.5	28.1	9.855	12.6095	-0.019	0.058
11	66.46	35.5	28.1	10.826	13.8383	0.017	0.064
9	78.68	35.6	28.1	11.781	15.1322	-0.013	0.070
7	92.11	35.7	28.1	12.748	16.3561	0.023	0.075
5	106.74	35.8	28.1	13.726	17.6483	0.016	0.081
3	122.60	35.9	28.1	14.712	18.9856	-0.015	0.087
1-first	138.66	36.1	28.1	15.650	20.2140	-0.012	0.092



EQUIPMENT USED

Serial number	Description
-	Boundary layer wind tunnel.
1256	Control cup anemometer.
-	Mounting tube, D = 25 mm
t1	PT100 temperature sensor, wind tunnel.
t2	PT100 temperature sensor, control room.
9904031	PPC500 Furness pressure manometer
X4650038	HMW71U Humidity transmitter
X4350042	PTB100AVaisala analogue barometer.
P11	Pitot tube
001551	Computer Board. 16 bit A/D data acquisition board.
-	PC dedicated to data acquisition.

Traceable calibrations of the equipment are carried out by external accredited institutions: Furness (PPC500) and Saab Metech. A real-time analysis module within the data acquisition software detects pulse frequency.

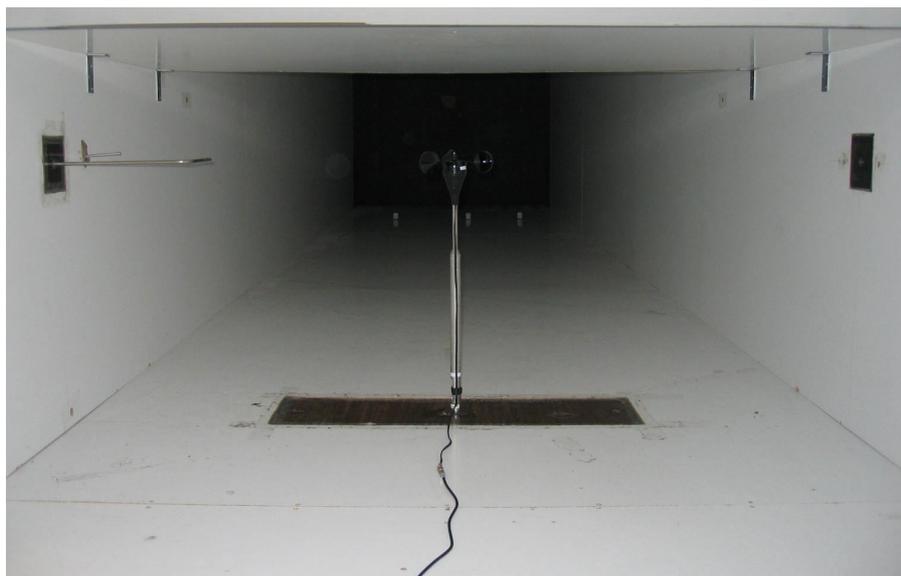


Photo of a cup anemometer in the wind tunnel. The shown anemometer is of the same type as the calibrated one.

UNCERTAINTIES

The documented uncertainty is the total combined uncertainty at 95% confidence level ($k=2$) in accordance with EA-4/02. The uncertainty at 10 m/s comply with the requirements in the MEASNET procedure that prescribes an absolute uncertainty less than 0.1 m/s at a mean wind velocity of 10 m/s, that is 1%. See Document 97.00.004 “MEASNET - Test report on the calibration campaign” for further details.

Certificate number: 11.02.3956



CERTIFICATE FOR CALIBRATION OF CUP ANEMOMETER

Certificate number: 12.02.0966

Date of issue: February 7, 2012

Type: NRG #40

Serial number: 179500193001

Manufacturer: NRG Systems, 110 Commerce Street, Hinesburg, Vermont 05461, USA

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

Anemometer received: December 20, 2011

Anemometer calibrated: February 7, 2012

Calibrated by: jj

Calibration procedure: IEC 61400-12-1, MEASNET

Certificate prepared by: jsa

Approved by: Calibration engineer, soh

Svend Ole Hansen

Calibration equation obtained: v [m/s] = $0.76368 \cdot f$ [Hz] + 0.25053

Standard uncertainty, slope: 0.00181

Standard uncertainty, offset: 0.07481

Covariance: -0.0000243 (m/s)²/Hz

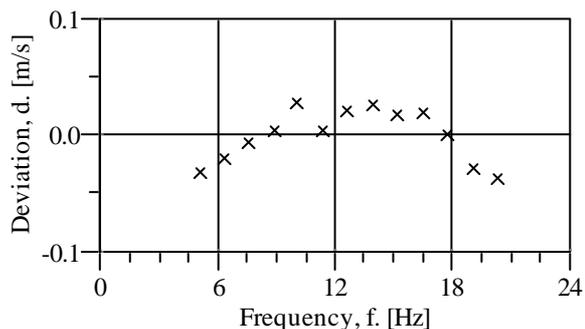
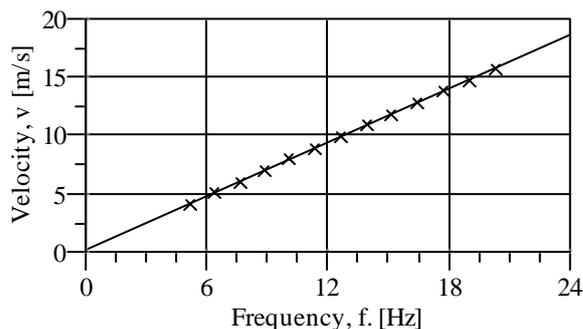
Coefficient of correlation: $\rho = 0.999982$

Absolute maximum deviation: -0.036 m/s at 15.738 m/s

Barometric pressure: 1042.0 hPa

Relative humidity: 10.6%

Succession	Velocity pressure, q [Pa]	Temperature in wind tunnel [°C]	Temperature in control room [°C]	Wind velocity, v [m/s]	Frequency, f [Hz]	Deviation, d [m/s]	Uncertainty u_c (k=2) [m/s]
2	10.34	28.8	20.2	4.151	5.1489	-0.031	0.021
4	15.76	28.6	20.2	5.122	6.4051	-0.020	0.025
6	22.11	28.5	20.1	6.066	7.6244	-0.007	0.029
8	29.91	28.4	20.1	7.054	8.9040	0.004	0.034
10	38.36	28.3	20.1	7.988	10.0954	0.028	0.038
12	48.16	28.2	20.1	8.949	11.3841	0.004	0.043
13-last	59.42	28.2	20.1	9.939	12.6589	0.021	0.047
11	71.34	28.2	20.1	10.892	13.8993	0.026	0.052
9	84.60	28.3	20.1	11.863	15.1829	0.017	0.056
7	99.23	28.4	20.1	12.850	16.4727	0.019	0.061
5	114.62	28.6	20.1	13.813	17.7581	0.001	0.066
3	131.22	28.7	20.2	14.783	19.0661	-0.028	0.070
1-first	148.57	29.0	20.2	15.738	20.3273	-0.036	0.075



EQUIPMENT USED

Serial number	Description
-	Boundary layer wind tunnel.
1256	Control cup anemometer.
-	Mounting tube, D = 25 mm
t3	PT100 temperature sensor, wind tunnel.
t4	PT100 temperature sensor, control room.
950610	PPC500 Furness pressure manometer
Z0420014	HMW71U Humidity transmitter
U4220037	PTB100AVaisala analogue barometer.
P11	Pitot tube
HB2835279	Computer Board. 16 bit A/D data acquisition board.
-	PC dedicated to data acquisition.

Traceable calibrations of the equipment are carried out by external accredited institutions: Furness (PPC500) and Saab Metech. A real-time analysis module within the data acquisition software detects pulse frequency.

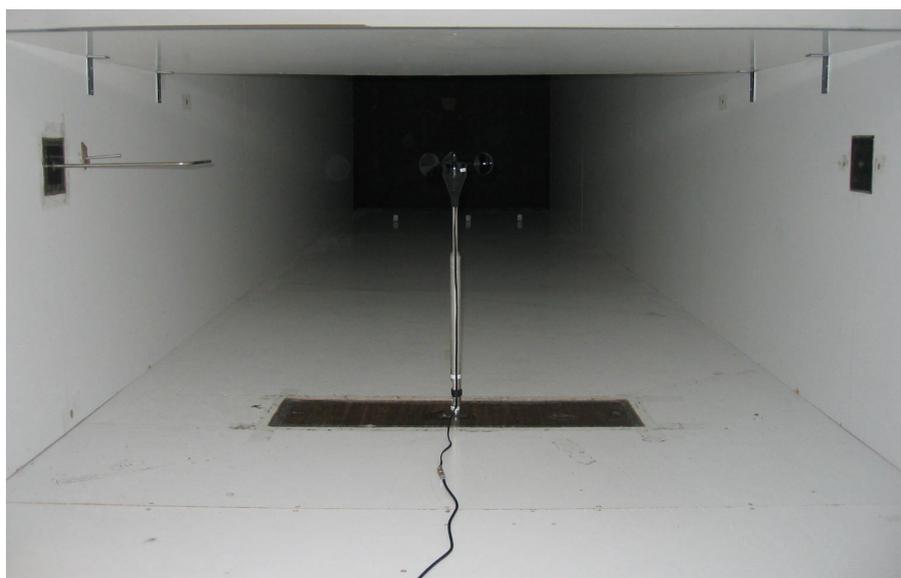


Photo of a cup anemometer in the wind tunnel. The shown anemometer is of the same type as the calibrated one.

UNCERTAINTIES

The documented uncertainty is the total combined uncertainty at 95% confidence level ($k=2$) in accordance with EA-4/02. The uncertainty at 10 m/s comply with the requirements in the MEASNET procedure that prescribes an absolute uncertainty less than 0.1 m/s at a mean wind velocity of 10 m/s, that is 1%. See Document 97.00.004 “MEASNET - Test report on the calibration campaign” for further details.

Certificate number: 12.02.0966



CERTIFICATE FOR CALIBRATION OF CUP ANEMOMETER

Certificate number: 12.02.0959

Date of issue: February 7, 2012

Type: NRG #40

Serial number: 179500193008

Manufacturer: NRG Systems, 110 Commerce Street, Hinesburg, Vermont 05461, USA

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

Anemometer received: December 20, 2011

Anemometer calibrated: February 7, 2012

Calibrated by: jj

Calibration procedure: IEC 61400-12-1, MEASNET

Certificate prepared by: jsa

Approved by: Calibration engineer, soh

Svend Ole Hansen

Calibration equation obtained: v [m/s] = $0.76466 \cdot f$ [Hz] + 0.26752

Standard uncertainty, slope: 0.00118

Standard uncertainty, offset: 0.04575

Covariance: -0.0000104 (m/s)²/Hz

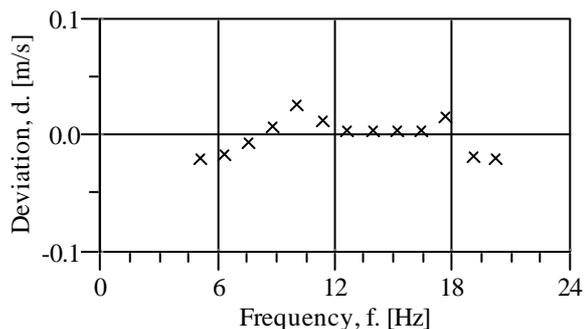
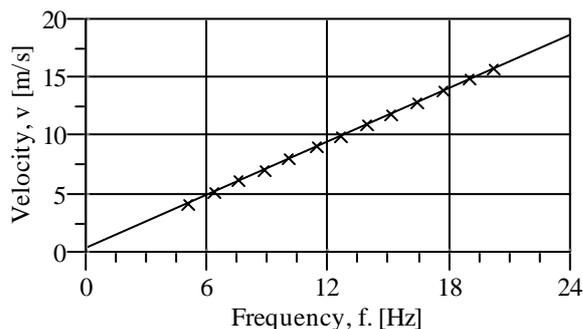
Coefficient of correlation: $\rho = 0.999992$

Absolute maximum deviation: 0.027 m/s at 8.016 m/s

Barometric pressure: 1041.6 hPa

Relative humidity: 10.7%

Succession	Velocity pressure, q. [Pa]	Temperature in wind tunnel [°C]	Temperature in control room [°C]	Wind velocity, v. [m/s]	Frequency, f. [Hz]	Deviation, d. [m/s]	Uncertainty u _c (k=2) [m/s]
2	10.41	28.8	20.3	4.165	5.1219	-0.019	0.021
4	15.73	28.6	20.3	5.118	6.3644	-0.016	0.025
6	22.18	28.5	20.3	6.077	7.6045	-0.005	0.029
8	29.61	28.4	20.2	7.020	8.8219	0.007	0.034
10	38.62	28.3	20.2	8.016	10.0986	0.027	0.038
12	48.72	28.2	20.2	9.003	11.4070	0.013	0.043
13-last	59.46	28.2	20.2	9.945	12.6496	0.004	0.047
11	71.56	28.2	20.2	10.911	13.9138	0.004	0.052
9	84.33	28.3	20.2	11.847	15.1380	0.004	0.056
7	98.61	28.4	20.2	12.813	16.4023	0.003	0.061
5	114.40	28.6	20.3	13.804	17.6811	0.016	0.066
3	131.65	28.7	20.3	14.811	19.0423	-0.018	0.070
1-first	148.44	29.0	20.3	15.735	20.2543	-0.020	0.075



EQUIPMENT USED

Serial number	Description
-	Boundary layer wind tunnel.
1256	Control cup anemometer.
-	Mounting tube, D = 25 mm
t3	PT100 temperature sensor, wind tunnel.
t4	PT100 temperature sensor, control room.
950610	PPC500 Furness pressure manometer
Z0420014	HMW71U Humidity transmitter
U4220037	PTB100AVaisala analogue barometer.
P11	Pitot tube
HB2835279	Computer Board. 16 bit A/D data acquisition board.
-	PC dedicated to data acquisition.

Traceable calibrations of the equipment are carried out by external accredited institutions: Furness (PPC500) and Saab Metech. A real-time analysis module within the data acquisition software detects pulse frequency.

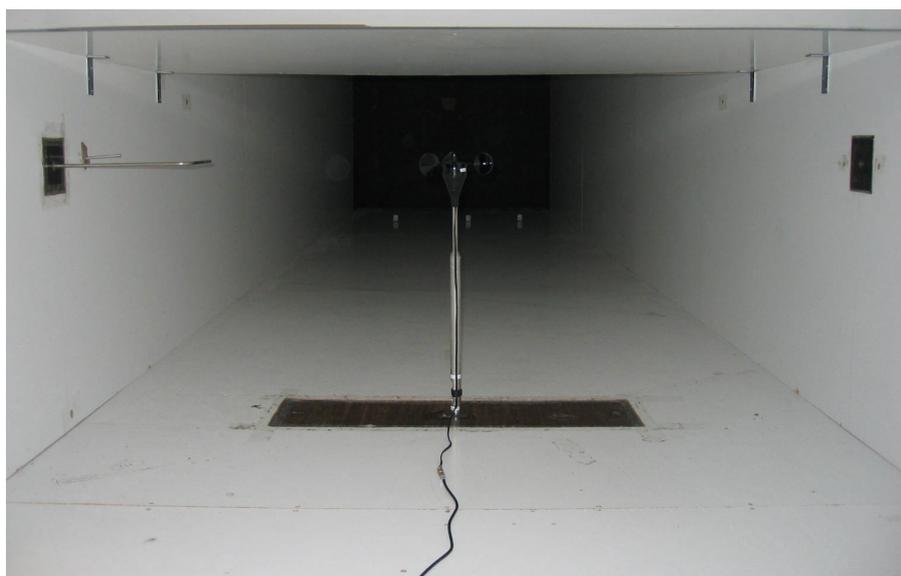


Photo of a cup anemometer in the wind tunnel. The shown anemometer is of the same type as the calibrated one.

UNCERTAINTIES

The documented uncertainty is the total combined uncertainty at 95% confidence level ($k=2$) in accordance with EA-4/02. The uncertainty at 10 m/s comply with the requirements in the MEASNET procedure that prescribes an absolute uncertainty less than 0.1 m/s at a mean wind velocity of 10 m/s, that is 1%. See Document 97.00.004 “MEASNET - Test report on the calibration campaign” for further details.

Certificate number: 12.02.0959



CERTIFICATE FOR CALIBRATION OF CUP ANEMOMETER

Certificate number: 12.02.0958

Date of issue: February 7, 2012

Type: NRG #40

Serial number: 179500193009

Manufacturer: NRG Systems, 110 Commerce Street, Hinesburg, Vermont 05461, USA

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

Anemometer received: December 20, 2011

Anemometer calibrated: February 7, 2012

Calibrated by: jj

Calibration procedure: IEC 61400-12-1, MEASNET

Certificate prepared by: jsa

Approved by: Calibration engineer, soh

Svend Ole Hansen

Calibration equation obtained: v [m/s] = $0.76427 \cdot f$ [Hz] + 0.25530

Standard uncertainty, slope: 0.00128

Standard uncertainty, offset: 0.05171

Covariance: -0.0000121 (m/s)²/Hz

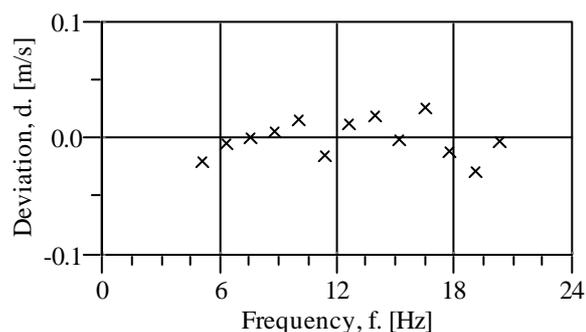
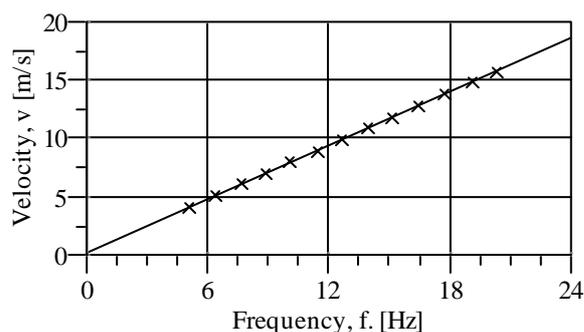
Coefficient of correlation: $\rho = 0.999991$

Absolute maximum deviation: -0.028 m/s at 14.804 m/s

Barometric pressure: 1041.5 hPa

Relative humidity: 10.7%

Succession	Velocity pressure, q. [Pa]	Temperature in wind tunnel [°C]	Temperature in control room [°C]	Wind velocity, v. [m/s]	Frequency, f. [Hz]	Deviation, d. [m/s]	Uncertainty u _c (k=2) [m/s]
2	10.27	28.8	20.4	4.139	5.1073	-0.020	0.021
4	15.55	28.6	20.3	5.090	6.3305	-0.004	0.025
6	22.20	28.5	20.3	6.080	7.6203	0.001	0.029
8	29.77	28.4	20.3	7.039	8.8682	0.006	0.034
10	38.36	28.3	20.3	7.989	10.0992	0.016	0.038
12	48.35	28.2	20.2	8.968	11.4198	-0.015	0.043
13-last	59.33	28.2	20.2	9.934	12.6471	0.013	0.047
11	71.94	28.2	20.3	10.940	13.9547	0.019	0.052
9	84.35	28.3	20.3	11.848	15.1699	-0.001	0.056
7	99.48	28.4	20.3	12.869	16.4698	0.026	0.061
5	114.08	28.5	20.3	13.784	17.7154	-0.010	0.066
3	131.52	28.7	20.4	14.804	19.0735	-0.028	0.070
1-first	149.21	29.0	20.4	15.776	20.3104	-0.002	0.075



EQUIPMENT USED

Serial number	Description
-	Boundary layer wind tunnel.
1256	Control cup anemometer.
-	Mounting tube, D = 25 mm
t3	PT100 temperature sensor, wind tunnel.
t4	PT100 temperature sensor, control room.
950610	PPC500 Furness pressure manometer
Z0420014	HMW71U Humidity transmitter
U4220037	PTB100AVaisala analogue barometer.
P11	Pitot tube
HB2835279	Computer Board. 16 bit A/D data acquisition board.
-	PC dedicated to data acquisition.

Traceable calibrations of the equipment are carried out by external accredited institutions: Furness (PPC500) and Saab Metech. A real-time analysis module within the data acquisition software detects pulse frequency.

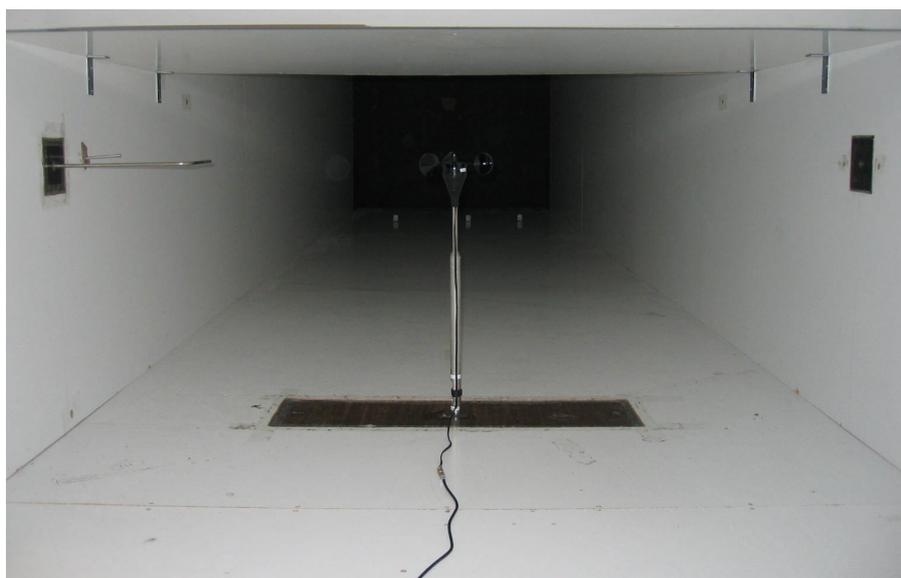


Photo of a cup anemometer in the wind tunnel. The shown anemometer is of the same type as the calibrated one.

UNCERTAINTIES

The documented uncertainty is the total combined uncertainty at 95% confidence level ($k=2$) in accordance with EA-4/02. The uncertainty at 10 m/s comply with the requirements in the MEASNET procedure that prescribes an absolute uncertainty less than 0.1 m/s at a mean wind velocity of 10 m/s, that is 1%. See Document 97.00.004 “MEASNET - Test report on the calibration campaign” for further details.

Certificate number: 12.02.0958



CERTIFICATE FOR CALIBRATION OF CUP ANEMOMETER

Certificate number: 12.02.0957

Date of issue: February 7, 2012

Type: NRG #40

Serial number: 179500193010

Manufacturer: NRG Systems, 110 Commerce Street, Hinesburg, Vermont 05461, USA

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

Anemometer received: December 20, 2011

Anemometer calibrated: February 7, 2012

Calibrated by: jj

Calibration procedure: IEC 61400-12-1, MEASNET

Certificate prepared by: jsa

Approved by: Calibration engineer, soh

Svend Ole Hansen

Calibration equation obtained: v [m/s] = $0.76224 \cdot f$ [Hz] + 0.26890

Standard uncertainty, slope: 0.00184

Standard uncertainty, offset: 0.07075

Covariance: -0.0000250 (m/s)²/Hz

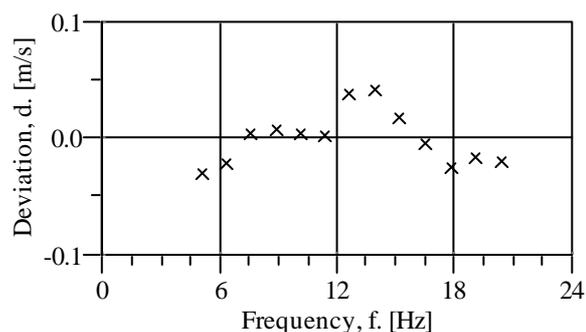
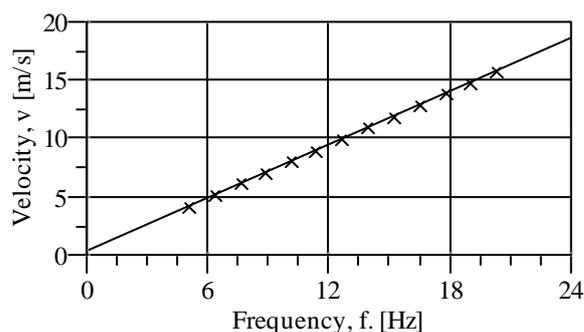
Coefficient of correlation: $\rho = 0.999981$

Absolute maximum deviation: 0.042 m/s at 10.921 m/s

Barometric pressure: 1041.4 hPa

Relative humidity: 10.7%

Succession	Velocity pressure, q [Pa]	Temperature in wind tunnel [°C]	Temperature in control room [°C]	Wind velocity, v [m/s]	Frequency, f [Hz]	Deviation, d [m/s]	Uncertainty u_c (k=2) [m/s]
2	10.27	28.8	20.4	4.138	5.1163	-0.031	0.021
4	15.81	28.7	20.3	5.133	6.4094	-0.021	0.025
6	22.25	28.5	20.3	6.088	7.6298	0.004	0.029
8	29.87	28.4	20.3	7.052	8.8878	0.008	0.034
10	38.60	28.3	20.3	8.016	10.1578	0.004	0.038
12	47.95	28.2	20.3	8.932	11.3629	0.002	0.043
13-last	59.39	28.2	20.3	9.940	12.6375	0.039	0.047
11	71.67	28.3	20.3	10.921	13.9201	0.042	0.052
9	84.74	28.3	20.3	11.877	15.2044	0.018	0.056
7	99.12	28.4	20.3	12.848	16.5073	-0.004	0.061
5	114.57	28.6	20.3	13.815	17.8051	-0.026	0.066
3	130.78	28.7	20.4	14.764	19.0367	-0.016	0.070
1-first	149.10	29.0	20.4	15.771	20.3641	-0.020	0.075



EQUIPMENT USED

Serial number	Description
-	Boundary layer wind tunnel.
1256	Control cup anemometer.
-	Mounting tube, D = 25 mm
t3	PT100 temperature sensor, wind tunnel.
t4	PT100 temperature sensor, control room.
950610	PPC500 Furness pressure manometer
Z0420014	HMW71U Humidity transmitter
U4220037	PTB100AVaisala analogue barometer.
P11	Pitot tube
HB2835279	Computer Board. 16 bit A/D data acquisition board.
-	PC dedicated to data acquisition.

Traceable calibrations of the equipment are carried out by external accredited institutions: Furness (PPC500) and Saab Metech. A real-time analysis module within the data acquisition software detects pulse frequency.

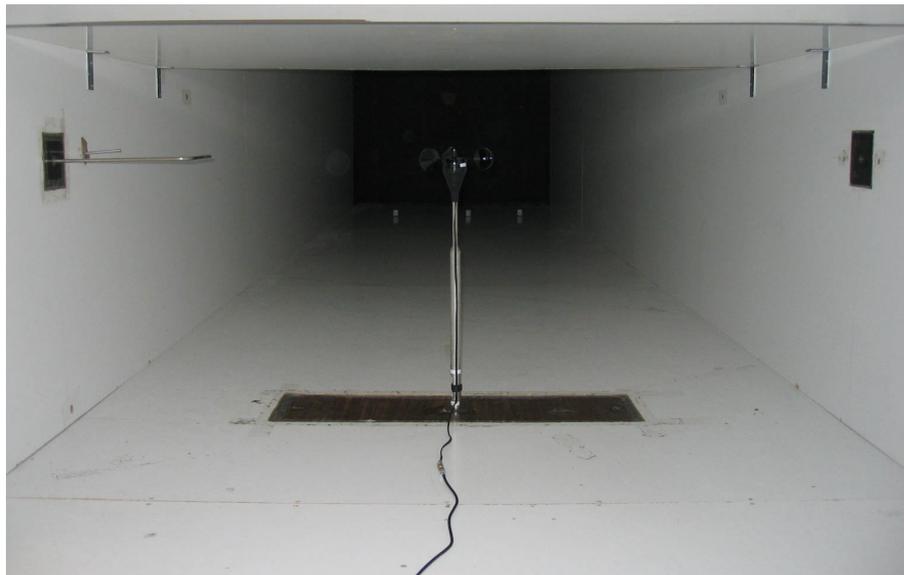
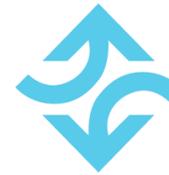


Photo of a cup anemometer in the wind tunnel. The shown anemometer is of the same type as the calibrated one.

UNCERTAINTIES

The documented uncertainty is the total combined uncertainty at 95% confidence level ($k=2$) in accordance with EA-4/02. The uncertainty at 10 m/s comply with the requirements in the MEASNET procedure that prescribes an absolute uncertainty less than 0.1 m/s at a mean wind velocity of 10 m/s, that is 1%. See Document 97.00.004 “MEASNET - Test report on the calibration campaign” for further details.

Certificate number: 12.02.0957



CERTIFICATE FOR CALIBRATION OF CUP ANEMOMETER

Certificate number: 12.02.1903

Date of issue: March 7, 2012

Type: NRG #40

Serial number: 179500199669

Manufacturer: NRG Systems, 110 Commerce Street, Hinesburg, Vermont 05461, USA

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

Anemometer received: February 23, 2012

Anemometer calibrated: March 6, 2012

Calibrated by: jj

Calibration procedure: IEC 61400-12-1, MEASNET

Certificate prepared by: jsa

Approved by: Calibration engineer, soh

Svend Ole Hansen

Calibration equation obtained: v [m/s] = $0.76732 \cdot f$ [Hz] + 0.28081

Standard uncertainty, slope: 0.00179

Standard uncertainty, offset: 0.06577

Covariance: -0.0000237 (m/s)²/Hz

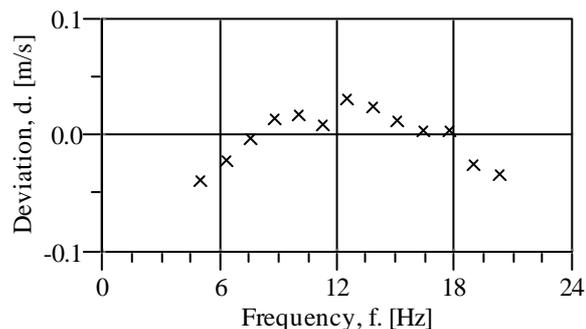
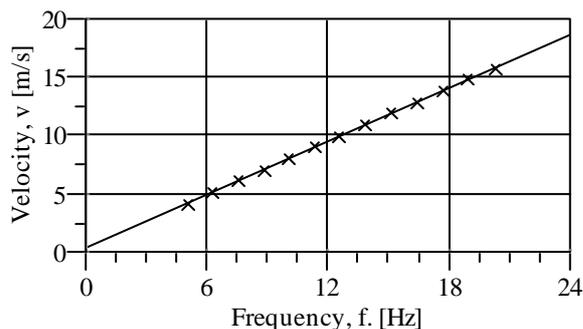
Coefficient of correlation: $\rho = 0.999982$

Absolute maximum deviation: -0.038 m/s at 4.115 m/s

Barometric pressure: 1029.2 hPa

Relative humidity: 13.2%

Succession	Velocity pressure, q [Pa]	Temperature in wind tunnel [°C]	Temperature in control room [°C]	Wind velocity, v [m/s]	Frequency, f [Hz]	Deviation, d [m/s]	Uncertainty u_c (k=2) [m/s]
2	9.95	31.2	21.4	4.115	5.0466	-0.038	0.021
4	15.35	31.0	21.3	5.108	6.3191	-0.021	0.025
6	21.72	30.9	21.3	6.076	7.5549	-0.002	0.029
8	29.38	30.8	21.2	7.065	8.8225	0.014	0.034
10	37.55	30.7	21.1	7.986	10.0182	0.018	0.038
12	47.43	30.6	21.1	8.974	11.3172	0.010	0.043
13-last	58.35	30.5	21.0	9.953	12.5631	0.032	0.047
11	70.66	30.6	21.1	10.954	13.8778	0.024	0.052
9	83.24	30.7	21.2	11.891	15.1143	0.013	0.056
7	97.46	30.8	21.2	12.869	16.3988	0.005	0.061
5	113.07	30.9	21.3	13.864	17.6978	0.004	0.066
3	128.97	31.1	21.4	14.810	18.9676	-0.025	0.070
1-first	146.86	31.3	21.4	15.811	20.2820	-0.033	0.075



EQUIPMENT USED

Serial number	Description
-	Boundary layer wind tunnel.
1256	Control cup anemometer.
-	Mounting tube, D = 25 mm
t3	PT100 temperature sensor, wind tunnel.
t4	PT100 temperature sensor, control room.
950610	PPC500 Furness pressure manometer
Z0420014	HMW71U Humidity transmitter
U4220037	PTB100AVaisala analogue barometer.
P11	Pitot tube
HB2835279	Computer Board. 16 bit A/D data acquisition board.
-	PC dedicated to data acquisition.

Traceable calibrations of the equipment are carried out by external accredited institutions: Furness (PPC500) and Saab Metech. A real-time analysis module within the data acquisition software detects pulse frequency.

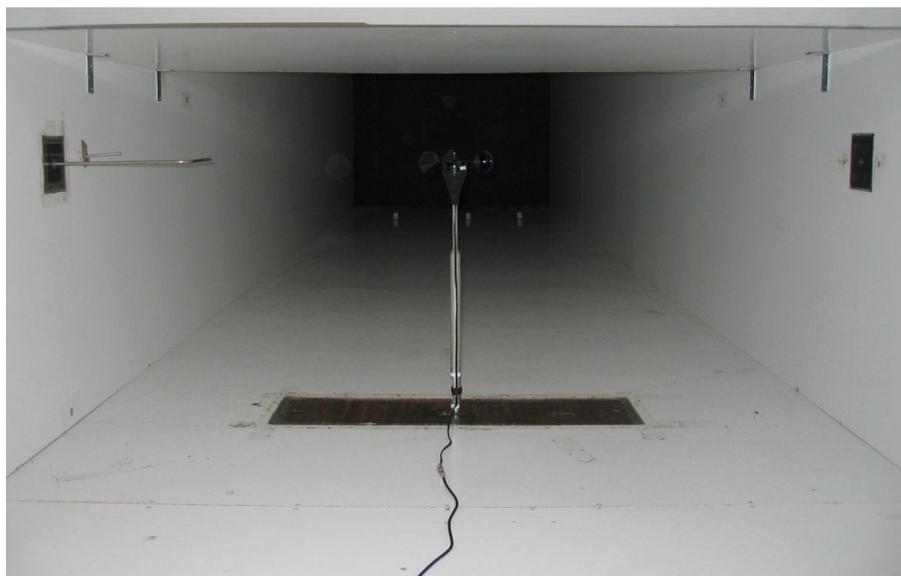


Photo of a cup anemometer in the wind tunnel. The shown anemometer is of the same type as the calibrated one.

UNCERTAINTIES

The documented uncertainty is the total combined uncertainty at 95% confidence level ($k=2$) in accordance with EA-4/02. The uncertainty at 10 m/s comply with the requirements in the MEASNET procedure that prescribes an absolute uncertainty less than 0.1 m/s at a mean wind velocity of 10 m/s, that is 1%. See Document 97.00.004 “MEASNET - Test report on the calibration campaign” for further details.

Certificate number: 12.02.1903