



COMUNE DI LUCERA

PROVINCIA DI FOGGIA



PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO

RICHIESTA DI AUTORIZZAZIONE UNICA

D.Lgs. 387/2003

PROCEDIMENTO UNICO AMBIENTALE (PUA)

Valutazione di
Impatto Ambientale (V.I.A.)
D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii. (art. 27)
"Norme in materia ambientale"

PROGETTO

LUCERIA

DITTA

AEP s.r.l.

A 12

Pagg. 28

Titolo dell'allegato:

STUDIO DELLA PRODUCIBILITA' ENERGETICA

| | | |
|---|-----------|--------------------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| 1 | EMISSIONE | 24/11/2021 DATA |
| | | |

CARATTERISTICHE GENERALI D'IMPIANTO

GENERATORE - Altezza mozzo: fino a 140 m
Diametro rotore: fino a 180 m
Potenza unitaria: fino a 6 MW

IMPIANTO - Numero generatori: 33
Potenza complessiva: fino a 198 MW

Il proponente:

AEP s.r.l.
P.zza Giovanni Paolo II, 8
71017 Torremaggiore (FG)
0882/393197
aepvento@pec.it

Il progettista:

ATS Engineering srl
P.zza Giovanni Paolo II, 8
71017 Torremaggiore (FG)
0882/393197
atseng@pec.it

Il tecnico:

Ing. Eugenio Di Gianvito
atsing@atsing.eu

Indice

| | |
|--|----|
| 1. Premessa..... | 2 |
| 2. Descrizione generale del progetto | 2 |
| 3. Potenziale eolico dell'area di progetto | 4 |
| 4. Stima della producibilità energetica | 12 |
| 5. Conclusioni..... | 18 |

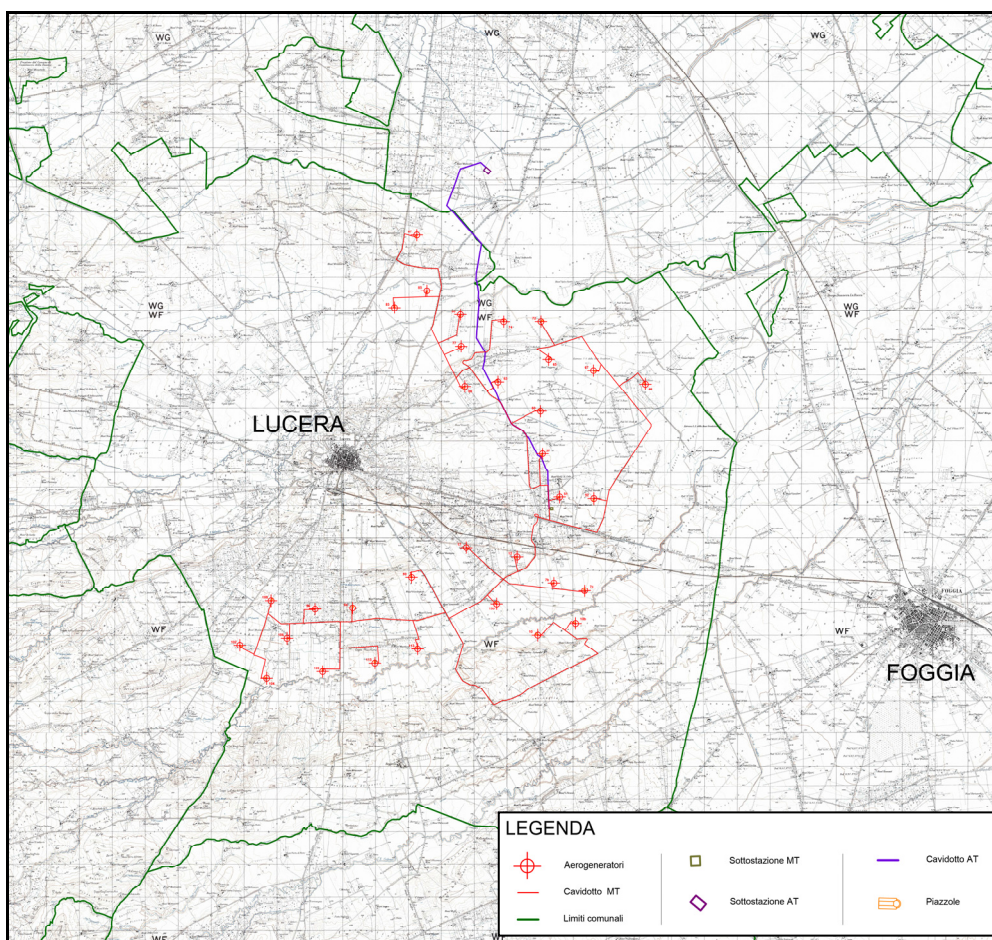
1. Premessa

La presente relazione sullo studio della producibilità energetica riporta i risultati della valutazione della risorsa eolica e i calcoli di rendimento energetico per il progetto *LUCERIA*, un impianto industriale per la produzione di energia elettrica alimentato da fonte rinnovabile eolica, proposto dalla *AEP s.r.l.*, con sede legale in Torremaggiore (FG), Piazza Giovanni Paolo II, n. 8, che ha previsto la realizzazione di un impianto eolico ubicato nel territorio comunale di *LUCERA* in provincia di *FOGGIA*.

2. Descrizione generale del progetto

La superficie territoriale totale dell'area di progetto - che prevede l'installazione di n. 33 aerogeneratori di potenza nominale attiva pari a **6 MW** per una potenza complessiva di **198 MW** - è di 16,5 ettari (165.000 mq), ossia 5000 mq per aerogeneratore, considerando in tale previsione anche le piazzole, le fondazioni, la cabina, le strade e la superficie dei cavidotti.

Il progetto, oltre all'ubicazione nell'area di n. 33 aerogeneratori, prevede anche la realizzazione di una linea interrata di collegamento alla sottostazione MT-AT da realizzare.



Inquadramento territoriale su IGM

Per una identificazione univoca di ogni singolo aerogeneratore nella tabella seguente si riportano le coordinate relative all'ubicazione georeferenziata di ognuno di essi nel sistema di riferimento *UTM33N-WGS84*.

| Numero WTG | UTM33N – WGS84 | |
|-----------------------|-----------------------|-------------|
| | Est | Nord |
| 7b | 534.358 | 4.591.416 |
| 7c | 535.301 | 4.591.174 |
| 10 | 533.865 | 4.589.815 |
| 10b | 535.021 | 4.590.175 |
| 12 | 533.235 | 4.592.230 |
| 13b | 532.608 | 4.590.771 |
| 17 | 531.679 | 4.592.518 |
| 46 | 537.156 | 4.597.527 |
| 51 | 534.535 | 4.594.060 |
| 52 | 535.580 | 4.594.012 |
| 57 | 534.009 | 4.595.403 |
| 60 | 533.948 | 4.596.707 |
| 63 | 532.648 | 4.597.595 |
| 65 | 534.198 | 4.598.284 |
| 67 | 535.570 | 4.597.944 |
| 72 | 533.963 | 4.599.451 |
| 74 | 532.824 | 4.599.448 |
| 77 | 531.522 | 4.598.683 |
| 80 | 531.501 | 4.599.673 |
| 83 | 529.483 | 4.599.892 |
| 85 | 530.475 | 4.600.406 |
| 87 | 530.167 | 4.602.106 |
| 88 | 531.636 | 4.597.461 |
| 90 | 530.006 | 4.591.595 |
| 94 | 528.205 | 4.590.646 |

| | | |
|------------|---------|-----------|
| 96 | 527.056 | 4.590.614 |
| 100 | 525.710 | 4.590.868 |
| 102 | 524.755 | 4.589.511 |
| 104 | 525.573 | 4.588.504 |
| 106 | 526.198 | 4.589.721 |
| 109 | 527.287 | 4.588.709 |
| 113 | 530.191 | 4.589.399 |
| 115 | 528.885 | 4.588.967 |

Coordinate aerogeneratori nel sistema di riferimento UTM33N-WGS84

3. Potenziale eolico dell'area di progetto

Il parco eolico *LUCERIA*, essendo costituito da n. 33 aerogeneratori - di potenza nominale attiva pari a 6 MW - per una potenza complessiva 198 MW.

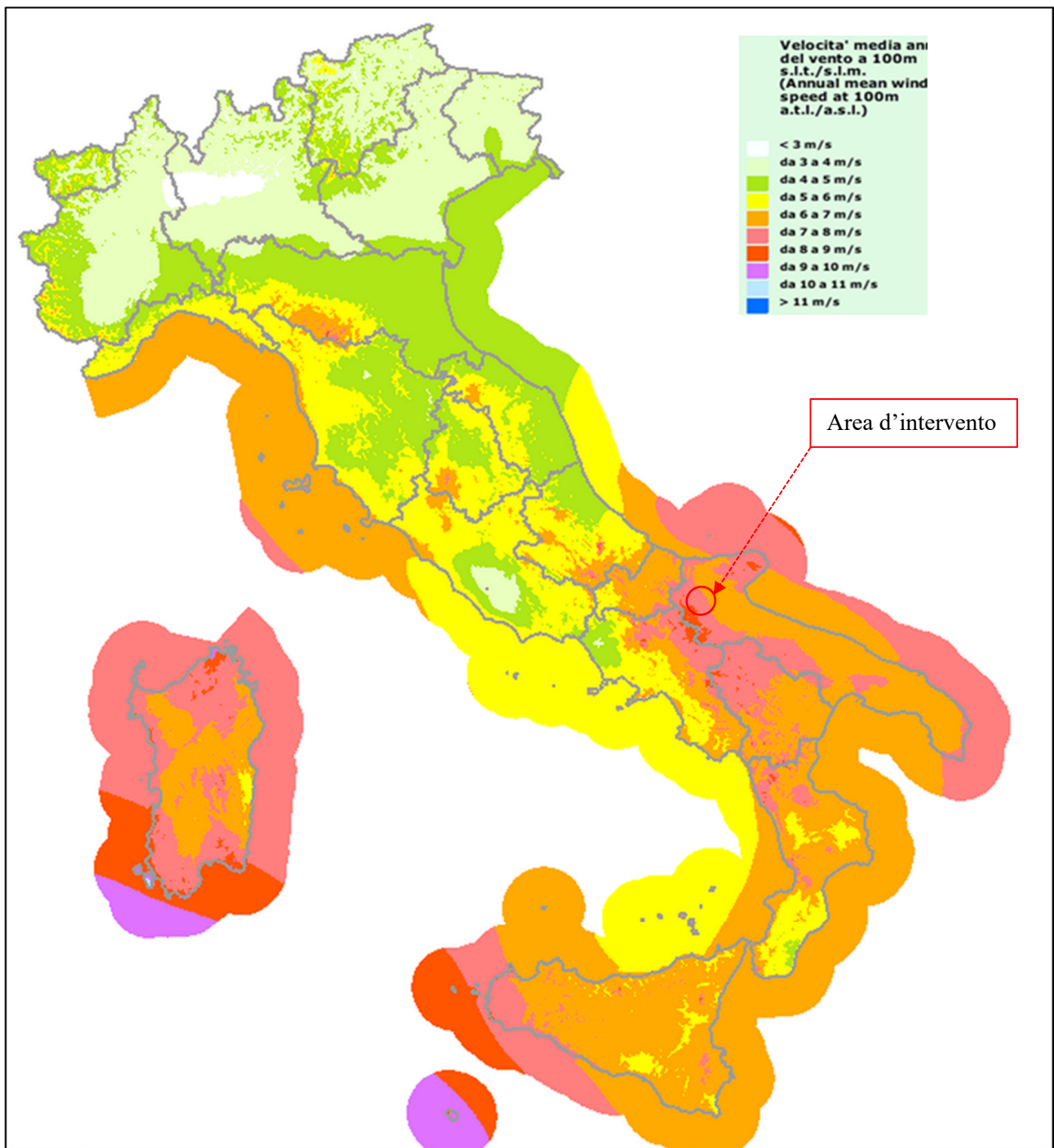
Le aree idonee agli impianti di grandi e medie dimensioni, secondo il Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (P.P.T.R.) sono:

le aree produttive pianificate;

le aree agricole di mitigazione delle zone industriali;

le aree prossime ai bacini estrattivi.

La sovrapposizione di tali aree ai bacini con un buon indice di ventosità e potenzialità eolica - individuate dall'*Atlante eolico* del Cesi e dall'*Atlante Eolico Regionale* - definisce gli ambiti ottimali per l'installazione degli impianti eolici.

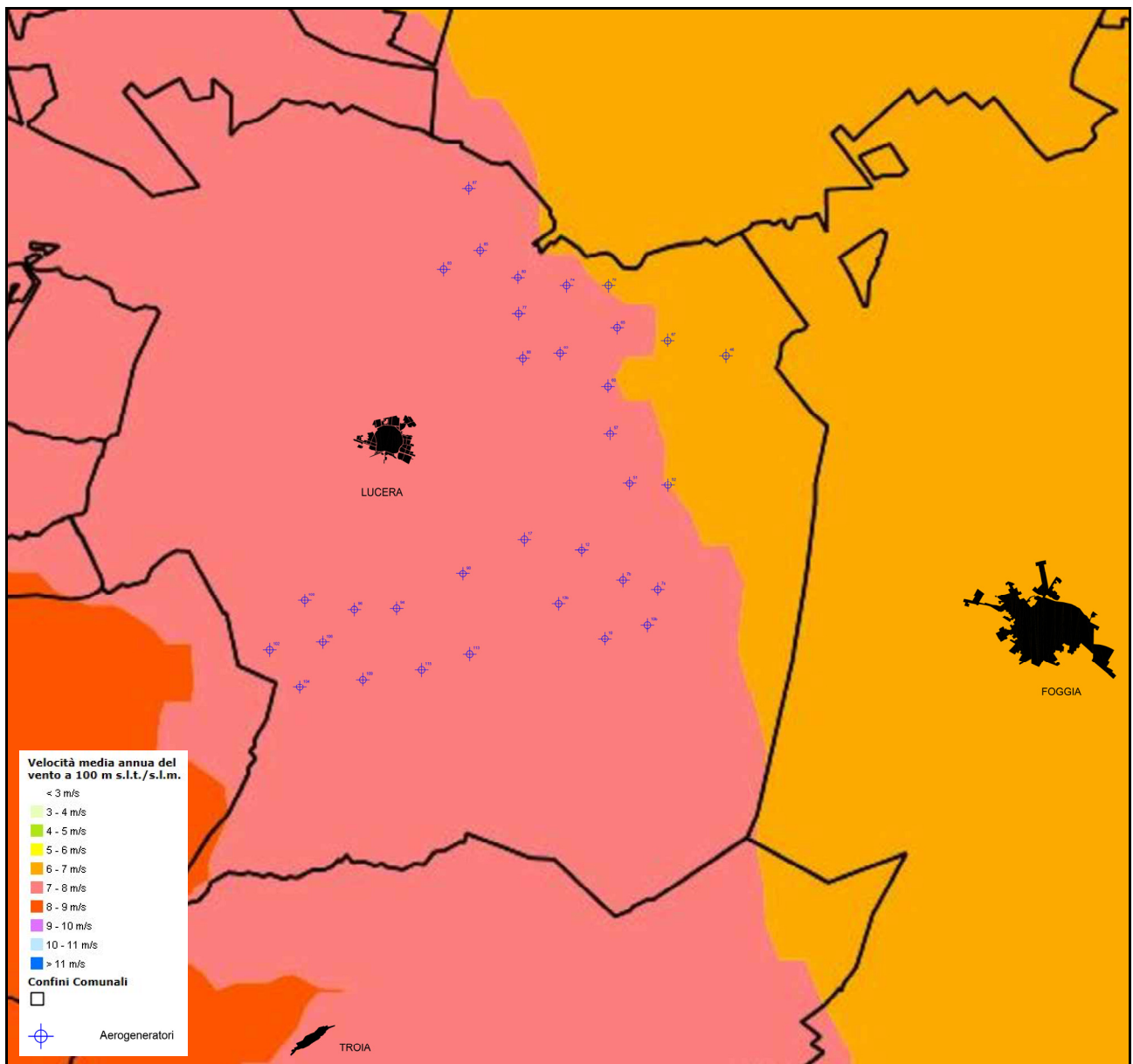


Atlante eolico interattivo italiano con velocità media a 100 m – C.E.S.I.

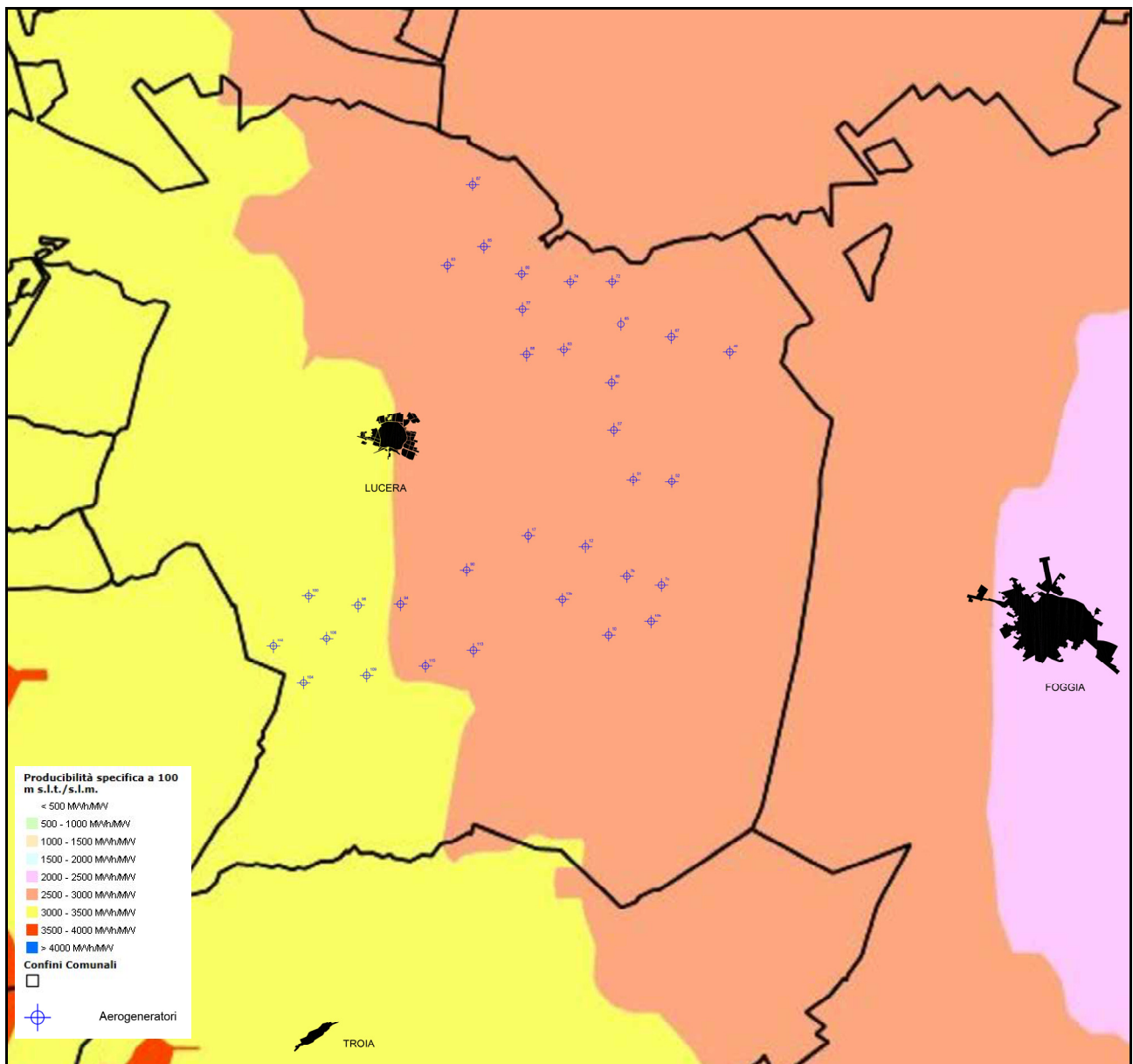
Durante gli studi preliminari e dall'interpretazione dei dati rilevati da stazioni anemologiche presenti in provincia ed in prossimità dell'area di interesse, è stata verificata la presenza di una risorsa eolica che renderebbe conveniente la realizzazione del progetto in termini di producibilità; infatti *dall'Atlante Eolico*

Italiano Interattivo del C.E.S.I. si desume che la velocità del vento, nella provincia di Foggia, sia compresa tra i 6 e 9 m/s alla quota di 100 metri, rendendo questa come una delle zone migliori in Italia in termini di producibilità energetica.

Nelle mappe seguenti si evince nel dettaglio come alla quota di 100 m s.l.t., cioè ad un'altezza prossima a quella delle turbine - altezza rotore pari a 140 m - la velocità media del vento è compresa tra i 6 e 7 m/s per gli aerogeneratori: T72, T67, T46, T52 e tra i 7 e 8 m/s per gli aerogeneratori: T87, T85, T83, T80, T74, T77, T65, T63, T88, T60, T57, T51, T17, T12, T7b, T7c, T13b, T10, T10b, T90, T100, T96, T94, T102, T106, T104, T109, T115, T113 mentre la producibilità varia nell'intervallo compreso tra le 2500 e 3000 Mwh per gli aerogeneratori: T87, T85, T83, T80, T74, T72, T77, T65, T88, T63, T67, T46, T60, T57, T51, T52, T17, T12, T90, T7b, T7c, T13b, T10b, T10, T94, T113, T115 e tra i 3000 e 3500 Mwh per gli aerogeneratori: T100, T96, T106, T102, T104, T109.



Impianto su Atlante eolico interattivo con velocità media annua del vento a 100 m s.l.m.



Impianto su Atlante eolico interattivo con producibilità specifica a 100 m s.l.m.

Quanto rilevato è stato confermato da:

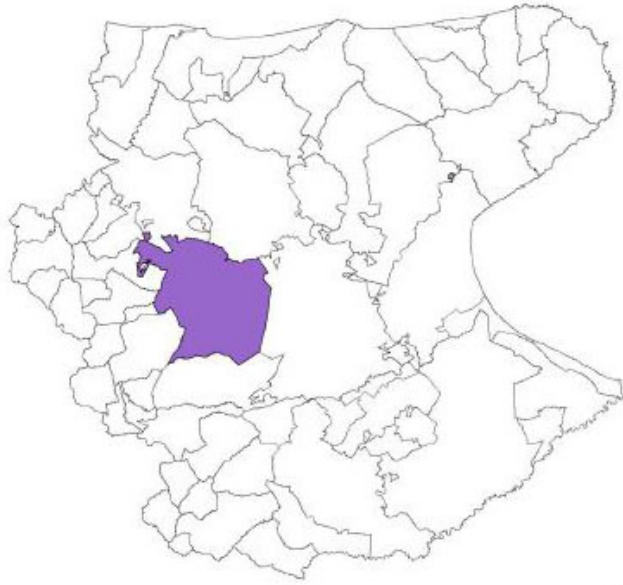
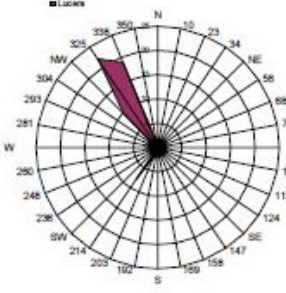
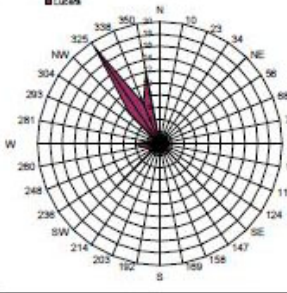
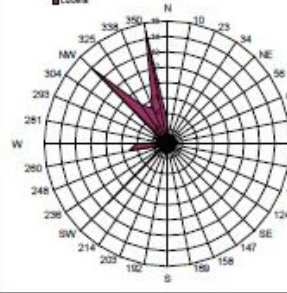
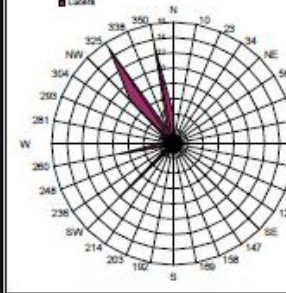
- CREA;
- l'Atlante Eolico Italiano Interattivo del C.E.S.I.;

Il CREA (Centro Ricerca Energia & Ambiente) dell'Università del Salento, in risposta alle direttive emanate dalla Regione Puglia e alla sempre crescente richiesta di installazione di impianti eolici, ha analizzato le peculiarità atte alla caratterizzazione eolica delle circoscrizioni provinciali dei comuni pugliesi, riportando per ciascuna gli elementi utili alla valutazione di idoneità eolica in relazione ai criteri tecnici richiesti dalle direttive Regionali.

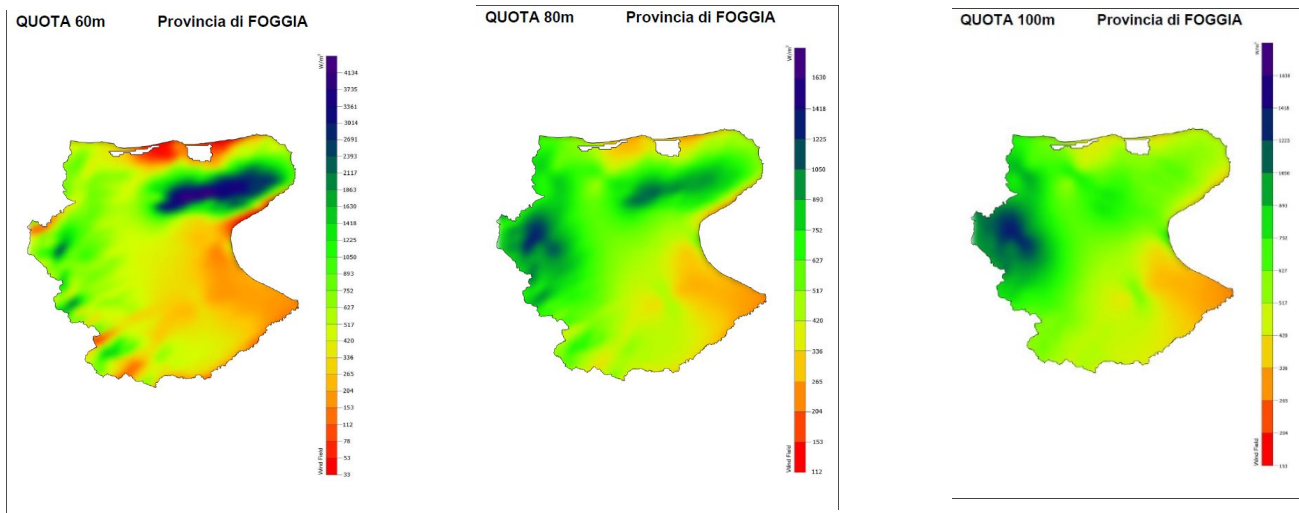
Gli studi del CREA, ricostruendo le caratteristiche meteorologiche, anemologiche e geomorfologiche del territorio regionale, hanno ottenuto informazioni su:

- Direzione prevalente del vento;
- Velocità media del vento, ponderata sulla potenza.

Per ciascuno dei 258 comuni della regione è stata realizzata una scheda riassuntiva delle caratteristiche territoriali del comune di riferimento (estensione e altitudine), oltre che dei dati di velocità del vento, deviazione standard e direzione prevalente ottenuti dall'elaborazione dei rilevamenti effettuati ogni 10 minuti per un periodo di 6 anni (dal 1 Gennaio 2000 al 31 Dicembre 2006) in corrispondenza di 4 differenti quote (35-60-80-100 m sul livello del terreno).

| | | |
|---|---|---|
| SUPERFICIE [km²] 338,65 | | <h2>LUCERA</h2> |
| ALTIMETRIA [m] 56 – 345 | | |
|  | | <i>Dati ricavati da rilevamenti effettuati ogni 10 minuti per un periodo di tempo di 6 anni: (dal 1 Gennaio 2000 al 31 Dicembre 2005)</i> |
| | | QUOTA 35 m |
| | | Velocità media [m/s] 6.49 |
| | | Deviazione standard 0.63 |
| | | Direzione prevalente [°] (occorrenza mensile) |
| | |  |
| QUOTA 60 m | QUOTA 80 m | QUOTA 100 m |
| Velocità media [m/s] 7.50 | Velocità media [m/s] 8.08 | Velocità media [m/s] 8.45 |
| Deviazione standard 0.52 | Deviazione standard 0.52 | Deviazione standard 0.50 |
| Direzione prevalente [°] (occorrenza mensile) | Direzione prevalente [°] (occorrenza mensile) | Direzione prevalente [°] (occorrenza mensile) |
|  |  |  |

Ventosità alle quote di 60,80,100 m nel comune di Lucera FG – Università degli studi di Lecce-Progetto M.E.T.A.



Alla consultazione degli atlanti delle mappature dei venti e dei dati storici raccolti dai centri di Ricerca dedicati alla caratterizzazione ed all'analisi statistica dell'evoluzione della meteorologia, al monitoraggio delle variazioni delle condizioni climatiche, alla caratterizzazione del moto dei flussi d'aria, è stata affiancata una raccolta dei dati anemometrici nella zona dell'area di progetto.

I dati anemometrici a disposizione sono stati raccolti da stazioni anemometriche caratterizzate da una altezza della torre tubolare di 101.2 m, e analizzati con il software Wind PRO al fine di stimare la velocità del vento a lungo termine e le distribuzioni di frequenza riportati di seguito. La velocità media ottenuta è di 6.42 m/s.

Gli stessi dati sono stati elaborati al fine di ottenere un *wind shear* fino ad una altezza prossima a quella del mozzo delle turbine considerate cioè 140 m; in questo caso la velocità media ottenuta è di 6,87 m/s.

Di seguito viene sinteticamente riportata la distribuzione statistica della velocità media del vento e i valori di turbolenza dedotti da tutte le stazioni anemometrica installate nella zona.

| Bin | Start | End | Sum | 0-N | 1-NNE | 2-ENE | 3-E | 4-ESE | 5-SSE | 6-S | 7-SSW | 8-WSW | 9-W | 10-WNW | 11-NNW |
|------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Mean | | | 6.268 | 6.035 | 2.339 | 2.550 | 6.743 | 5.904 | 4.242 | 4.706 | 6.294 | 7.555 | 4.391 | 6.860 | 6.955 |
| 0 | | 0.499 | 2526 | 216 | 90 | 75 | 91 | 177 | 111 | 82 | 81 | 95 | 129 | 402 | 977 |
| 1 | 0.500 | 1.499 | 7867 | 617 | 558 | 569 | 598 | 738 | 782 | 651 | 604 | 573 | 672 | 727 | 778 |
| 2 | 1.500 | 2.499 | 13395 | 979 | 580 | 576 | 952 | 1799 | 1579 | 975 | 824 | 776 | 1124 | 1459 | 1772 |
| 3 | 2.500 | 3.499 | 14557 | 1069 | 306 | 293 | 790 | 2499 | 1812 | 866 | 694 | 670 | 921 | 2045 | 2592 |
| 4 | 3.500 | 4.499 | 15914 | 1071 | 151 | 129 | 780 | 3035 | 1741 | 712 | 696 | 726 | 708 | 2516 | 3649 |
| 5 | 4.500 | 5.499 | 17309 | 1209 | 54 | 93 | 764 | 3327 | 1332 | 564 | 608 | 659 | 611 | 2903 | 5185 |
| 6 | 5.500 | 6.499 | 17951 | 1267 | 34 | 50 | 895 | 3505 | 896 | 478 | 597 | 598 | 484 | 2928 | 6219 |
| 7 | 6.500 | 7.499 | 17846 | 1315 | 16 | 32 | 984 | 3159 | 539 | 401 | 595 | 694 | 374 | 2794 | 6943 |
| 8 | 7.500 | 8.499 | 15946 | 1218 | 10 | 17 | 1069 | 2516 | 366 | 367 | 673 | 727 | 343 | 2462 | 6178 |
| 9 | 8.500 | 9.499 | 12534 | 954 | 14 | 23 | 990 | 1521 | 210 | 313 | 561 | 826 | 202 | 2208 | 4712 |
| 10 | 9.500 | 10.499 | 9650 | 694 | 11 | 13 | 737 | 926 | 144 | 204 | 519 | 849 | 175 | 2129 | 3249 |
| 11 | 10.500 | 11.499 | 6877 | 408 | 5 | 10 | 524 | 676 | 108 | 117 | 376 | 722 | 98 | 1674 | 2159 |
| 12 | 11.500 | 12.499 | 4405 | 212 | 4 | 2 | 385 | 444 | 66 | 68 | 271 | 531 | 57 | 1099 | 1266 |
| 13 | 12.500 | 13.499 | 2772 | 112 | 2 | 4 | 308 | 234 | 48 | 48 | 195 | 404 | 44 | 598 | 775 |
| 14 | 13.500 | 14.499 | 1719 | 66 | 3 | 3 | 206 | 132 | 22 | 27 | 105 | 275 | 18 | 361 | 501 |
| 15 | 14.500 | 15.499 | 1037 | 38 | 0 | 2 | 98 | 54 | 10 | 7 | 59 | 193 | 11 | 231 | 334 |
| 16 | 15.500 | 16.499 | 609 | 23 | 0 | 0 | 42 | 37 | 1 | 7 | 41 | 135 | 5 | 100 | 218 |
| 17 | 16.500 | 17.499 | 400 | 19 | 1 | 0 | 28 | 22 | 1 | 3 | 26 | 96 | 1 | 52 | 151 |
| 18 | 17.500 | 18.499 | 210 | 19 | 0 | 0 | 8 | 6 | 0 | 0 | 13 | 66 | 0 | 20 | 78 |
| 19 | 18.500 | 19.499 | 100 | 10 | 0 | 0 | 6 | 4 | 0 | 0 | 5 | 38 | 0 | 7 | 30 |
| 20 | 19.500 | 20.499 | 53 | 10 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 6 | 15 | 0 | 2 | 14 |
| 21 | 20.500 | 21.499 | 28 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 13 | 1 | 3 | 5 |
| 22 | 21.500 | 22.499 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| 23 | 22.500 | 23.499 | 9 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 23.500 | 24.499 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 24.500 | 25.499 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 25.500 | 26.499 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 26.500 | 27.499 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 27.500 | 28.499 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 28.500 | 29.499 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 29.500 | 30.499 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Distribuzione delle frequenze ad una quota di 101.2 m

| Bin | Start | End | Mean | 0-N | 1-NNE | 2-ENE | 3-E | 4-ESE | 5-SSE | 6-S | 7-SSW | 8-WSW | 9-W | 10-WNW | 11-NNW |
|------|---------|---------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|--------|--------|
| Mean | | | 0.08 | 0.10 | 0.15 | 0.12 | 0.08 | 0.07 | 0.09 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.10 | 0.06 | 0.08 |
| 0 | | 0.4999 | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0.5000 | 1.4999 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1.5000 | 2.4999 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 2.5000 | 3.4999 | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 3.5000 | 4.4999 | 0.11 | 0.14 | 0.19 | 0.15 | 0.12 | 0.10 | 0.11 | 0.15 | 0.17 | 0.16 | 0.13 | 0.08 | 0.10 |
| 5 | 4.5000 | 5.4999 | 0.10 | 0.13 | 0.16 | 0.13 | 0.11 | 0.09 | 0.10 | 0.14 | 0.15 | 0.16 | 0.11 | 0.07 | 0.09 |
| 6 | 5.5000 | 6.4999 | 0.09 | 0.11 | 0.14 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.09 | 0.12 | 0.15 | 0.15 | 0.11 | 0.06 | 0.08 |
| 7 | 6.5000 | 7.4999 | 0.08 | 0.10 | 0.12 | 0.13 | 0.07 | 0.07 | 0.09 | 0.11 | 0.13 | 0.13 | 0.10 | 0.06 | 0.07 |
| 8 | 7.5000 | 8.4999 | 0.07 | 0.09 | 0.13 | 0.09 | 0.07 | 0.07 | 0.08 | 0.10 | 0.12 | 0.12 | 0.08 | 0.05 | 0.07 |
| 9 | 8.5000 | 9.4999 | 0.07 | 0.09 | 0.11 | 0.09 | 0.06 | 0.06 | 0.08 | 0.10 | 0.11 | 0.11 | 0.08 | 0.06 | 0.07 |
| 10 | 9.5000 | 10.4999 | 0.07 | 0.09 | 0.10 | 0.08 | 0.06 | 0.06 | 0.07 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.08 | 0.06 | 0.08 |
| 11 | 10.5000 | 11.4999 | 0.08 | 0.09 | 0.10 | 0.09 | 0.06 | 0.06 | 0.07 | 0.09 | 0.09 | 0.09 | 0.07 | 0.06 | 0.08 |
| 12 | 11.5000 | 12.4999 | 0.08 | 0.09 | 0.12 | 0.15 | 0.07 | 0.05 | 0.06 | 0.08 | 0.09 | 0.09 | 0.08 | 0.06 | 0.08 |
| 13 | 12.5000 | 13.4999 | 0.08 | 0.09 | 0.08 | 0.08 | 0.07 | 0.06 | 0.05 | 0.08 | 0.08 | 0.09 | 0.07 | 0.07 | 0.09 |
| 14 | 13.5000 | 14.4999 | 0.08 | 0.09 | 0.08 | 0.09 | 0.07 | 0.06 | 0.05 | 0.09 | 0.09 | 0.09 | 0.08 | 0.08 | 0.09 |
| 15 | 14.5000 | 15.4999 | 0.08 | 0.09 | | 0.08 | 0.07 | 0.07 | 0.05 | 0.08 | 0.09 | 0.09 | 0.08 | 0.08 | 0.09 |
| 16 | 15.5000 | 16.4999 | 0.09 | 0.09 | | | 0.08 | 0.08 | 0.06 | 0.05 | 0.10 | 0.09 | 0.12 | 0.08 | 0.09 |
| 17 | 16.5000 | 17.4999 | 0.09 | 0.09 | 0.08 | | 0.07 | 0.08 | 0.08 | 0.07 | 0.09 | 0.09 | 0.12 | 0.09 | 0.09 |
| 18 | 17.5000 | 18.4999 | 0.08 | 0.09 | | | 0.08 | 0.08 | | | 0.08 | 0.07 | | 0.10 | 0.08 |
| 19 | 18.5000 | 19.4999 | 0.08 | 0.09 | | | 0.06 | 0.06 | | | 0.09 | 0.08 | | 0.10 | 0.08 |
| 20 | 19.5000 | 20.4999 | 0.08 | 0.09 | | | 0.08 | 0.00 | | | 0.09 | 0.09 | | 0.12 | 0.07 |
| 21 | 20.5000 | 21.4999 | 0.08 | 0.10 | | | | | | | 0.07 | 0.08 | 0.09 | 0.12 | 0.08 |
| 22 | 21.5000 | 22.4999 | 0.09 | | | | | | | | 0.10 | 0.05 | | 0.17 | 0.07 |
| 23 | 22.5000 | 23.4999 | 0.04 | | | | 0.00 | 0.00 | | | 0.08 | 0.05 | | | |
| 24 | 23.5000 | 24.4999 | 0.07 | | | | | | | | 0.07 | | | | |
| 25 | 24.5000 | 25.4999 | 0.32 | | | | 0.32 | | | | | | | | |
| 26 | 25.5000 | 26.4999 | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | 26.5000 | 27.4999 | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | 27.5000 | 28.4999 | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | 28.5000 | 29.4999 | 0.01 | | | | 0.00 | 0.01 | | | | | | | |
| 30 | 29.5000 | 30.4999 | | | | | | | | | | | | | |

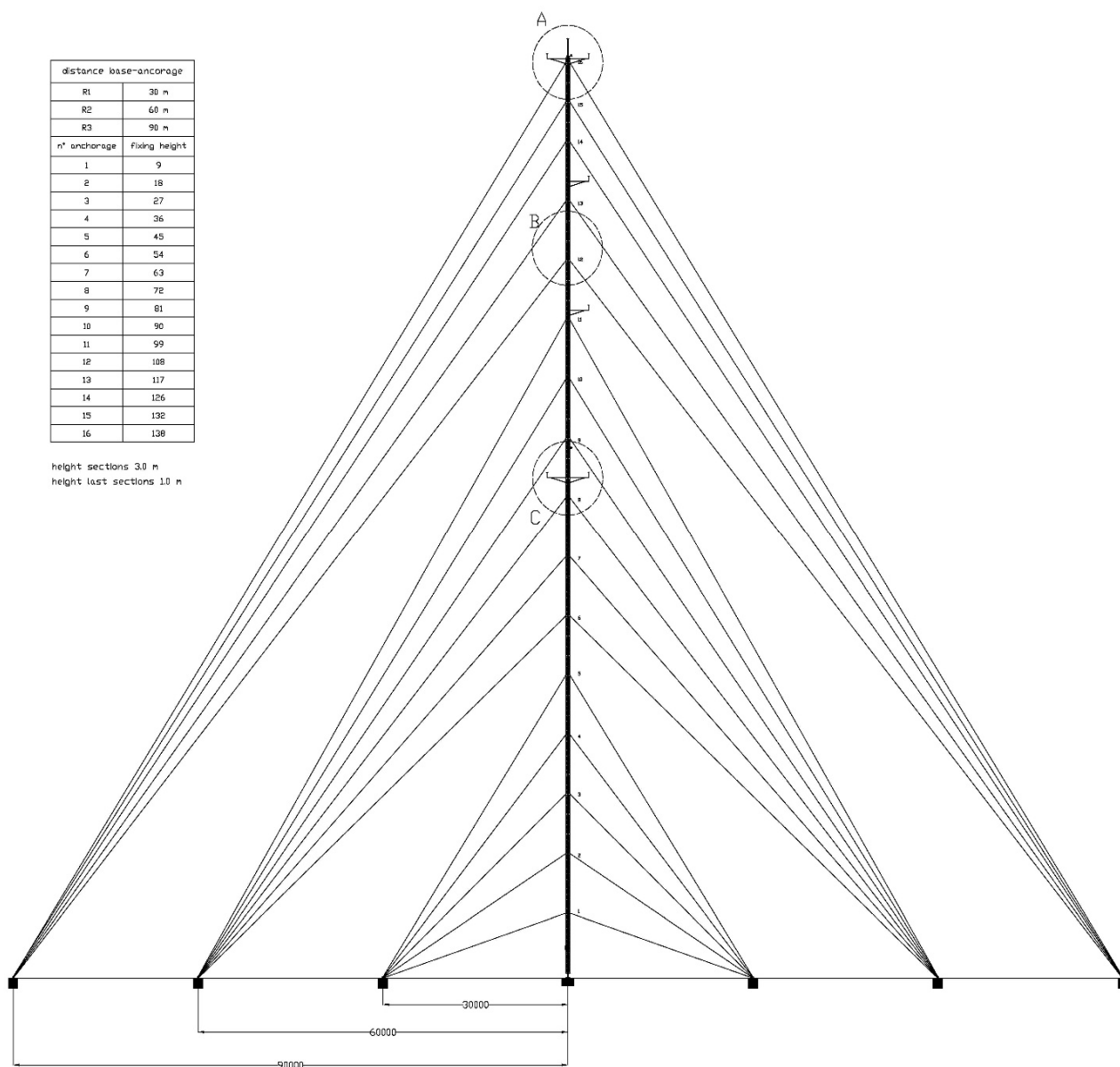
Valori della turbolenza ad una quota di 101.2 m

Gli stessi dati sono confermati da una seconda torre anemometrica posta nel punto:

(41°31'59.39"N; 15°26'53.99"E)

La strumentazione anemometrica installata consente di registrare le seguenti grandezze:

- Velocità medie del vento (valore mediato ogni 10 min) a 75, 100, 120, 137 e 139 m dal suolo;
- Direzioni medie del vento (valore mediato ogni 10 min) alle altezze di 75 e 139 m dal suolo;



Torre anemometrica

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

La turbolenza è un parametro che fornisce un'informazione importante sulle caratteristiche fluidodinamiche della risorsa eolica in quanto restituisce la variabilità relativa della velocità istantanea del vento rispetto al suo valor medio nell'intervallo considerato.

Ad esempio, un valore di turbolenza (TI) superiore a 0,18 (o equivalentemente 18%), indica un fenomeno ventoso piuttosto disturbato che potrebbe sollecitare eccessivamente le macchine per la produzione di energia eolica ed inficiarne la produttività. In generale la turbolenza diminuisce man mano che ci si allontana dalla crosta terrestre in quanto sono gli ostacoli e l'orografia ad alterare i profili fluidodinamici.

4. Stima della producibilità energetica

Per la determinazione della producibilità dell'impianto è necessario disporre del diagramma di potenza (Curva di potenza) caratterizzante gli aerogeneratori considerati, le cui caratteristiche sono definite nell'allegato *Caratteristiche macchina tipo*, che fornisce il valore di potenza estraibile in relazione ai differenti valori assunti dalla velocità del vento e la distribuzione della probabilità di velocità (densità di probabilità di Weibull).

La valutazione della produzione annua di energia mediante un aerogeneratore può essere effettuata molto semplicemente conoscendo la distribuzione di frequenza della velocità del vento, valutata all'altezza media del rotore, e la curva di potenza della macchina. Infatti, per ciascuna classe di velocità, il prodotto della potenza prodotta dalla turbina eolica per il corrispondente numero di ore/annue di persistenza di tale velocità del vento fornisce direttamente la produzione netta di energia. La somma delle produzioni energetiche relative a tutte le classi di velocità del vento è pari alla produzione energetica annua totale:

$$E_{E,N} = \sum_{i=1}^N n_i \cdot P_i$$

Un fattore molto rilevante per la valutazione della produzione di energia e della redditività dell'iniziativa è il cosiddetto "rendimento di schiera" del parco eolico. Infatti, per effetto del disturbo aerodinamico creato da ciascuna macchina sulle altre, la produzione di energia di una turbina inserita in un gruppo di macchine è minore della produzione energetica della stessa macchina installata in posizione isolata.

L'andamento della distribuzione di Weibull rappresenta in ordinate la probabilità in termini percentuali che il vento durante l'anno abbia una certa velocità; infatti l'area sottesa dalla curva è sempre uguale a uno.

La sua forma varia da luogo a luogo, dipendendo soprattutto dalle condizioni climatiche, dall'orografia e dal tipo di superficie ed è data dalla seguente formula:

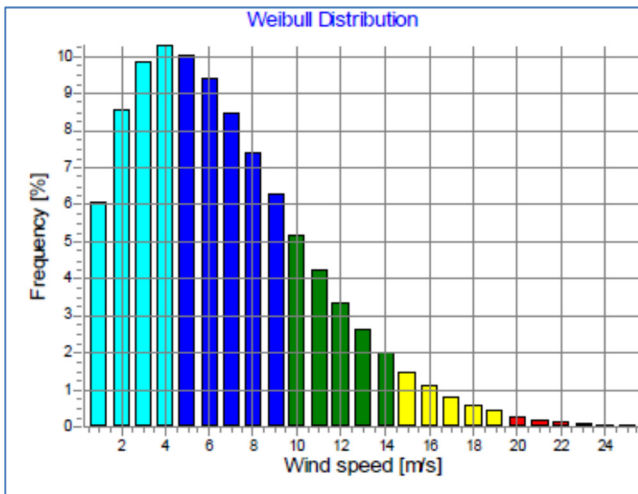
$$F(v) = \exp[-(v/A)^K]$$

Dove:

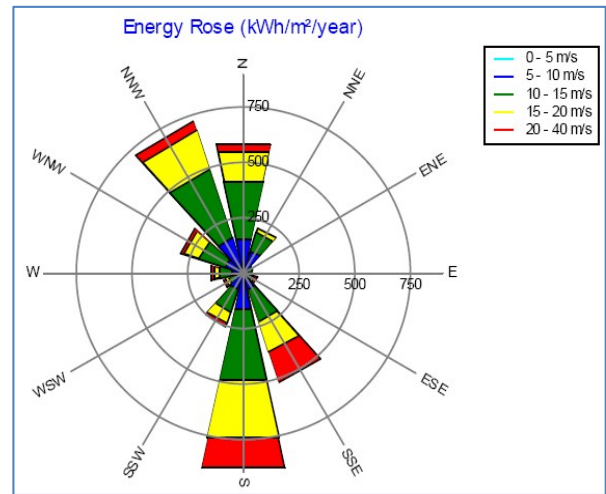
- $F(v)$ è l'intervallo di tempo per il quale la velocità media supera il valore v ;
- K il parametro di forma, adimensionale, legato all'orografia del sito ed alle caratteristiche di ventosità proprie dell'area;
- A , parametro di scala (m/s), strettamente legato alla velocità media del vento.

Nota la distribuzione di Weibull del sito, l'andamento del fattore di potenza e la curva di potenza dell'aerogeneratore che si vuole installare, è possibile determinare il numero di ore/anno in cui la macchina è in grado di funzionare e la quantità di energia elettrica prodotta.

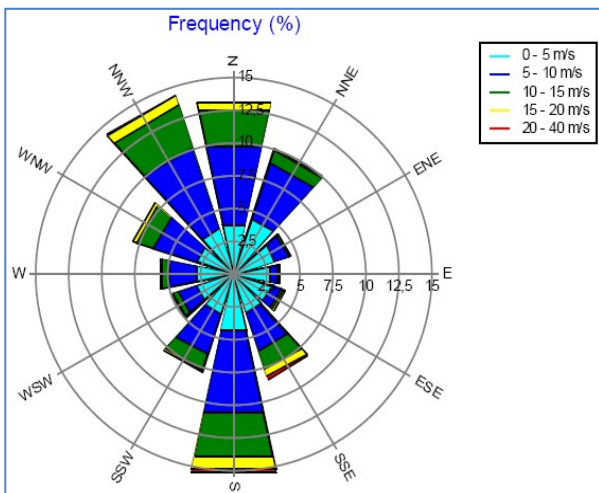
in grado di funzionare e la quantità di energia elettrica prodotta.



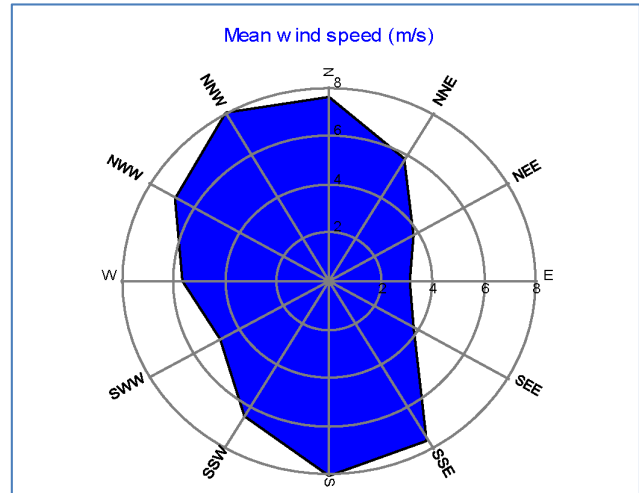
Distribuzione di Weibull



Energia del vento nel centro del sito



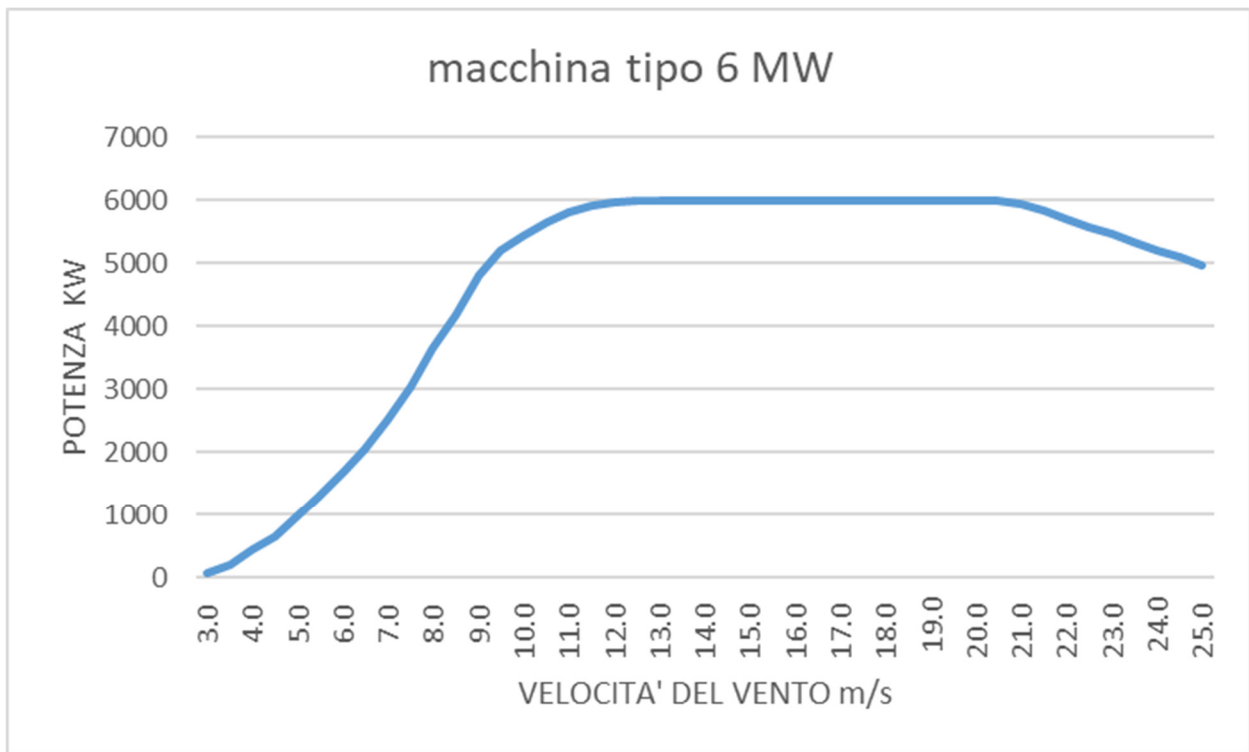
Frequenza del vento nel centro del sito



Direzione dei venti

Dai dati si evince come alla quota di 100 metri sul livello del suolo, ad una altezza prossima a quella del mozzo degli aerogeneratori considerati pari a 140 m, la **velocità media** è pari a circa **7 m/s** la direzione del vento sia in prevalenza da N, NNW e S.

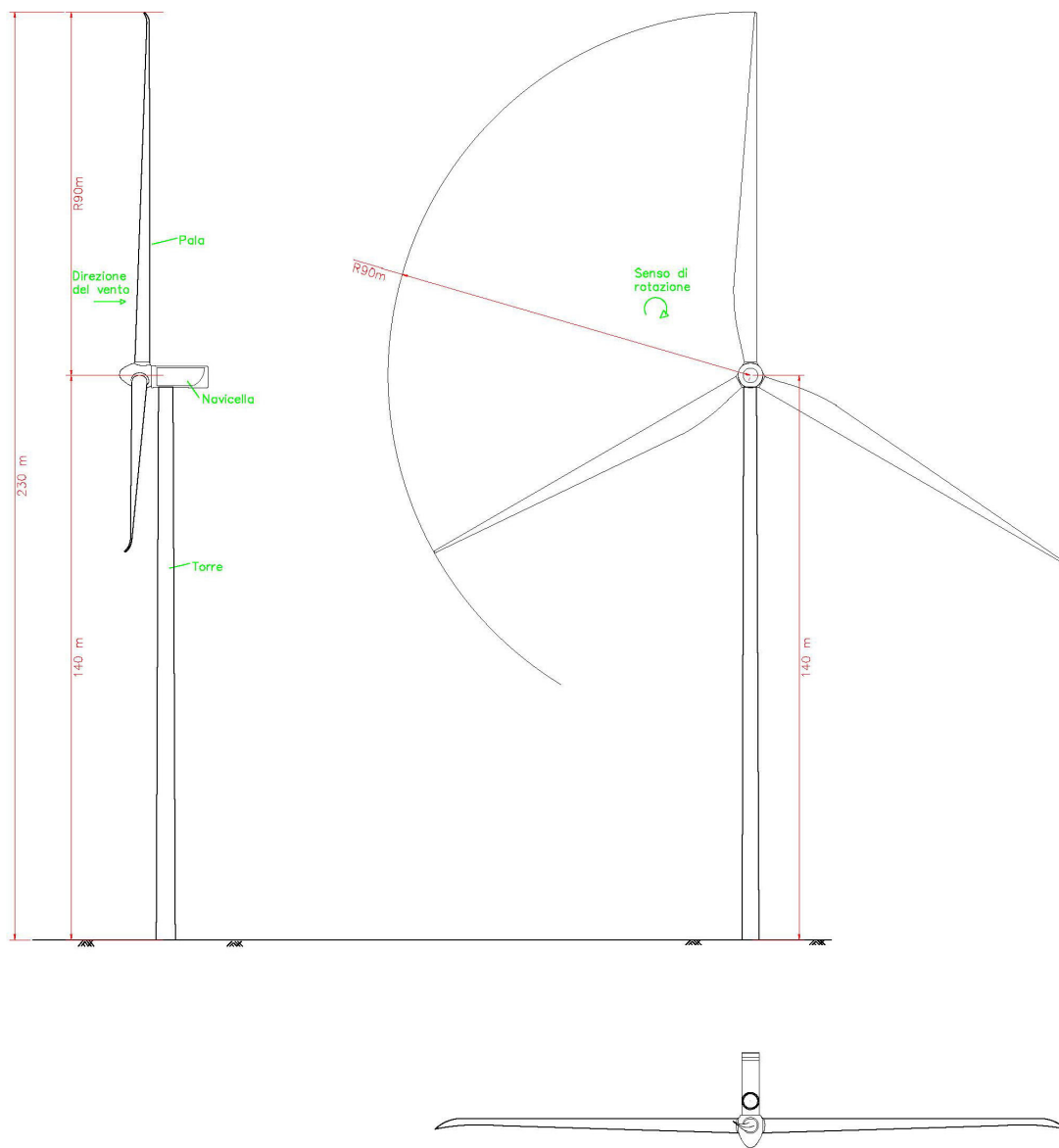
Le producibilità in MWh/anno stimate tengono conto delle perdite dovute alla scia degli aerogeneratori, già considerate nelle curve di potenza.



Curva di potenza aerogeneratore tipo

| VELOCITA' DEL VENTO (m/s) | POTENZA (KW) |
|---------------------------|--------------|
| 3.0 | 59 |
| 3.5 | 208 |
| 4.0 | 458 |
| 4.5 | 652 |
| 5.0 | 958 |
| 5.5 | 1300 |
| 6.0 | 1676 |
| 6.5 | 2040 |
| 7.0 | 2520 |
| 7.5 | 3048 |
| 8.0 | 3641 |
| 8.5 | 4178 |
| 9.0 | 4807 |
| 9.5 | 5206 |
| 10.0 | 5454 |
| 10.5 | 5652 |
| 11.0 | 5812 |
| 11.5 | 5917 |
| 12.0 | 5961 |
| 12.5 | 5995 |
| 13.0 | 5996 |
| 13.5 | 5997 |
| 14.0 | 5998 |
| 14.5 | 5999 |
| 15.0 | 6000 |
| 15.5 | 6000 |
| 16.0 | 6000 |
| 16.5 | 6000 |
| 17.0 | 6000 |
| 17.5 | 6000 |
| 18.0 | 6000 |
| 18.5 | 6000 |
| 19.0 | 6000 |
| 19.5 | 6000 |
| 20.0 | 6000 |
| 20.5 | 6000 |
| 21.0 | 5956 |
| 21.5 | 5832 |
| 22.0 | 5708 |
| 22.5 | 5584 |
| 23.0 | 5460 |
| 23.5 | 5336 |
| 24.0 | 5212 |
| 24.5 | 5088 |
| 25.0 | 4964 |

Tabella curva di potenza aerogeneratore tipo



Aerogeneratore tipo: pianta, prospetto frontale e prospetto laterale

CARATTERISTICHE:

Altezza mozzo: fino a 140 m.

Diametro rotore: fino a 180 m.

Potenza massima unitaria: fino a 6 MW

| Tipo Aerogeneratore | Potenza nominale (kW) | Producibilità aerogeneratore (KWh/anno) | Capacity factor |
|----------------------------|------------------------------|--|------------------------|
| E126 7,580 MW | 7.580 | 7.884.000,00 | 0,12 |
| SG 6.0-170 | 6.000 | 15.592.800,00 | 0,30 |
| VESTAS V164-8MW | 8.000 | 15.330.000,00 | 0,22 |
| Aerogeneratore tipo | 6.000 | 22.075.200,00 | 0,42 |

Producibilità dell'impianto per ogni singolo aerogeneratore

Ai fini della valutazione della fattibilità dell'impianto, c'è da evidenziare che i valori sopra riportati tengono conto dei parametri di incertezza legati a:

- Stima della ventosità;
- Variabilità della velocità media in relazione al periodo di deduzione della stessa;
- Estrapolazione della velocità all'altezza del mozzo;
- Accuratezza del modello di calcolo;
- Perdita elettrica;
- Perdite di scia;
- Disponibilità aerogeneratori;
- Disponibilità sottostazione;
- Disponibilità rete;
- Degradazione superficie pale. Quantificabili in un'incertezza totale pari a circa il 21%.

5. Conclusioni

L'utilizzo dell'energia eolica in Puglia appare strategico, grazie alle favorevoli condizioni anemometriche in specifiche aree della regione. Le turbine prese in considerazione sono in grado di garantire una producibilità energetica superiore a 22.000 MWh di energia all'anno per aerogeneratore di progetto, rendendo valida la realizzazione del parco eolico da un punto di vista tecnico-economico.



CERTIFICATO

Certificato n. 8417

SMEA S.r.l.

Sede legale: Via A. Guariglia, 12 – 84127 Salerno (SA) Sede operativa: Via Camporeale, 6 - 83031 Ariano Irpino (AV)

QS Zürich AG certifica con il presente che il Sistema di Gestione dell'impresa succitata è stato valutato e soddisfa i requisiti definiti nelle norme riportate di seguito:

UNI EN ISO 9001: 2008
UNI EN ISO 14001: 2004
OHSAS 18001: 2007

Il Sistema di Gestione comprende:

FORNITURA, INSTALLAZIONE, DISINSTALLAZIONE E MANUTENZIONE DI TORRI ANEMOMETRICHE TUBOLARI E TRALICCIATE ON SHORE ED OFF SHORE. ELABORAZIONE ED ANALISI DATI DI VENTO. PROGETTAZIONE, REALIZZAZIONE, INSTALLAZIONE E MANUTENZIONE DI IMPIANTI EOLICI E SOLARI. TRADING TITOLI MERCATI ENERGETICI. ESCO.

Settore EA 28, 34, 35

Nel corso della validità del presente certificato il Sistema di Gestione dell'impresa deve permanentemente soddisfare i requisiti delle norme internazionali e tale adempimento sarà regolarmente controllato da QS Zürich AG.

Per informazioni puntuali ed aggiornate circa eventuali variazioni intervenute nello stato della certificazione di cui al presente certificato, si prega di contattare administrator@qsitalia.com



Data del' audit: 25.07.2012

Emissione: 02.08.2012

Data scadenza certificazione: 24.07.2015

QS Zürich AG
P.O. Box 6335
CH-8050 Zürich
qs-zuerich@quality-service.ch



SCESm 047
www.sas.ch

Direction

Svend Ole Hansen ApS

SCT JØRGENSEN ALLÉ 7 · DK-1615 KØBENHAVN V · DENMARK
 TEL: (+45) 33 25 38 38 · FAX: (+45) 33 25 38 39 · WWW.SOHANSEN.DK



WIND
 ENGINEERING
 FLUID
 DYNAMICS

CERTIFICATE FOR CALIBRATION OF CUP ANEMOMETER

Certificate number: 13.02.4101

Date of issue: Jun 10, 2013

Type: NRG #40

Serial number: 179500068797

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

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

Anemometer received: Jun 1, 2013

Anemometer calibrated: Jun 9, 2013

Calibrated by: jth

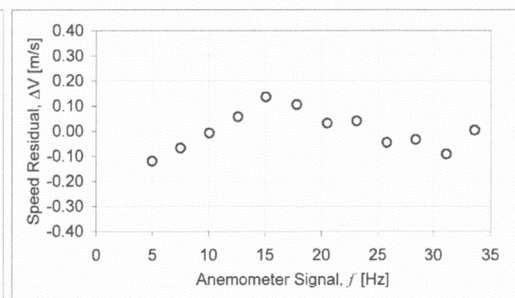
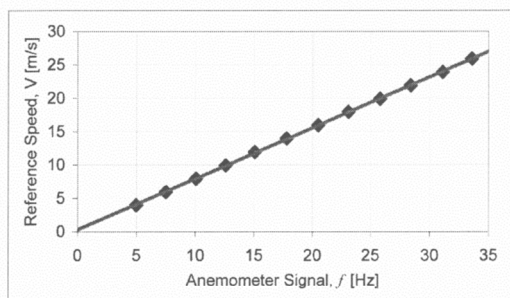
Calibration procedure: IEC 61400-12-1, MEASNET

Certificate prepared by: jsa

Approved by: Calibration engineer, aht

Calibration equation obtained: $v [m/s] = 0.761 f[Hz] + 0.31$

| Reference Speed [m/s] | Anemometer Output [Hz] | Residual [m/s] | Ref. Speed Uncertainty |
|-----------------------|------------------------|----------------|------------------------|
| 3.987 | 4.988 | -0.120 | 0.546% |
| 7.959 | 10.058 | -0.009 | 0.486% |
| 11.923 | 15.076 | 0.135 | 0.472% |
| 15.955 | 20.510 | 0.031 | 0.475% |
| 19.917 | 25.816 | -0.046 | 0.469% |
| 23.917 | 31.132 | -0.092 | 0.476% |
| 25.889 | 33.597 | 0.002 | 0.473% |
| 21.899 | 28.404 | -0.034 | 0.466% |
| 17.939 | 23.105 | 0.039 | 0.475% |
| 13.959 | 17.790 | 0.105 | 0.472% |
| 9.950 | 12.589 | 0.057 | 0.476% |
| 5.960 | 7.510 | -0.068 | 0.547% |



DANAK
 CAL Reg.nr. 452
 Accreditation to ISO 17025



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.

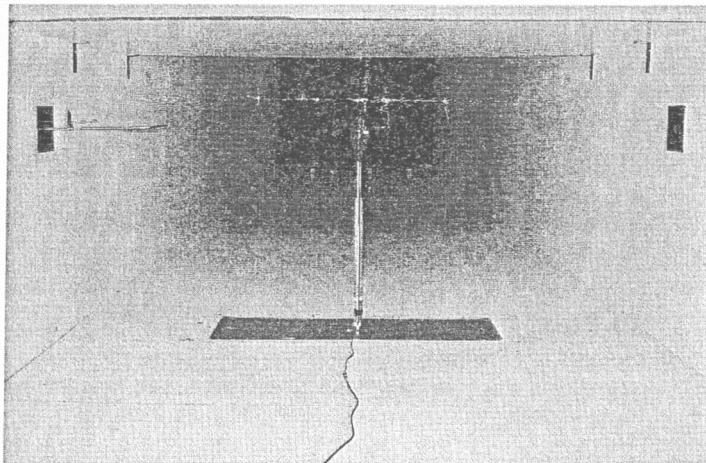


Photo of a cup anemometer in the wind tunnel. The shown anemometer is of the same type as the calibrated one.

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.

Svend Ole Hansen ApS

SCT JØRGENS ALLÉ 7 · DK-1615 KØBENHAVN V · DENMARK
 TEL: (+45) 33 25 38 38 · FAX: (+45) 33 25 38 39 · WWW.SOHANSEN.DK



WIND
 ENGINEERING
 FLUID
 DYNAMICS

CERTIFICATE FOR CALIBRATION OF CUP ANEMOMETER

Certificate number: 13.02.3990

Date of issue: Apr 20, 2013

Type: NRG #40

Serial number: 179500068954

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

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

Anemometer received: Apr 3, 2013

Anemometer calibrated: Apr 19, 2013

Calibrated by: jth

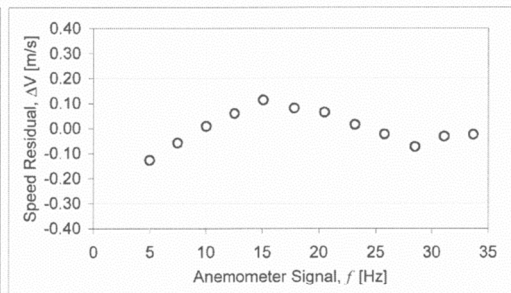
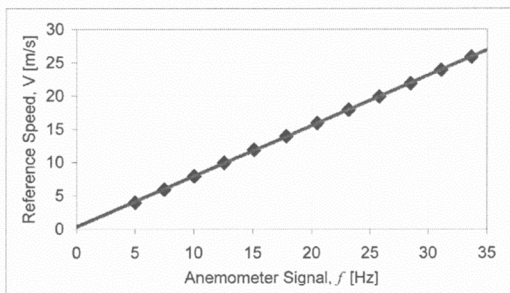
Calibration procedure: IEC 61400-12-1, MEASNET

Certificate prepared by: jsa

Approved by: Calibration engineer, aht

Calibration equation obtained: $v [m/s] = 0.76 f [Hz] + 0.32$

| Reference Speed [m/s] | Anemometer Output [Hz] | Residual [m/s] | Ref. Speed Uncertainty |
|-----------------------|------------------------|----------------|------------------------|
| 3.980 | 4.989 | -0.128 | 0.605% |
| 7.955 | 10.043 | 0.008 | 0.520% |
| 11.901 | 15.100 | 0.113 | 0.487% |
| 15.938 | 20.479 | 0.064 | 0.481% |
| 19.888 | 25.795 | -0.023 | 0.486% |
| 23.899 | 31.088 | -0.033 | 0.483% |
| 25.872 | 33.674 | -0.025 | 0.472% |
| 21.892 | 28.500 | -0.074 | 0.487% |
| 17.930 | 23.166 | 0.015 | 0.481% |
| 13.934 | 17.819 | 0.081 | 0.485% |
| 9.926 | 12.570 | 0.060 | 0.488% |
| 5.954 | 7.496 | -0.058 | 0.514% |



DANAK
 CAL Reg.nr. 452
 Accreditation to ISO 17025



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.

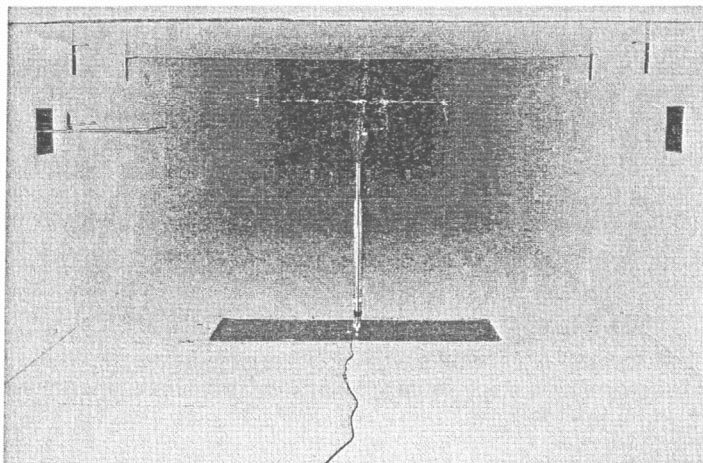


Photo of a cup anemometer in the wind tunnel. The shown anemometer is of the same type as the calibrated one.

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.



NRG #40C Anemometer, Calibrated, With Boot

The industry standard anemometer used worldwide. Constructed of rugged Lexan cups molded in one piece for repeatable performance. Includes calibration certificate.

SPECIFICATIONS

| | |
|---|--|
| Sensor type | Description 3-cup anemometer |
| Applications | <ul style="list-style-type: none"> • wind resource assessment • meteorological studies • environmental monitoring |
| Sensor range | 1 m/s to 96 m/s (2.2 mph to 215 mph) (highest recorded) |
| Instrument compatibility | all NRG loggers |
| Signal type | Output signal low level AC sine wave, frequency linearly proportional to wind speed |
| Anemometer Transfer Function | <ul style="list-style-type: none"> • Consensus Transfer Function: Scale Factor (Slope): 0.765 m/s/Hz (1.711 mph/Hz) Offset: 0.35 m/s (0.78 mph) • refer to the white paper "The Maximum Type 40 Anemometer Calibration Project" for more information on the consensus transfer function |
| Output voltage at threshold | 80 mV (peak-to-peak) minimum |
| Output voltage at 60Hz | <ul style="list-style-type: none"> • 12 V (peak-to-peak) typical • output amplitude NOT proportional to wind speed |
| Calibration | each anemometer individually calibrated, calibration reports provided via electronic download |
| Output signal range | 0 Hz to 125 Hz (highest recorded) |
| Uncertainty | Accuwind (Riso-R-1556) Classification: <ul style="list-style-type: none"> • Class 2.4A • Class 7.7B IEC 61400-12-1 operational standard uncertainty: <ul style="list-style-type: none"> • ± 0.14 m/s at 10 m/s for Class A • ± 0.45 m/s at 10 m/s for Class B • refer to calibration sheet for information on calibration uncertainty • refer to application note "#40C Anemometer Uncertainty" for definitions and more information |
| Distance constant (63% recovery) | Response characteristics <ul style="list-style-type: none"> • 2.55 m (8.37 feet) at 5m/s per ASTM D 5096-02 • 2.56 m (8.40 feet) at 10m/s per ASTM D 5096-02 |
| Moment of inertia | <ul style="list-style-type: none"> • 1.01×10^{-4} kg-m² • 74.5×10^{-6} S-ft² |
| Swept diameter of rotor | 190 mm (7.5 inches) |
| Mounting | Installation onto a 13 mm (0.5 inch) diameter mast with cotter pin and set screw |
| Tools required | 0.25 inch nut driver, petroleum jelly, electrical tape |
| Operating temperature range | Environmental -55 °C to 60 °C (-67 °F to 140 °F) |
| Operating humidity range | 0 to 100% RH |
| Connections | Physical 4-40 brass hex nut/post terminals |
| Weight | 0.14 kg (0.3 pounds) |
| Dimensions | <ul style="list-style-type: none"> • 3 cups of conical cross-section, 51 mm (2 inches) dia. • 81 mm (3.2 inches) overall assembly height |

Materials

| | <u>materials</u> |
|------------------|--|
| Cups | one piece injection-molded black polycarbonate |
| Body | housing is black ABS plastic |
| Shaft | beryllium copper, fully hardened |
| Bearing | modified Teflon, self-lubricating |
| Magnet | Indox 1, 25 mm (1 inch) diameter, 13 mm (0.5 inch) long, 4 poles |
| Coil | single coil, bobbin wound, 4100 turns of #40 wire, shielded for ESD protection |
| Boot | protective PVC sensor terminal boot included |
| Terminals | brass |

110 Riggs Road - Hinesburg - VT 05461 USA - TEL (802) 482-2255 - FAX (802) 482-2272 - EMAIL sales@nrgsystems.com



NRG #200P Wind Direction Vane, 10K, With Boot

The industry standard wind direction vane used worldwide. Thermoplastic and stainless steel components resist corrosion and contribute to a high strength-to-weight ratio.

SPECIFICATIONS

| | |
|------------------------------------|--|
| | Description |
| Sensor type | continuous rotation potentiometric wind direction vane |
| Applications | <ul style="list-style-type: none">• wind resource assessment• meteorological studies• environmental monitoring |
| Sensor range | 360° mechanical, continuous rotation |
| Instrument compatibility | all NRG loggers |
| | Output signal |
| Signal type | Analog DC voltage from conductive plastic potentiometer, 10K ohms |
| Transfer function | Output signal is a ratiometric voltage |
| Accuracy | potentiometer linearity within 1% |
| Dead band | 8° Maximum, 4° Typical |
| Output signal range | 0 V to excitation voltage (excluding deadband) |
| | Response characteristics |
| Threshold | 1 m/s (2.2 miles per hour) |
| | Power requirements |
| Supply voltage | Regulated potentiometer excitation of 1 V to 15 V DC |
| | Installation |
| Mounting | onto a 13 mm (0.5 inch) diameter mast with cotter pin and set screw |
| Tools required | 0.25 inch nut driver, petroleum jelly, electrical tape |
| | Environmental |
| Operating temperature range | -55 °C to 60 °C (-67 °F to 140 °F) |
| Operating humidity range | 0 to 100% RH |
| Lifespan | 50 million revolutions (2 to 6 years normal operation) |
| | Physical |
| Connections | 4-40 brass hex nut/post terminals |
| Weight | 0.14 kg (0.3 pounds) |
| Dimensions | <ul style="list-style-type: none">• 21 cm (8.3 inches) length x 12 cm (4.3 inches) height• 27 cm (10.5 inches) swept diameter |
| | Materials |
| Wing | black UV stabilized injection molded plastic |
| Body | black UV stabilized static-dissipating plastic |
| Shaft | stainless steel |
| Bearing | stainless steel |
| Boot | protective PVC sensor terminal boot included |
| Terminals | brass |



NRG #110S Temperature Sensor with Radiation Shield

Durable integrated circuit temperature sensor provides a high level voltage output signal. Ideal for collecting temperature data for energy density calculations and monitoring air temperature at remote sites.

SPECIFICATIONS

Sensor type

Description

integrated circuit temperature sensor with six plate radiation shield

Applications

- wind resource assessment
- meteorological studies
- environmental monitoring

Sensor range

-40 °C to 52.5 °C (-40 °F to 126.5 °F)

Instrument compatibility

all NRG loggers

Signal type

Output signal

linear analog voltage

Transfer function

Temp = (Voltage x 55.55) - 86.38 °C
[Temp = (Voltage x 100) - 123.5 °F]

Accuracy

- offset is +/- 0.8 °C (1.4 °F) maximum
- nonlinearity is +/- 0.33 °C (+/- 0.6 °F) maximum
- total error +/- 1.1 °C (2 °F) maximum

Electrical time constant

250 µs

Output signal range

0 V to 2.5 V DC

Thermal time constant

Response characteristics

10 minutes

Supply voltage

Power requirements

4 V to 35 V DC

Supply current

300 µA max. (no load on output)

Mounting

Installation

attaches to tower with included hose clamps

Tools required

- 8mm (5/16 inch) nut driver or flat blade (-) screwdriver (to install hose clamps)
- sheet metal shears or similar (for trimming hose clamps)

Operating temperature range

Environmental

-40 °C to 52.5 °C (-40 °F to 126.5 °F)

Operating humidity range

0 to 100% RH

Lifespan

10 years +

Connections

Physical

- wire leads:
- signal (clear wire)
 - ground (black wire)
 - excitation (red wire)
 - shield wire for earth ground

Cable length

5 m (16 feet)

Weight

0.47 kg (1.04 pounds)

Dimensions

- sensor only: 30.5 mm (1.2 inches) height x 12.7 mm (0.5 inch) diameter
- sensor with radiation shield: 127 mm (5 inches) diameter x 127 mm (5 inches) height

Cable

Materials

3 conductor 22 AWG, with overall foil shield and drain wire, chrome PVC jacket

Probe

aluminum, epoxy filled

Shield

UV-stabilized thermoplastic solar radiation shield

A601



DIMENSIONS

| | |
|--------|----------------|
| Height | 5.51" (140 mm) |
| Width | 6.87" (175 mm) |

SPECIFICATIONS

LIGHT OUTPUT AND OPERATION

| | |
|------------------------------------|----------------------------------|
| Flashing | ~11 cd |
| Steady ON | ~4 cd |
| Vertical divergence | 0 to 6° |
| Autonomy (flashing) at full charge | 300 hours |
| Available LED colour | Red, green, amber, blue or white |
| Coloured lens option | Yes |
| Ambient Operating Temperature | -22 to 122 °F (-30 to 50 °C) |
| Ambient Storage Temperature | -40 to 176 °F (-40 to 80 °C) |
| Programmable | Infrared |

CONSTRUCTION

| | |
|-------------------------------|------------------|
| Battery (average 5-year life) | Non-replaceable |
| Mounting options | 3 bolt |
| Weight | 4.85 lb (2.2 kg) |
| Waterproof | Yes |

ACCESSORIES

| | |
|--|---|
| | Infrared Programmer Security Bolt Mounting Plate Bird Deterrent Frangible Coupling Stake Mounting System Stake Tapper |
|--|---|